



**Fraunhofer** Institut  
Systemtechnik und  
Innovationsforschung

# **Technikakzeptanz und Nachfragemuster als Standortvorteil**

Abschlussbericht an das  
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Z22,  
vertreten durch den Projektträger VDI/VDE-Technologiezentrum  
Informationstechnik GmbH

Dr. Bärbel Hüsing (Projektleitung)  
Rainer Bierhals  
Dr. Bernhard Bührlen  
Dr. Michael Friedewald  
Dr. Simone Kimpeler  
Dr. Klaus Menrad  
Jürgen Wengel  
Dr. René Zimmer  
Peter Zoche

Karlsruhe  
Dezember 2002



Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) erstellt. Die Aufgabenstellung wurde vom BMBF vorgegeben. Das BMBF hat das Ergebnis der Studie nicht beeinflusst; der Auftragnehmer trägt allein die Verantwortung.

Autorinnen und Autoren  
des Berichts

Dr. Bärbel Hüsing (Projektleitung)  
Rainer Bierhals  
Dr. Bernhard Bührlen  
Dr. Michael Friedewald  
Dr. Simone Kimpeler  
Dr. Klaus Menrad  
Jürgen Wengel  
Dr. René Zimmer  
Peter Zoche

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik  
und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI)  
Breslauer Str. 48  
76139 Karlsruhe  
E-Mail: [B.Huesing@isi.fraunhofer.de](mailto:B.Huesing@isi.fraunhofer.de)

Weitere Mitarbeiterinnen  
und Mitarbeiter am  
Fraunhofer ISI:

Dr. Oliver Lipps  
Spomenca Maloca  
Karin Vollath

Sekretariat:

Ilse Gottschalg  
Silke Just



<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>i</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>iii</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>A</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1    Zitierte Literatur .....	3
<b>2. Zielsetzung, Aufgabenstellung und Vorgehensweise.....</b>	<b>7</b>
2.1    Zielsetzung und Aufgabenstellung .....	7
2.2    Vorgehensweise und Methodik .....	8
2.2.1    Aufbau der Untersuchung.....	8
2.2.2    Technologiefeldspezifische Analyse .....	9
2.2.2.1    Generelles Vorgehen .....	9
2.2.2.2    Besonderheiten im Technologiefeld „Produktionstechnologie“ .....	11
2.2.2.3    Besonderheiten im Technologiefeld „Nanotechnologie“ .....	12
2.2.2.4    Besonderheiten im Technologiefeld „Informations- und Kommunikationstechnologien“ .....	14
2.2.2.5    Besonderheiten im Technologiefeld „Neue Verkehrstechnologien“ .....	15
2.2.2.6    Besonderheiten im Technologiefeld „Lasertechnologie in der Medizin“ .....	15
2.2.3    Technologiefeldübergreifende Analyse.....	18
2.3    Zitierte Literatur .....	18

<b>3.</b>	<b>Theoretischer Rahmen der Untersuchung und konzeptionelle Implikationen.....</b>	<b>19</b>
3.1	Zugänge aus der Technikakzeptanz-Forschung .....	19
3.1.1	Sozialwissenschaftliche Forschungsrichtungen und -schwerpunkte in der Technikakzeptanzforschung .....	19
3.1.2	Zu Grunde gelegtes Verständnis von „Technikakzeptanz“ und „Nachfrage“ und deren Operationalisierung .....	20
3.1.3	Akzeptanz- und Nachfrage-Subjekt, -Objekt und -Kontext .....	24
3.1.4	Zusammenhang zwischen Technikakzeptanz und -nachfrage, zwischen Einstellungen gegenüber Technik und tatsächlichem Verhalten .....	25
3.2	Zugänge aus der Innovationsforschung.....	26
3.3	Konvergenzen zwischen Technikakzeptanz- und Innovationsforschung .....	30
3.4	Implikationen für die vorliegende Untersuchung.....	31
3.5	Zusammenfassung .....	33
3.6	Zitierte Literatur .....	34
<b>4.</b>	<b>Analyse des Technologiefeldes „Produktionstechnik“.....</b>	<b>39</b>
4.1	Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung.....	39
4.2	Charakterisierung des Technologiefeldes.....	40
4.2.1	Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen.....	40
4.2.1.1	Entwickelte Politik in einem reifen Technologiefeld mit vorrangig inkrementaler Innovation .....	42
4.2.1.2	Internationale Wettbewerbsposition der Bundesrepublik in der Produktionstechnik und ihre Bestimmungsfaktoren .....	43
4.2.2	Akteure .....	45
4.2.3	Risiken und Konfliktpotenziale.....	48

	<b>Seite</b>
4.3	Analyse empirischer Erhebungen zu Akzeptanz und Nachfrage und ihren Determinanten..... 51
4.3.1	Ergebnisse der Technikakzeptanzforschung im Technologiefeld Produktionstechnik..... 54
4.3.2	Technikakzeptanz und Nachfragemuster im Spiegel der Erhebung <i>Innovationen in der Produktion</i> ..... 57
4.4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen ..... 66
4.5	Zitierte Literatur ..... 69
<b>5.</b>	<b>Analyse des Technologiefeldes „Nanotechnologie“ ..... 73</b>
5.1	Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung..... 74
5.2	Charakterisierung des Technologiefeldes..... 77
5.2.1	Anwendungen, Anwendungspotenziale und Visionen..... 77
5.2.2	Akteure ..... 79
5.2.3	Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen..... 82
5.2.3.1	Technologische und industrielle Wettbewerbsposition Deutschlands..... 82
5.2.3.2	Patentposition ..... 84
5.2.3.3	Technologiepolitische Förderposition ..... 85
5.2.3.4	Markt- und Nachfragepotenzial der Nanotechnologie ..... 86
5.2.3.5	Zeitliche Perspektiven der Marktdiffusion ..... 89
5.2.3.6	Zusammenfassung: Marktpotenzial mit Hebelwirkung..... 92
5.3	Akzeptanz und Nachfrage als Standortfaktoren in der Nanotechnologie..... 93
5.3.1	Vorbemerkung..... 93
5.3.2	Chancen und Risiken ..... 94
5.3.3	Determinanten für die Akzeptanz der Nanotechnologie ..... 95
5.3.3.1	Denkanstöße aus der aktuellen Mediendebatte ..... 95
5.3.3.2	Denkanstöße von Fachexperten..... 98

	<b>Seite</b>
5.3.3.3	Denkanstöße aus Neurobiologie und Künstliche-Intelligenz-Forschung..... 101
5.3.3.4	Vergleich mit der sozialwissenschaftlichen Technikakzeptanzforschung ..... 104
5.3.3.5	Zusammenfassung „Akzeptanzdeterminanten der Nanotechnologie“ ..... 105
5.3.4	Kritische Anwendungsfelder für Akzeptanz und Nachfrage..... 106
5.3.4.1	Akzeptanzvorausschau an Anwendungsbeispielen ..... 107
5.3.4.2	Akteursarenen als Meta-Determinanten ..... 111
5.3.4.3	Akzeptanz und Nachfrage für Elektronik, Bio-, Material- und Präzisionstechnologie ..... 112
5.3.4.4	Nachfragehemmnisse außerhalb der Akzeptanzproblematik ..... 115
5.4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen ..... 116
5.4.1	Hemmnisse in Bezug auf Akzeptanz und Nachfrage ..... 118
5.4.2	Akzeptanzprobleme als Indikatoren institutioneller Umbruchsituationen – ein evolutorisches Denkmodell..... 119
5.4.3	Forschungslücken und Empfehlungen..... 122
5.5	Zitierte Literatur ..... 124
<b>6.</b>	<b>Analyse des Technologiefelds „Informations- und Kommunikationstechnologie“ ..... 129</b>
6.1	Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung..... 129
6.2	Charakterisierung des Technologiefeldes..... 130
6.2.1	Internet..... 130
6.2.1.1	Aktuelle Nutzerstruktur des Internet ..... 130
6.2.1.2	Arten der Internetnutzung..... 133
6.2.2	E-Commerce..... 135
6.2.2.1	Anwendungen des E-Commerce ..... 136
6.2.2.2	Akteure ..... 138
6.2.2.3	Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen..... 139



	<b>Seite</b>
6.2.3	M-Commerce..... 141
6.2.3.1	Akteure ..... 142
6.2.3.2	Anwendungen des M-Commerce ..... 143
6.2.3.3	Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen ..... 144
6.2.3.4	Risiken und Konfliktpotenziale ..... 147
6.3	Analyse empirischer Erhebungen zu Akzeptanz und Nachfrage und ihren Determinanten..... 148
6.3.1	Akzeptanz des E-Commerce ..... 148
6.3.1.1	Technikakzeptanzforschung ..... 148
6.3.1.2	Studien zur Akzeptanz von E-Commerce ..... 151
6.3.1.2.1	Konsumenten (C2C, B2C, A2C) ..... 155
6.3.1.2.2	Business (C2B, B2B, A2B) ..... 158
6.3.1.2.3	Administration (C2A, B2A, A2A) ..... 160
6.3.2	Akzeptanz des M-Commerce ..... 161
6.3.2.1	Private Nutzung ..... 161
6.3.2.2	Geschäftliche Nutzung ..... 164
6.4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen ..... 165
6.4.1	Die Bedeutung des Technologiefeldes für den Standort Deutschland ..... 165
6.4.1.1	Internet und E-Commerce ..... 165
6.4.1.2	Mobilkommunikation und M-Commerce..... 171
6.4.2	Empfehlungen..... 173
6.5	Zitierte Literatur ..... 174
<b>7.</b>	<b>Analyse des Technologiefeldes „Neue Verkehrstechnologien“ ..... 179</b>
7.1	Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung..... 179
7.2	Charakterisierung des Technologiefeldes..... 181
7.2.1	Verkehrstelematische Anwendungen ..... 181

	<b>Seite</b>
7.2.1.1	Auswirkungen des Einsatzes von Telematiksystemen auf den Verkehr ..... 185
7.2.2	Vorausschau der Mobilitätsbeeinflussung durch IKT- Innovationen ..... 185
7.2.2.1	Typisierung unterschiedlicher Mobilitätsfelder..... 186
7.2.2.2	Zukünftige IKT-Anwendungen in verschiedenen Mobilitätsfeldern ..... 187
7.2.2.3	Mobilitätseffekte IuK-basierter Anwendungen ..... 189
7.2.2.4	Realisierungszeiträume mobilitätsbezogener IKT- Innovationen ..... 191
7.2.3	Akteure ..... 193
7.2.4	Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen ..... 198
7.3	Analyse empirischer Erhebungen zu Akzeptanz und Nachfrage und ihren Determinanten..... 201
7.3.1	Bereitschaft zur Verhaltensänderung..... 205
7.3.2	Akzeptanz von Navigations- und Zielführungssystemen ..... 205
7.3.3	Routenplanungs- und Auskunftssysteme..... 206
7.3.4	Neue Bezahlungs- und Informationssysteme im Öffentlichen Verkehr ..... 208
7.3.5	Innovative Mobilitätskonzepte ..... 208
7.3.6	Innerstädtische Straßenbenutzungsgebühren..... 210
7.3.7	Telematikeinsatz für die Verkehrsplanung..... 212
7.4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen ..... 214
7.4.1	Weiterer Forschungsbedarf..... 215
7.4.2	Handlungsempfehlungen ..... 217
7.5	Zitierte Literatur ..... 219
<b>8.</b>	<b>Analyse des Technologiefeldes „Lasertechnologie in der Medizin“ ..... 225</b>
8.1	Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung..... 225

	<b>Seite</b>
8.2	Charakterisierung des Technologiefeldes Lasermedizin ..... 226
8.2.1	Anwendungen ..... 226
8.2.2	Akteure ..... 227
8.2.2.1	Forschung ..... 228
8.2.2.2	Entwickler und Hersteller von medizinischen Lasergeräten ..... 229
8.2.2.3	Anwender ..... 229
8.2.2.4	Patienten bzw. Kunden ..... 230
8.2.2.5	Beratungs- und Entscheidungsgremien ..... 231
8.2.3	Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen ..... 232
8.2.4	Risiken und Konfliktpotenziale ..... 242
8.3	Analyse empirischer Erhebungen zu Akzeptanz und Nachfrage und ihren Determinanten ..... 243
8.3.1	Akzeptanz für Lasermedizin generell ..... 243
8.3.2	Akzeptanz in einzelnen Anwendungsfeldern ..... 244
8.3.2.1	Chirurgie ..... 245
8.3.2.2	Augenheilkunde ..... 246
8.3.2.3	Dermatologie und Ästhetische Medizin ..... 247
8.3.2.4	Gastroenterologie ..... 250
8.3.2.5	Gynäkologie ..... 250
8.3.2.6	Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde ..... 251
8.3.2.7	Herz-Kreislauf-Erkrankungen ..... 253
8.3.2.8	Urologie ..... 254
8.3.2.9	Zahnheilkunde ..... 254
8.3.2.10	Orthopädie/Rheumatologie ..... 255
8.3.2.11	Analytik und Diagnostik ..... 256
8.3.2.12	Weitere medizinische Einsatzgebiete ..... 257
8.3.3	Determinanten für Akzeptanz von und Nachfrage nach lasermedizinischen Geräten und Anwendungen ..... 257
8.3.3.1	Akteurspezifische Faktoren ..... 258
8.3.3.2	Technikspezifische Faktoren ..... 264
8.3.3.4	Diffusionsphasen ..... 265

	<b>Seite</b>
8.3.3.5	Faktoren in einzelnen Anwendungsfeldern ..... 265
8.3.4	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse ..... 271
8.3.4.1	Forschungsstand ..... 272
8.3.4.2	Markt für Laseranwendungen in der Medizin ..... 273
8.3.4.3	Akzeptanz von Laseranwendungen in der Medizin ..... 274
8.3.4.4	Determinanten der Akzeptanz ..... 278
8.4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen ..... 282
8.5	Zitierte Literatur ..... 288
<b>9.</b>	<b>Technologiefeldübergreifende Analyse ..... 299</b>
9.1	Vergleichende Charakterisierung der Technologiefelder ..... 299
9.1.1	Auswahl der Technologiefelder auf Grund ihrer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands ..... 299
9.1.2	Techniktyp ..... 302
9.1.3	Schwerpunkte der Innovationstätigkeit in den Technologiefeldern ..... 306
9.1.4	Ausprägung von Akzeptanz und Nachfrage in verschiedenen Akteursgruppen ..... 310
9.1.5	Grad der Beforschung und Datenlage in Bezug auf die Operationalisierung von Akzeptanz und Nachfrage ..... 321
9.2	Technologiefeldübergreifende Erkenntnisse zu Determinanten von Akzeptanz und Nachfrage ..... 326
9.2.1	Messung von Technikakzeptanz in der Bevölkerung mit Hilfe von Globalindikatoren ..... 326
9.2.2	Generelle Erwartungen an Technik, Charakteristika akzeptierter Techniken ..... 328
9.2.3	Faktoren, die Einstellungen gegenüber ausgewählten Techniken bestimmen ..... 329
9.2.3.1	Technikspezifische Faktoren ..... 330
9.2.3.2	Personenbezogene Faktoren ..... 330

	<b>Seite</b>
9.2.3.3	Glaubwürdigkeit und Vertrauen ..... 332
9.3	Zusammenhang zwischen Technikeinstellung und faktischer Akzeptanz und Nachfrage..... 333
9.4	Akzeptanz und Nachfrage als Standortvorteile Deutschlands? ..... 337
9.5	Fazit der technologiefeldübergreifenden Analyse und Forschungslücken ..... 340
9.6	Zitierte Literatur ..... 343
<b>10.</b>	<b>Schlussfolgerungen, Forschungsbedarf und Empfehlungen ..... 345</b>



<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 3.1: In dieser Untersuchung zu berücksichtigende Ebenen von Akzeptanz und Nachfrage .....	23
Tabelle 3.2: Übersicht über Informations- und Datenquellen .....	23
Tabelle 4.1: Anteile ausgewählter Fachzweige am Produktionswert des Maschinenbaus und Welthandelsanteile 1999 .....	43
Tabelle 4.2: Kunden des Maschinen- und Anlagenbaus .....	48
Tabelle 4.3: Verbreitung innovativer Produktionstechnik in der Investitionsgüterindustrie Deutschlands.....	59
Tabelle 5.1: Top-10-Liste der aktiven Patentanmelder aus Deutschland am EPA 1991 bis 99 in der Nanotechnologie.....	81
Tabelle 5.2: Direktes Marktpotenzial der Nanotechnologie als Prozesstechnologie .....	87
Tabelle 5.3: Indirektes Weltmarktpotenzial der Nanotechnologie in der Elektronik .....	88
Tabelle 5.4: Chancen und Risiken der Nanotechnologie .....	94
Tabelle 5.5: Publikationen zur Nanotechnologie in ausgewählten Printmedien nach Themenschwerpunkten.....	97
Tabelle 5.6: Akteursarenen der Nanotechnologie als Meta-Determinanten der Nachfrage.....	113
Tabelle 6.1: Anteil der Haushalte mit Internet-Verbindung in Ländern der EU (2000).....	131
Tabelle 6.2: Soziodemografische Struktur der Online-Nutzer 2001 (in %)* .....	132
Tabelle 6.3: Vier Funktionen des Internet und mögliche Anwendungen.....	134
Tabelle 6.4: E-Commerce: Formen und Akteure .....	138
Tabelle 6.5: Zukünftige Anwendungen mobiler Datenkommunikation .....	144
Tabelle 6.6: Die Nutzung mobiler Dienste und Internet-Dienste (in % der Befragten) .....	163

	<b>Seite</b>
Tabelle 6.7:	Standortfaktoren für eine führende Position in der Wissensgesellschaft..... 169
Tabelle 7.1:	Anwendungsarten von IKT und mögliche Maßnahmen ..... 181
Tabelle 7.2:	Funktionsbereiche und technische Lösungen verkehrstelematischer Maßnahmen ..... 183
Tabelle 7.3:	Anwendungsgebiete IKT..... 187
Tabelle 7.4:	Mobilitätswirkung informations- und kommunikationstechnischer Lösungen ..... 192
Tabelle 7.5:	Akteure im Bereich Verkehrstechnologien ..... 194
Tabelle 7.6:	Widersprüche und Ambivalenzen in Bezug auf Mobilität ..... 198
Tabelle 8.1:	Ausgewählte Unternehmen der Lasermedizin im Jahr 2000/2001 ..... 240
Tabelle 8.2:	Forschungsstand zu Laseranwendungen in der Medizin..... 274
Tabelle 8.3:	Determinanten der Akzeptanz ..... 281
Tabelle 9.1:	Bedeutung der untersuchten Technologiefelder für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands ..... 302
Tabelle 9.2:	Techniktypen und ihre Charakterisierung ..... 303
Tabelle 9.3:	Techniktypen in den untersuchten Technologiefeldern ..... 304
Tabelle 9.4:	Schematische Übersicht über relevante Akteursgruppen für Innovationen in den untersuchten Technologiefeldern sowie die Untersuchung ihres Akzeptanz- und Nachfrageverhaltens..... 313



<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Abbildung 1.1: Einfluss von Nachfrage und Akzeptanz auf die Entfaltung erwünschter Wirkungen neuer Technologien und Innovationen.....	1
Abbildung 2.1: Vorgehensweise im Projekt, Aufbau der Untersuchung .....	9
Abbildung 3.1: Stellenwert einzelner Akteursgruppen in Bezug auf Technikeinstellung und Techniknachfrage in Abhängigkeit von der jeweiligen Innovationsphase am Beispiel der Produktionstechnik.....	33
Abbildung 4.1: Technologie- und Handelsportfolio Deutschlands bei FuE-intensiven Waren des Maschinenbaus (EDV-Anlagen und Kraftfahrzeuge zum Vergleich) .....	44
Abbildung 4.2: Rücknahme des Automatisierungsniveaus nach Einsatzbereichen.....	60
Abbildung 4.3: Diffusionsverlauf von Automatisierungstechnik in Deutschland .....	61
Abbildung 4.4: Diffusionsverlauf von E-Commerce in Deutschland und USA .....	62
Abbildung 4.5: Akzeptanz von Technik- und Organisationskonzepten in der Investitionsgüterindustrie .....	63
Abbildung 4.6: Determinanten der Akzeptanz des „computer-integrated manufacturing“ .....	64
Abbildung 4.7: Einsatz von Automatisierungstechniken nach Bewertung der flexiblen Automatisierung in der Investitionsgüterindustrie .....	65
Abbildung 5.1: Miniaturisierungskontinuum zur Nanotechnologie.....	75
Abbildung 5.2: Nanotechnologische Patente am Europäischen Patentamt 1991 bis 1999: Ländervergleich .....	85
Abbildung 5.3: Nanotechnologien im Technologiezyklus .....	91
Abbildung 5.4: Maßnahmen zur Entwicklung der Nanotechnologie .....	100
Abbildung 5.5: Eisbergmodell für Akzeptanzdeterminanten .....	106
Abbildung 5.6: Orientierungsmuster der Akzeptanzbildung.....	120

	<b>Seite</b>
Abbildung 6.1: Internet-Nutzerdichte ausgewählter Länder im Vergleich (2000).....	131
Abbildung 6.2: Diffusionsstufen und Akteursebenen der Internet-Nutzung .....	133
Abbildung 6.3: Mobiltelefone je 100 Einwohner 2000 .....	145
Abbildung 6.4: Verbreitung der Mobiltelefone in Deutschland ('01-'03 geschätzt).....	145
Abbildung 6.5: M-Commerce Umsätze 2000*.....	146
Abbildung 6.6: Dynamisches Akzeptanzmodell der Online-Mediennutzung.....	150
Abbildung 7.1: Mobilitätsbezogene IuK-Innovationen (Thesen) nach Delphi'98-Themenfeldern .....	186
Abbildung 7.2: Verteilung mobilitätsbezogener IKT-Innovationen auf Mobilitätsfelder .....	188
Abbildung 7.3: IuK-Einflüsse auf das Mobilitätsverhalten.....	190
Abbildung 7.4: Prognose-Chronologie: Neue virtuelle Bewegungsfelder .....	191
Abbildung 7.5: Diffusionsebenen im Technikfeld Verkehrstechnologien.....	195
Abbildung 8.1: Akteure im Technikfeld Lasermedizin.....	228
Abbildung 8.2: Anteil verschiedener Marktsegmente am Umsatz mit Medizinprodukten in Deutschland im Jahr 1996 .....	233
Abbildung 8.3: Regionale Aufteilung des Marktes für medizinische Laser im Jahr 2001 .....	234
Abbildung 8.4: Bedeutung verschiedener Anwendungsfelder im Markt für medizinische Laser im Jahr 2001 .....	236
Abbildung 9.1: Typischer Verlauf von Innovationen.....	307
Abbildung 9.2: Schwerpunkte der Innovationstätigkeit in den untersuchten Technologiefeldern .....	309

## Zusammenfassung

In dieser Untersuchung wurden Erkenntnisse zu Technikeinstellungen und -akzeptanz sowie Nachfragemuster in die gesamthafte Betrachtung des Innovationsystems eingebettet. Hierfür wurde der Zugang über die „Technologischen Systeme“ gewählt, die die Entwicklung, Anwendung und Diffusion einer neuen Technologie in den Mittelpunkt stellen. Außerdem wurde die Annahme zu Grunde gelegt, dass sich eine adäquate Berücksichtigung von Nutzerpräferenzen im Innovationsprozess als vorteilhaft im internationalen Wettbewerb erweisen kann. Damit sollte das Phänomen der (mangelnden) Technikakzeptanz, das bislang vor allem als innovationshemmender Standortfaktor aufgefasst worden war, positiv und konstruktiv genutzt werden. Vor diesem Hintergrund wurden die fünf Technologiefelder

- Produktionstechnologie,
- Nanotechnologie,
- IuK-Technologien mit Schwerpunkt E- und M-Commerce,
- Neue Verkehrstechnologien mit Schwerpunkt Verkehrstelematik, sowie
- Lasertechnologie in der Medizin

daraufhin analysiert, welche Erkenntnisse zu Präferenzen der Nachfrageseite in Bezug auf Akzeptanz von und Nachfrage nach konkreten Technikanwendungen vorliegen, inwieweit diesen Präferenzen im Innovationsprozess Rechnung getragen wird bzw. ob sich Hinweise auf Barrieren ergeben, diese Präferenzen aus Nutzersicht einzubringen. Daraus sollten Forschungsbedarf und Empfehlungen für Folgeuntersuchungen abgeleitet werden.

Der für diese Untersuchung gewählte, neuartige Ansatz war in allen hier untersuchten Technologiefeldern prinzipiell anwendbar, obwohl sich die Technologiefelder als sehr heterogen erwiesen. Zudem eröffnet dieser Zugang neue Perspektiven für die Technikakzeptanz- und Innovationsforschung, aber auch neue Optionen für die Politik. Deshalb erscheint dieser Zugang als viel versprechend und verdient es, auch in Zukunft weiterverfolgt zu werden.

Die Konzeption der vorliegenden Untersuchung fußte auf

- der Einbettung von Erkenntnissen zu Technikeinstellungen und -akzeptanz sowie Nachfragemuster in die ganzheitliche Betrachtung des Innovationssystems.
- einer breiten Definition und Operationalisierung von „Technikakzeptanz“ und „Nachfrage“, die sowohl die Handlungs-, Einstellungs- und Wert- und Zielebene dieser Konstrukte berücksichtigt.

## B

- der Notwendigkeit zur Differenzierung nach konkreten Technikanwendungen (Objekt) sowie den jeweils relevanten Subjekten und Kontexten.
- einem breiten Spektrum an Untersuchungsansätzen, methodischen Zugängen und Datenquellen, die synergistisch kombiniert werden müssen.

Diese Konzeption hat sich grundsätzlich bewährt und sollte auch in Folgeuntersuchungen aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

Um Defizite und Schwachstellen bisheriger Analysen in Folgeuntersuchungen zu vermeiden, sollten Akzeptanz und Nachfrage jeweils auf der Wert- und Ziel-, der Einstellungs- und der Handlungsebene berücksichtigt werden; es sollten die jeweils maßgeblichen Akteursgruppen identifiziert und ihre Präferenzen und ihr Verhalten anhand repräsentativer Stichproben, anhand originaler Äußerungen bzw. durch direkten Einbezug und im Hinblick auf alle relevanten Determinanten (z. B. kognitiv-rationale Aspekte, für die Akzeptanz und Nachfrage auf der Handlungsebene relevante wesentliche Aspekte wie Emotionen, Wertorientierungen und Zeitgeist, Handlungsrelevanz von Einstellungen o. Ä.) charakterisiert werden. Hierfür ist ein breites Spektrum an Untersuchungsmethoden und Datenquellen erforderlich. Die „Anschlussfähigkeit“ zwischen verschiedenen Untersuchungsansätzen sollte gewährleistet werden, um Synergien durch die Kombination verschiedener methodischer Ansätze tatsächlich ausnutzen und belastbare Aussagen ableiten zu können.

Für künftige Folgeuntersuchungen sollte die umfassende Aufgabenstellung dieser Untersuchung in Teilfragestellungen unterteilt und eine kritische, aufgabenadäquate Auswahl der Untersuchungsgegenstände vorgenommen werden.

Eine Teilfragestellung ist die Untersuchung der Ausprägung von Akzeptanz und Nachfrage und ihrer Determinanten in ausgewählten Technologiefeldern. Dadurch werden Präferenzen der Nachfrage- und Nutzerseite ermittelt, um sie in Innovationsprozesse einzuspeisen. Zum anderen können die Ergebnisse als Indikatoren dafür genutzt werden, inwieweit die Organisationen und Institutionen des Innovationssystems für die Herausforderungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in diesem Technologiefeld angemessen sind. Hieraus lassen sich Ansatzpunkte für eine Anpassung der Technik und/oder der Kontextbedingungen ableiten. Ergänzend können internationale Vergleiche, Vergleiche zwischen (ähnlichen!) Technologiefeldern bzw. Technikanwendungen sowie Veränderungen im zeitlichen Verlauf untersucht werden. Durch die letztgenannten Analysen könnte auch ein Beitrag zur Schließung der Forschungslücke geleistet werden, die in Bezug auf eine Vorausschau des künftigen Verhaltens auf der Basis heutiger Einstellungsmessungen und Präferenzäußerungen besteht. Hierzu wäre zunächst in retrospektiven Paneluntersuchungen zu klären, inwieweit ein solcher Zusammenhang besteht und welche weiteren Einflussfaktoren von Bedeutung sind. Anschließend wäre zu prü-

fen, inwieweit eine prospektive Nutzung, d. h. eine Vorausschau auf künftiges Handeln möglich ist.

Großer Forschungsbedarf besteht noch in der Konzipierung, Analyse und Evaluation bestehender und neuartiger Instrumente und Maßnahmen, die darauf abzielen, die Nutzerpräferenzen rechtzeitig, wirksam und effizient in den Innovationsprozess einzubeziehen.

Eine diese Untersuchung leitende Prämisse war das Leitmärkte-Konzept, mit dessen Hilfe über die Nachfrage eine konzeptionelle Brücke zwischen Technikakzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit geschlagen wurde. Diese konzeptionelle Brücke gilt es in Folgeuntersuchungen aber noch empirisch abzusichern. Hierzu bietet sich zunächst an, anhand ausgewählter Beispiele retrospektiv zu klären, welche Rolle die Technikakzeptanz auf der Wert- und Ziel-, der Einstellungs- und der Handlungsebene für existierende Leitmärkte gespielt hat bzw. spielt. Parallel dazu könnte der Versuch einer ex ante Vorausschau von Leitmärkten unternommen werden. Sollten sich diese beiden Ansätze als praktikabel und lohnend erweisen, könnten sie mit der oben vorgeschlagenen Vorausschau von faktischer künftiger Akzeptanz und Nachfrage auf der Basis heutiger Einstellungsmessungen und Präferenzäußerungen kombiniert werden.

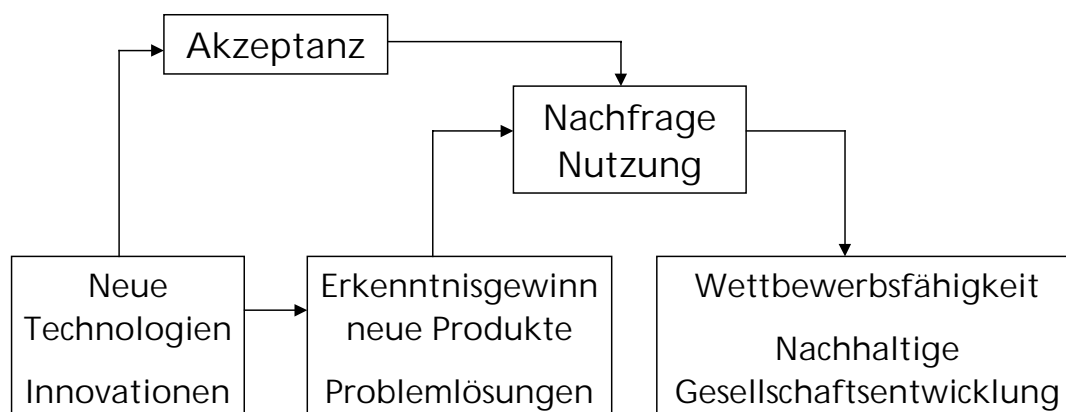
Zudem bieten sich zwei alternative Zugänge für Folgeuntersuchungen an: Bisher hat sich die sozialwissenschaftliche Forschung vor allem der nicht akzeptierten bzw. zu scheitern drohenden Technik zugewandt. Möglicherweise könnte es ein lohnender Ansatz sein, den Blick künftig stärker auf akzeptierte und funktionierende Technik zu richten. Der in der vorliegenden Untersuchung gewählte technologieinduzierte Zugang sollte durch einen probleminduzierten Zugang ergänzt werden, da Letzterer insbesondere Beiträge für das Ziel erwarten lässt, Gestaltungspotenzial für gesellschaftliche Herausforderungen zu identifizieren und technologische Optionen im Hinblick auf ihren Problemlösungsbeitrag zu prüfen.



# 1. Einleitung

Neue wissenschaftlich-technische Entwicklungen tragen nicht nur zum Erkenntnisgewinn bei. Sie sollen vor allem auch neue Dienstleistungen, Verfahren und Produkte hervorbringen, um Problemlösungen in wichtigen gesellschaftlichen Bereichen anzubieten und um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und auszubauen (Grupp 1993). Diese erwünschten Effekte neuer wissenschaftlich-technischer Entwicklungen werden sich dauerhaft aber nur einstellen, wenn auch eine Nachfrage nach den neuartigen Produkten, Verfahren und Dienstleistungen besteht und diese auch genutzt bzw. in Anspruch genommen werden. Zu den Faktoren, die diese Nachfrage und Nutzung beeinflussen können, zählen u. a. die Aufgeschlossenheit der Nachfrager- und Anwenderseite gegenüber neuen wissenschaftlich-technischen Entwicklungen sowie die Akzeptanz konkreter Anwendungen (Abb. 1.1).

Abbildung 1.1: Einfluss von Nachfrage und Akzeptanz auf die Entfaltung erwünschter Wirkungen neuer Technologien und Innovationen



In der Vergangenheit wurde die Technikakzeptanz, verstanden als Einstellung der Bevölkerung zu Wissenschaft und Technik – oder vielmehr die mangelnde Technikakzeptanz – nahezu ausschließlich als negativer Standortfaktor betrachtet. Von Seiten der Politik, Wirtschaft und Wissenschaft wurde der Bevölkerung und insbesondere der Jugend eine ablehnende Haltung zu Wissenschaft und Technik bis hin zur Technikfeindlichkeit unterstellt, es mangle ihr an Risikobereitschaft, sie reagiere mit überzogenen Ängsten auf Innovationen. Letztlich hemme oder verhindere sie sogar Innovationen und gefährde damit die Zukunftsfähigkeit Deutschlands im internationalen Wettbewerb (s. z. B. Jaufmann et al. 1989, S. 1-4).

Zum einen haben sorgfältige empirische Untersuchungen der letzten Jahre gezeigt, dass das Bild der „technikfeindlichen Deutschen“ nicht zutreffend ist (siehe z. B. Jaufmann et al. 1989; Kistler et al. 1990; Jaufmann et al. 1991; Hennen 1994; Hen-

nen 1997; Renn und Zwick 1997; Hampel 1997; Zwick und Renn 1998; Jung 2000). Vielmehr nehmen die Deutschen in Bezug auf ihre Bewertungen von neuen Technologien und von Wissenschaft und Technik im internationalen Vergleich zumeist eine mittlere Position ein (European Commission 2000, 2001) und erweisen sich damit als somit als durchschnittlich. Eine verbreitete „Technikfeindlichkeit“ gab es zu keiner Zeit – stets überwog der Anteil der Wissenschaft und Technik positiv gegenüberstehenden Befragten deutlich den der skeptisch bis ablehnend eingestellten Bevölkerung. Zwar ist langfristig seit den 1960er-Jahren bis Mitte der 1980er-Jahre die Zahl der rückhaltlos positiv eingestellten Befragten kontinuierlich gesunken, doch hat sich der Anteil der negativ-ablehnenden nicht entsprechend erhöht – vielmehr hat der Anteil der Bevölkerung, der Technik gegenüber eine ambivalente Haltung zeigt und mit Technik sowohl positive als auch negative Aspekte verbindet, deutlich zugenommen. Verschiedene Technologien werden von ein und derselben Person durchaus unterschiedlich beurteilt, zudem differenzieren Individuen bei ihrem Urteil oftmals auch deutlich nach den verschiedenen Anwendungsfeldern einer Technik (Hampel et al. 1997, European Commission 2000, Renn und Zwick 1997, Zwick und Renn 1998).

Zum anderen werden Technikakzeptanz bzw. Technikablehnung nicht mehr nur als ein „passiv-reagierendes“ Verhalten aufgefasst, das über Meinungsfragen abgreifbar ist. Vielmehr kann Technikakzeptanz auch als ein positiv und konstruktiv nutzbares Phänomen verstanden werden, da es Erwartungen, Hoffnungen, Wünsche und Anforderungen ausdrückt, wie die Gesellschaft im Hinblick auf künftige Technikentwicklung, -nutzung und -gestaltung beschaffen sein soll. Unter diesem Blickwinkel kann eine ablehnende Haltung gegenüber neuen Technologien dahingehend interpretiert werden, dass divergierende Vorstellungen über den gesellschaftlichen Umgang mit neuen Technologien bestehen. Aus der Analyse derjenigen Determinanten, die die Ablehnung bzw. Zustimmung verursachen, können dementsprechend wichtige Informationen für eine künftige Technikgestaltung abgeleitet werden. Eine in diesem Sinne betriebene Technikakzeptanzforschung hat dann aber weniger den Charakter einer „Meinungsforschung“, als vielmehr einer „antizipierenden gesellschaftlichen Marktforschung“ (Jaufmann 2002).

Die Innovationsforschung und ihre empirische Untersuchung von Innovationsprozessen zeigt, dass es eine breite Palette von Einflussfaktoren auf den Innovationsprozess gibt, die weit über einen „science and technology push“ auf der Angebotsseite oder einen „demand pull“ auf der Nachfrageseite hinausgehen. Vielmehr finden Innovationen innerhalb eines komplexen Innovationssystems statt, in dem Technikakzeptanz nur ein Faktor unter vielen ist, die Innovationen beeinflussen. Ein Ergebnis der Innovationsforschung der jüngeren Zeit ist das Leitmärkte-Konzept (engl. lead markets) (Bartlett et al. 1990; Gerybadze et al. 1997; Reger et al. 1997; Beise 2001).



Dieses Leitmarkt-Konzept weist darauf hin, dass auch die nationale Nachfrageseite, die als Impulsgeber für und Abnehmer von Innovationen fungiert, ein wesentlicher Bestimmungsfaktor für die internationale Wettbewerbsfähigkeit sein kann. Eine Nachfragestruktur, die Innovationen in besonderer Weise fordert und honoriert, führt die weltweite Nachfrage nach dem betreffenden Produkt an und kann über verschiedene Mechanismen zur internationalen Durchsetzungsfähigkeit von Innovationen und zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit beitragen. Zwar ist nicht haltbar, dass die Nachfrager in Leitmärkten „innovationsfreudiger“ oder „technikbegeisterter“ seien als solche auf Lag Markets (und dies sei der wesentliche Faktor, der einen Leitmarkt auszeichne) (BMBF 2002, S. 107). Ebenso wenig trifft die Auffassung zu, die Äußerung einer positiven bzw. negativen Einstellung gegenüber ausgewählten Technikanwendungen impliziere automatisch deren spätere Nutzung bzw. Nicht-Nutzung (Slaby et al. 2001). Vielmehr hat man es mit komplexen, nicht linearen und mehrdimensionalen Wirkungsmechanismen zu tun. Dennoch liefert das Leitmärkte-Konzept eine empirisch fundierte Basis, die möglicherweise geeignet ist, über die Nachfrage eine Brücke zwischen Technikakzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit zu schlagen.

Diese Überlegungen sind Ausgangspunkt dieses Forschungsvorhabens. Es geht von der Prämisse aus, dass ein Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit geleistet werden kann, indem mit Hilfe einer „antizipierenden gesellschaftlichen Marktforschung“ Präferenzen der Nachfrageseite erfasst und Vorstellungen von einer gesellschaftlich wünschenswerten Technikenutzung und -gestaltung in den Innovationsprozess eingespeist werden. Denn dadurch können gesellschaftlicher Innovationsbedarf und technologische Innovationspotenziale aufeinander abgestimmt werden und von dieser Basis aus Gestaltungsoptionen identifiziert und alternative Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt werden (BMBF 2001, S. 7).

## 1.1 Zitierte Literatur

- Bartlett, A.; Ghoshal, S. (1990): Managing innovation in the transnational corporation. In: Bartlett, Ch.; Doz, Y.; Hedlund, G. (Eds): Managing the global firm. London: Routledge, S. 215-255
- Beise, M. (2001): Lead Markets: Country Specific Success Factors of the Global Diffusion of Innovations. Heidelberg: ZEW Economic Studies, Vol. 14
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2001): Innovations- und Technikanalyse. Zukunftschancen erkennen und realisieren. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2002): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2001. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung

- European Commission (2000): The Europeans and biotechnology. Eurobarometer 52.1. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
- European Commission (2001): Europeans, science and technology. Eurobarometer 55.2. Brussels: Directorate-General for Press and Communication, Public Opinion Sector
- Gerybadze, A.; Meyer-Krahmer, F.; Reger, G. (1997): Globales Management von Forschung und Innovation. Stuttgart: Schäffer-Poeschel
- Grupp, H. (Hrsg.) (1993): Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts. Heidelberg: Physica Verlag
- Hampel, J. (1997): Fehlende Technikakzeptanz als Innovationshemmnis? In: Heidenreich, M. (Hrsg.): Innovationen in Baden-Württemberg. Baden-Baden: Nomos-Verlag, S. 195-206
- Hampel, J.; Keck, G.; Peters, H. P.; Pfennig, U.; Renn, O.; Ruhrmann, G.; Schenk, M.; Schütz, H.; Sonje, D.; Stegat, B.; Urban, D.; Wiedemann, P. M.; Zwick, M. M. (1997): Einstellungen zur Gentechnik. Tabellenband zum Biotech-Survey des Forschungsverbands „Chancen und Risiken der Gentechnik aus der Sicht der Öffentlichkeit“. Nr. 87/1997, Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- Hennen, L. (1994): Ist die (deutsche) Öffentlichkeit „technikfeindlich“? Ergebnisse der Meinungs- und der Medienforschung. Erster Sachstandsbericht im Rahmen des Monitoring-Projektes „Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik“ am TAB. TAB-Arbeitsbericht Nr. 24. Bonn: Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)
- Hennen, L. (1997): Monitoring „Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik“. Ambivalenz und Widersprüche: Die Einstellung der deutschen Bevölkerung zur Technik. Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage des TAB. TAB-Arbeitsbericht Nr. 54. Bonn: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)
- Jaufmann, D. (2002): Technikakzeptanz in Deutschland und im internationalen Vergleich. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Die innovative Gesellschaft – Nachfrage für die Lead-Märkte von morgen. Reader zur Tagung am 19.4.2002. S. 21-26. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. April 2002, 96 S.
- Jaufmann, D.; Kistler, E. (Hrsg.) (1991): Einstellungen zum technischen Fortschritt. Technikakzeptanz im nationalen und internationalen Vergleich. Frankfurt, New York: Campus Verlag, 191 S.
- Jaufmann, D.; Kistler, E.; Jänsch, G. (1989): Jugend und Technik: Wandel der Einstellungen im internationalen Vergleich. Frankfurt/M., New York: Campus Verlag, 342 S.
- Jung, M. (2000): Akzeptanz von Wissenschaft und Forschung durch die Bevölkerung. In: Rechtliche Rahmenbedingungen für Wissenschaft und Forschung. Forschungsfreiheit und staatliche Regulierung. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, S. 49-90
- Kistler, E.; Jaufmann, D. (Hrsg.) (1990): Mensch - Gesellschaft - Technik. Orientierungspunkte in der Technikakzeptanzdebatte. Schriftenreihe "Technik, Wirtschaft und die Gesellschaft von Morgen". Band 2, Opladen: Leske + Budrich, 276 S.
- Reger, G.; Beise, M.; Belitz, H. (1999): Innovationsstandorte multinationaler Unternehmen: Internationalisierung technologischer Kompetenzen in der Pharmazie, der Halbleiter- und Telekommunikationstechnik. Heidelberg: Physica Verlag

- Renn, O.; Zwick, M. M. (1997): Risiko- und Technikakzeptanz. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag
- Slaby, M.; Urban, D. (2001): Differenzielle Technikakzeptanz, oder: Nicht immer führt die Ablehnung einer Technik auch zur Ablehnung ihrer Anwendung. Schriftenreihe des Instituts für Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart, No. 2. Stuttgart: Institut für Sozialwissenschaften
- Zwick, M. M.; Renn, O. (1998): Wahrnehmung und Bewertung von Technik in Baden-Württemberg. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg



## **2. Zielsetzung, Aufgabenstellung und Vorgehensweise**

Das vorliegende Kapitel beschreibt die Zielsetzungen und Aufgaben der Studie und die dabei eingesetzte Methodik. Sofern möglich wurde versucht, ein über die Technologiefelder hinweg einheitliches Vorgehen zu realisieren. Um aber auch den Spezifika der einzelnen Technologiefeldern gerecht zu werden, die sich unter anderem in sehr unterschiedlichen Datenlagen widerspiegeln, wurde das jeweilige Vorgehen bei Bedarf modifiziert. Zunächst werden die Zielsetzung und Aufgabenstellung der Studie umrissen. Im Methodenteil wird dann der Aufbau der Untersuchung dargestellt. Bei der Analyse der einzelnen Technologiefelder wird anschließend zunächst das generelle Vorgehen beschrieben, bevor auf die methodischen Besonderheiten in den fünf Technologiefeldern eingegangen wird. Abschließend wird das Vorgehen bei der technologiefeldübergreifenden Analyse erläutert.

### **2.1 Zielsetzung und Aufgabenstellung**

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, verschiedene Technologiefelder unter der in Kapitel 1 skizzierten neuartigen Sichtweise von Technikakzeptanz und Nachfrage zu untersuchen und die Tragfähigkeit und Anwendbarkeit dieser Sichtweise zu überprüfen. Für die fünf vom Auftraggeber vorgegebenen Technologiefelder Produktionstechnologie, Nanotechnologie, IuK-Technologien, Neue Verkehrstechnologien sowie Lasertechnologie in der Medizin sollten

- aktuelle Erkenntnisse zu Technikakzeptanz bzw. Technikeinstellungen und Nachfrage aufgearbeitet werden, um aufzuzeigen, welche Anwendungen neuer Technologien in den ausgewählten Technologiefeldern in Deutschland besonders akzeptiert sind und in welchen Anwendungsbereichen eine nachhaltige Nachfrage zu erwarten ist,
- ein Überblick zum Zusammenspiel von Technikakzeptanz, Nachfragemuster und Standortvorteilen im in Kapitel 1 skizzierten Sinne gegeben werden, wobei Barrieren aus Nutzersicht identifiziert werden sollten, ihre Präferenzen in den Innovationsprozess einzubringen, sowie
- Forschungslücken identifiziert, Empfehlungen für Folgeuntersuchungen gegeben und Ansatzpunkte für die künftige Gestaltung von Kommunikation und diskursiver Verständigung aufgezeigt werden.

## **2.2 Vorgehensweise und Methodik**

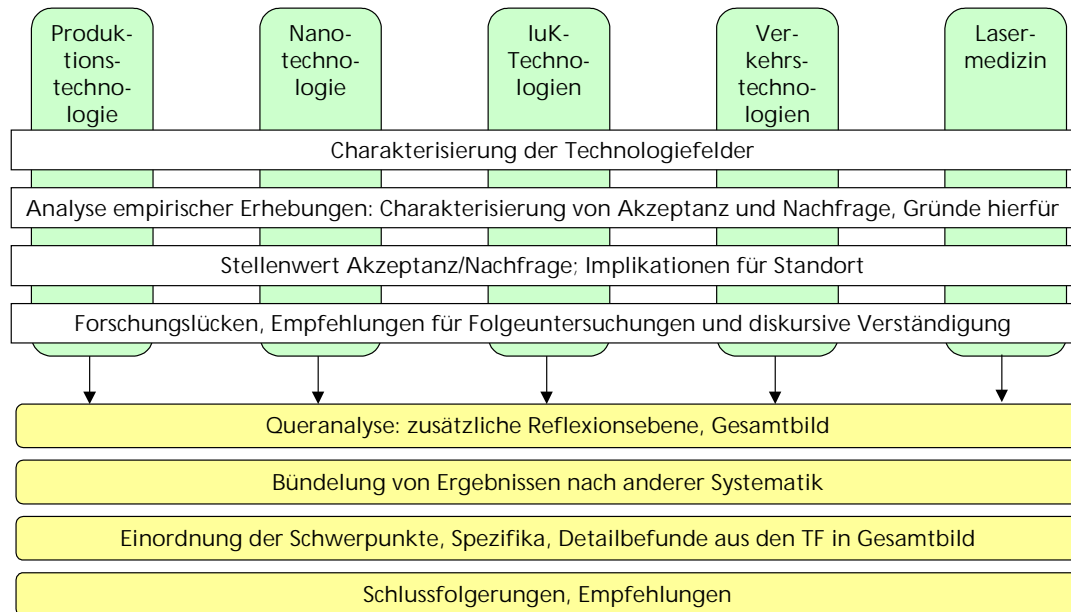
### **2.2.1 Aufbau der Untersuchung**

Zur Operationalisierung der in Kapitel 2.1 genannten Zielsetzungen wurden Leitfragen entwickelt, welche weiter unten ausgeführt werden. Um der Heterogenität der Technologiefelder gerecht zu werden und gleichzeitig die übergreifenden Fragestellungen zu beantworten, wurde für das Forschungsvorhaben ein zweistufiges Vorgehen gewählt: Zum einen wurden die Akzeptanz und das Nachfrageverhalten sowie deren Determinanten und Standortfaktoren für jedes Technologiefeld einzeln untersucht. Hierfür wurde zunächst das Technologiefeld für die vorliegende Studie definiert und abgegrenzt und in wesentlichen Zügen hinsichtlich Anwendungen, deren Entwicklungs- und Kommerzialisierungsgrad, Akteuren, Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen sowie möglichen Problemfeldern und Risiken charakterisiert. Im nächsten Schritt wurden empirische Erhebungen zu Akzeptanz und Nachfrage und deren Determinanten im Wesentlichen sekundäranalytisch ausgewertet. Daraus wurden Schlussfolgerungen für den jeweiligen Stellenwert von Akzeptanz und Nachfrage im Technologiefeld, für ihre Rolle als Standortfaktoren, für Forschungslücken und Empfehlungen abgeleitet.

Zum anderen erfolgte eine technologiefeldübergreifende Analyse: In dieser Queranalyse wurde auf einer weitergehenden Reflexionsebene ein Gesamtbild für Akzeptanz und Nachfrage als Standortfaktoren erarbeitet. Dazu wurden die Ergebnisse aus den feldspezifischen Analysen gebündelt und hinsichtlich ihrer Gemeinsamkeiten und Besonderheiten in ein Gesamtbild eingeordnet. Auf dieser Basis wurden die Schlussfolgerungen für die feldübergreifende Analyse gezogen und Empfehlungen abgeleitet.

Beide Untersuchungsschritte – technologiefeldspezifisch und –übergreifend – wurden nicht strikt sequenziell, sondern eng miteinander verzahnt bearbeitet. Abbildung 2.1 gibt eine Übersicht über den Aufbau der Untersuchung und die Vorgehensweise im Projekt.

Abbildung 2.1: Vorgehensweise im Projekt, Aufbau der Untersuchung



## 2.2.2 Technologiefeldspezifische Analyse

### 2.2.2.1 Generelles Vorgehen

Das generelle Vorgehen orientierte sich an dem Ziel einer „antizipierenden gesellschaftlichen Marktforschung“ (vgl. Kap. 1). Dafür, ob die Techniknutzung und -gestaltung gesellschaftlich wünschenswert ist oder in Zukunft gesellschaftlich relevant sein wird, für Innovationsbedarf und Innovationspotenziale sowie zukünftige Gestaltungsoptionen und Entwicklungsmöglichkeiten gibt es in der wissenschaftlichen Literatur keinen über verschiedene Technologiefelder passenden einheitlichen Satz von Kriterien, der hier nur hätte angewandt werden müssen. Um die technologiefeldübergreifende Analyse zu ermöglichen, war es jedoch erforderlich, bei den technologiefeldspezifischen Analysen eine weitgehend einheitliche Vorgehensweise zu wählen.

Für die technologiefeldspezifischen Analysen wurde zunächst ein für alle Technologiefelder einheitliches Analyseraster vom Charakter einer Checkliste erstellt, und anhand dieser Checkliste wurden die einzelnen Technologiefelder auf der Basis der Vorarbeiten des Fraunhofer ISI und der Auswertung einschlägiger Literatur und Studien charakterisiert und abgegrenzt. Anschließend wurden empirische Studien, Umfragen und Befragungen ermittelt und ausgewertet, die Ergebnisse zur Aufgeschlossenheit der jeweils relevanten Akteure gegenüber den untersuchten Techno-

logiefeldern, zur Akzeptanz konkreter Anwendungen und zum aktuellen bzw. künftigen Nachfragemuster enthalten sowie den jeweils relevanten Kontext beleuchten.

Das Konzept der Technikakzeptanz umfasst die folgenden Facetten:

- die generelle Einstellung gegenüber Technik allgemein, dem speziellen Technikfeld und den dabei verfolgten Zielen,
- die Bewertung konkreter Produkte oder Dienstleistungen,
- Kauf oder Nutzung konkreter Produkte bzw. Dienstleistungen.

Zur Erfassung dieser Aspekte werden unterschiedliche Arten von Studien durchgeführt und unterschiedliche Instrumente eingesetzt:

1. Bevölkerungsbefragungen: Einstellung zu Technik generell, zu bestimmten Technikfeldern, zu ausgewählten Anwendungen, Ermittlung von Kriterien, die zur Beurteilung herangezogen werden; Korrelation mit soziodemographischen und Persönlichkeitsmerkmalen.
2. Befragung ausgewählter Zielgruppen in Bezug auf die Beurteilung konkreter Produkte/Dienstleistungen, z. B. Bereitschaft zur Nutzung oder zum Kauf (Marktforschung).
3. Abschätzung von Marktpotenzialen.
4. Statistiken (Produktions- und Exportmengen, Umsätze etc.).
5. Messung der tatsächlichen Nutzung konkreter Produkte/Dienstleistungen (Marktforschung, z. B. über Panelanalysen).

Jede dieser Quellen hat eine bestimmte Aussagekraft, aber auch ihre spezifischen Begrenzungen. Der Umfang der auswertbaren Daten und Studien variiert je nach Technikfeld. Hier besteht ein enger Zusammenhang zu der Diffusionsstufe, welche die technologische Innovation aktuell erreicht hat. So werden Marktstudien erst durchgeführt, wenn ein Markt bereits definiert werden kann, sei es als Zielmarkt oder als tatsächlicher Absatzmarkt. Beispielsweise kann die Herstellung oder Nutzung eines Produkts nur dann erfasst werden, wenn tatsächlich solche Produkte auf dem Markt sind, was z. B. im Technologiefeld Nanotechnologie nicht der Fall ist. Zudem müssen die entsprechenden Statistiken verfügbar sein und die spezifische Auswertung überhaupt zulassen, was bei ausgesprochenen Querschnittstechnologien (Nanotechnologie, teilweise auch Lasermedizin) nicht möglich war, wohingegen für die Produktionstechnik sehr detaillierte Statistiken routinemäßig erhoben werden. Akzeptanzstudien werden häufiger für solche Technikfelder durchgeführt, in denen die Akzeptanz besonders gefährdet ist oder eine besondere Rolle einnimmt.

Auf Grund der Spezifika und der unterschiedlichen empirischen Datenbasis in den einzelnen Technologiefeldern erwies es sich an manchen Stellen als erforderlich,



von der einheitlichen Vorgehensweise abzuweichen und andere Schwerpunkte zu setzen bzw. zusätzliche Untersuchungsinstrumente anzuwenden. So wurden in einzelnen Technologiefeldern zusätzlich Diskursanalysen, z. B. Medienanalysen, Experteninterviews sowie eigene Daten aus Befragungen ausgewertet.

Auf der Basis dieser Informationen wurde jedes Technologiefeld anhand folgender Leitfragen untersucht:

- Wie lassen sich auf der Basis aktueller Untersuchungen Akzeptanz bzw. Nachfrage für konkrete Anwendungen im jeweiligen Technologiefeld charakterisieren?
- Wie kommen die vorgefundenen Ausprägungen von Akzeptanz und Nachfrage zustande, durch welche Determinanten sind sie zu erklären?
- Inwieweit stellen Akzeptanz und Nachfrage Hemmnisse dar?
- Inwieweit bestehen aus Nutzersicht Barrieren, ihre Präferenzen in den Innovationsprozess einzubringen?
- Welchen Stellenwert haben Akzeptanz und Nachfrage in Relation zu weiteren Einflussfaktoren, die für das jeweilige Innovationsgeschehen bedeutsam sind?
- Welche Implikationen ergeben sich daraus für den Standort Deutschland, inwieweit lassen die Erkenntnisse eine dem Leitmarkt-Konzept entsprechende günstige Nachfragestruktur erkennen?
- Welche Empfehlungen zur Schließung von Forschungslücken, für Folgeuntersuchungen lassen sich ableiten?
- Welche Ansatzpunkte für die künftige Gestaltung von Kommunikation und diskursiver Verständigung lassen sich identifizieren?

Nicht alle Fragen ließen sich mit den verfügbaren Primärstudien beantworten. Die Ergebnisse der technikfeldspezifischen Analysen werden in den Kapiteln 4 bis 8 dargestellt.

#### **2.2.2.2 Besonderheiten im Technologiefeld „Produktionstechnologie“**

Wegen der Reife des Technologiefeldes „Produktionstechnologie“ konnte hier die tatsächliche Nachfrage nach Produkten der Produktionstechnik und auch ihr Einsatz in den Betrieben als Maß für die Akzeptanz herangezogen werden. Dabei konnten zum einen Statistiken und Berichte zur Wettbewerbsfähigkeit dieser Branche ausgewertet werden, in denen die Produktionstechnik traditionell gut abgebildet wird. Zum anderen wurden für die Analyse von Determinanten für die Akzeptanz und die Diffusion von innovativen Produktionstechnologien in Kapitel 4.4 Daten verwendet, welche aus der Befragung vom Herbst 1999 bei 1442 Betrieben der Metall- und Elektroindustrie im Rahmen der Erhebung „Innovationen in der Produktion“

des Fraunhofer-ISI stammen (vgl. Eggers et al. 2000). Diese Befragung war für die vorliegende Fragestellung insbesondere deshalb von Bedeutung, weil sie gezielt betriebliche Entscheider erfasst, für die Akzeptanz und Nachfrage von Produktionstechnologie besonders relevant sind, weil sie letztlich die Investitionsentscheidungen treffen.

Die vorhandenen Technikakzeptanzstudien weisen häufig zwei Defizite auf: Zum einen ist in den Studien üblicherweise keine Differenzierung der befragten Akzeptanzsubjekte nach ihrer Position im Entscheidungsprozess für die Gestaltung und Einführung der Innovationen angelegt. Zum anderen wird in der Regel der Zusammenhang zwischen gemessener Technikakzeptanz oder Technikfeindlichkeit und tatsächlichem Verhalten in der Regel nicht erfasst.

Zur Einstellung der Bevölkerung gegenüber der Prozesstechnologie (z. B. Großchemie) und Energieerzeugung (Kernkraft) und insbesondere zum Aspekt der Risikoperzeption und -kommunikation liegen umfassende Studien in großer Zahl vor. Diese waren jedoch für die hier gewählte Abgrenzung der Produktionstechnik nicht relevant und wurden daher nicht ausgewertet.

### **2.2.2.3 Besonderheiten im Technologiefeld „Nanotechnologie“**

Die methodische Herausforderung bei der Teilstudie zur Nanotechnologie lag darin, dass es noch keine wissenschaftlich fundierten Untersuchungen zur Akzeptanz und Nachfrage für die Nanotechnologie gibt, da praktisch noch keine entsprechenden Produkte auf dem Markt sind. Die „Akzeptanz“ für dieses Technologiefeld im Sinne von Einstellungen in der Bevölkerung dazu wurde noch nicht erhoben. Die Bevölkerung hat die Nanotechnologie noch nicht wahrgenommen, laut Eurobarometer 2001 interessieren sich nur 3 % der Bevölkerung dafür. Dementsprechend selten sind auch „Akzeptanz- oder Ablehnungsäußerungen“ in der Bevölkerung, es wurde jedoch noch kein Versuch unternommen, diese gezielt zu erfragen. In Ermangelung konkreter Produkte bzw. Verfahren könnte es sich dabei auch immer nur um Einstellungen oder Absichtserklärungen handeln, wobei offen bleiben müsste, inwieweit sich solche unkonkreten Akzeptanzäußerungen später in realer Nachfrage oder Ablehnung niederschlagen würden.

Da dieses Feld einen starken Querschnittscharakter aufweist, (potenzielle) Anwendungen sich also in vielen verschiedenen Bereichen finden (z. B. Nano-Biotechnologie, Oberflächenbearbeitung etc.), sind zudem Statistiken zur (potenziellen) Nachfrage kaum zu ermitteln. Die Fragestellungen mussten deshalb über die mittelbare Erschließung von Akzeptanz und Nachfrage aus Potenzial- und Hemmnisanalysen, aus Analogieschlüssen auf Grund von Gemeinsamkeiten und Unterschieden zu anderen Technologien, sowie über Expertengespräche und Medienanalysen angegangen werden. Da empirische Daten weitgehend fehlen, hatte diese Vertiefungsstudie einen stark explorativen, auf die Entwicklung plausibler Thesen zur Akzeptanz und

Nachfrage nach Nanotechnologie angelegten Charakter. Die Absicherung der entwickelnden Thesen wurde mit Hilfe von Experteninterviews und diskursiven Maßnahmen versucht.

Aktuelle Einschätzungen von Akzeptanz und Nachfrage lassen sich vor allem aus der Mediendebatte über Nanotechnologie und aus Gesprächskontakten mit daran beteiligten Akteuren gewinnen. Deshalb wurde eine im Jahr 2000 geführte Debatte zur Nanotechnologie in der „Frankfurter Allgemeinen Zeitung“, „Süddeutschen Zeitung“, „Die Zeit“ und im „Spiegel“, eine Rundfunk-Podiumsdiskussion und erste Ansätze der Technikwirkungs- und Akzeptanzforschung in Begleitung der großen deutschen Technologieförderprogramme ausgewertet. Zudem wurden mit 12 Experten für Nanotechnologie Interviews geführt.

Um eine auch sozialwissenschaftlich tragfähigere Objektivierung der Thesenbildung zu erreichen, wurden Erkenntnisse aus der allgemeinen Technikakzeptanzforschung per Analogieschluss auf die Nanotechnologie übertragen. Die entwickelten Thesen wurden iterativ bei Veranstaltungen über Nanotechnologie, bei Expertengesprächen sowie externen und internen Workshops weiter entwickelt. Für den internen Workshop wurden etwa 100 Anwendungsbeispiele aus verschiedensten Quellen zusammengestellt und anhand der Determinanten bewertet. Außerdem wurden aggregierte Aussagen zu kritischen Feldern für die künftige Akzeptanz der Nanotechnologie erarbeitet. Dabei erwies sich in Anlehnung an die Anwendungscluster (vgl. Kap. 5.2) der Denkansatz von Akteurs-Arenen als fruchtbar.

Im Einzelnen wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- (1) Auswertung einer im Jahr 2000 in den Medien geführten Debatte zur Nanotechnologie in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung, der Süddeutschen Zeitung, der Zeit und dem Spiegel sowie einer Rundfunk-Podiumsdiskussion,
- (2) Auswertung erster Ansätze der begleitenden Technikwirkungs- und -Akzeptanzforschung zu den großen Technologieförderprogrammen in Deutschland (VDI-TZ 2001a) und der USA (NSF 2001),
- (3) Entwicklung eigener Hypothesen zur Akzeptanz und Nachfrage nach Nanotechnologie und deren Abgleich mit den sozialwissenschaftlichen Erkenntnissen zur Technikakzeptanzforschung allgemein,
- (4) Aktive Teilnahme an zwei Konferenzen bzw. Seminaren, die in der Folge der Mediendebatte über Nanotechnologie, Gentechnik und Robotik von der Bundesakademie für Sicherheitspolitik (Februar 2001) und der Evangelischen Akademie der Pfalz (November 2001) organisiert wurden. Dabei wurden durch Referate und vor allem durch Diskussion mit Referenten und Teilnehmern unsere Thesen zur künftigen Akzeptanz von Nanotechnologie überprüft.

- (5) Ergänzende Interviews mit 12 Experten für Nanotechnologie, davon 9 aus naturwissenschaftlich-technischen Disziplinen und 3 aus den Bereichen Politikologie und Theologie,
- (6) Durchführung eines internen Workshops mit interdisziplinärer Beteiligung zur kritischen Diskussion der Thesen über Akzeptanz und Nachfrage nach Nanotechnologie sowie deren Determinanten,
- (7) Testweise Abschätzung der Akzeptanz für beispielhafte Anwendungen der Nanotechnologie und Identifikation kritischer Anwendungen mit Hilfe der explorierten Akzeptanzdeterminanten,
- (8) Abschätzung des Zusammenhangs von Akzeptanz und Nachfrage in den vier unterschiedenen Akteursarenen der Elektronik, Bio-, Material- und Präzisionstechnologie,
- (9) Ableitung von Schlussfolgerungen zur Akzeptanz und Nachfrage für Nanotechnologie und für weiterführende Empfehlungen.

#### **2.2.2.4 Besonderheiten im Technologiefeld „Informations- und Kommunikationstechnologien“**

Die im Feld der Informations- und Kommunikationstechnologien verwendeten theoretischen Ansätze stammen aus der Technikgeneseforschung, der absatzwirtschaftlichen Akzeptanzforschung und aus der Innovations- und Diffusionsforschung.

Von der Entwicklungsphase her ist IuK ein Bereich, in dem vorausschauende, prospektive, antizipierenden Untersuchungen zu Akzeptanz und Nachfrage (Marktpotenziale, Bereitschaft zur Nutzung künftiger Angebote) mit der Erhebung der tatsächlichen Nachfrage bzw. Nutzung parallel erfolgen und auch unterschiedliche Nutzergruppen bzw. Nutzungsarten einbeziehen, die zum Teil zeitlich versetzt relevant werden (z. B. zuerst geschäftliche, dann private Nutzung; zuerst als Kommunikations-, dann Transaktionsmedium).

Außerdem war zu berücksichtigen, dass „das Internet“ Ergebnis eines kontinuierlichen Entwicklungs- und Aushandlungsprozesses ist, in den die Erwartungen unterschiedlicher Entwickler-, Nutzer- und Anbietergruppen eingeflossen sind, und dass dieser Prozess der Adoption, Assimilation und Akkomodation sehr dynamisch ist und für die Internetnutzung noch schneller erfolgt als für andere IuK-Technologien.

Die Datenlage war damit hinsichtlich der Zahl der vorhandenen Studien und der Zahl der verwendbaren Messparameter sehr gut, es ergab sich eher die Schwierigkeit, die Studien adäquat zu systematisieren, gute Untersuchungen von ad-hoc-Meinungsumfragen zu trennen, und angesichts der zeitlichen Dynamik auch die Relevanz für die heutigen bzw. künftigen Verhältnisse zu bewerten.

Grundlage der Auswertung von Akzeptanzfaktoren waren etwa 40 neuere Studien, die sich zentral oder peripher mit der Entwicklung und Nutzung des Internet und des Mobilfunks in unterschiedlichen Kontexten auseinandersetzen. Unter den Primärstudien dominieren Marktstudien und marktorientierte Nutzerstudien, ein typischer Technikakzeptanz-Ansatz wurde von den wenigsten Studien verfolgt.

#### **2.2.2.5 Besonderheiten im Technologiefeld „Neue Verkehrstechnologien“**

Die Datenlage im Technologiefeld „Neue Verkehrstechnologien“ weist große Lücken auf, die sich aus Unsicherheiten über den Kontext der Technikanwendungen und über die tatsächlich zu erwartenden individuellen Kosten-Nutzen-Relationen ergeben. Die verkehrsinduzierenden und -substituierenden Potenziale sind sehr komplex, Anwendungen für einzelne Endkunden sind noch wenig vorhanden. Deshalb wurden die Präferenzen privater Endnutzer bislang noch kaum untersucht.

Für die vorliegende Studie konnten deshalb vornehmlich Berichte von Pilotstudien und Marktabschätzungen ausgewertet werden, die nur zum Teil Hinweise auf Akzeptanzfaktoren zulassen. Quellen zur aktuellen und zukünftigen Nachfrage liegen aber vor. Ergänzend zu der schmalen empirischen Basis wurden theoretische Erklärungsmodelle und die Expertenbefragung Delphi'98 zur zukünftigen Entwicklung der Mobilitätsgeschehens herangezogen, um Akzeptanzfaktoren, Nachfragedeterminanten und Standortbedingungen zu ermitteln. Eine eigene, umfangreiche Nutzer-Befragung zum Verhältnis von virtueller und physischer Veränderung der Mobilität durch Internetnutzung lieferte wichtige Hinweise zum Mobilitätsverhalten im Alltag.

#### **2.2.2.6 Besonderheiten im Technologiefeld „Lasertechnologie in der Medizin“**

Zur Charakterisierung des Technologiefeldes wurden einerseits Recherchen in den einschlägigen Datenbanken (Medline, BMBF-Förderkatalog etc.) als auch im Internet, in Firmenprospekten u. Ä. vorgenommen. Grundlage der Literaturübersicht zur Akzeptanz und deren Determinanten war ebenfalls eine Recherche in Medline, zudem wurden national die Datenbank der Deutschen Agentur für Health-Technology-Assessment (DAHTA) beim Deutschen Institut für medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) sowie international die Health Technology Assessment Database (HTA) des NHS Centre for Reviews and Dissemination, University of York, GB, durchsucht. Letztere wurden jedoch nicht im Detail ausgewertet, da ihre Relevanz für den deutschen Markt als nur gering betrachtet werden muss.

Wegen der hohen Spezifität und geringen Größe des Technikfeldes „Lasermedizin“ wurde es bisher in akzeptanzbezogenen Bevölkerungsbefragungen noch nicht expli-

zit erfasst. Auch die Zahl der sonstigen einschlägigen Studien ist gering, die Datenbasis für die Bearbeitung der Studienfragen war deshalb nur schmal. Die „Nachfrage“ in Form von erbrachten bzw. in Anspruch genommenen lasermedizinischen Dienstleistungen ist wegen der Besonderheiten der statistischen Erfassung der Leistungserbringung nur unter einem unverhältnismäßig großen Aufwand möglich. Ein großer Teil der Nutzungsstatistiken liegt nur für den übergeordneten Bereich der Medizintechnologie vor.

Es wurden ca. 50 Publikationen in medizinischen Fachzeitschriften ermittelt, in denen lasermedizinische Anwendungen durch medizinisches Fachpersonal bzw. durch Patienten beurteilt wurden. Die Anwender wurden dabei überwiegend zu möglichen Anwendungsfeldern von Medizinlasern und zu unerwünschten Nebeneffekten befragt, die Patienten vorwiegend zur Zufriedenheit mit der Behandlung. Betrachtet wurden somit eher technik- und dienstleistungsspezifische Kriterien, die sich auf das Akzeptanzobjekt beziehen, während der Kontext und auch detaillierte Gründe für das erhaltene Werturteil (Faktoren des Akzeptanzsubjekts) kaum Berücksichtigung finden.

Auf Grund der unbefriedigenden Datenlage zu direkten Indikatoren von Akzeptanz und Nachfrage wurden ergänzend Cochrane-Reviews und Leitlinien als Indikatoren ausgewertet. Für die Anerkennung medizinischer Verfahren hat die wissenschaftliche Evidenz große Bedeutung, die für Wirksamkeit (Effektivität) und Wirtschaftlichkeit (Effizienz) der Verfahren vorliegt. Die Evidenzbasierte Medizin ist „der gewissenhafte, ausdrückliche und vernünftige Gebrauch der gegenwärtig besten externen, wissenschaftlichen Evidenz für Entscheidungen in der medizinischen Versorgung individueller Patienten“ (Sackett et al. 1997). Systematische Übersichtsarbeiten (systematic reviews) zum aktuellen Stand der Forschung erstellen die Cochrane Collaboration und das NHS Centre for Reviews and Dissemination in York.

Die Cochrane Collaboration ist ein weltweites Netz von Wissenschaftlern und Ärzten. Ziel ist, systematische Übersichtsarbeiten zur Bewertung von Therapien zu erstellen, aktuell zu halten und zu verbreiten. Die Reviews werden von Arbeitsgruppen erstellt, koordiniert durch regionale Cochrane-Zentren. Cochrane Reviews sind Meta-Analysen, die lediglich randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) einbeziehen. Damit gelten sie als relativ „harte“ Evidenz, können allerdings auch nur dann erstellt werden, wenn zum Untersuchungsgegenstand bereits RCTs vorliegen. Cochrane-Reviews haben in der Fachwelt ein hohes Ansehen, wenngleich sie in vielen Anwendungsgebieten noch fehlen und die Umsetzung des erarbeiteten Wissens in die Praxis oft mangelhaft ist. Auf Grund ihrer Bedeutung für die Akzeptanz medizinischer Technologien bei den Ärzten wurde die Cochrane-Library für systematische Übersichtsarbeiten nach entsprechenden Reviews durchsucht.

Als weitere Indikatoren der Akzeptanz medizinischer Leistungen können Behandlungsleitlinien angesehen werden. Diese werden in der Regel von den medizinischen Fachgesellschaften initiiert und machen sich zur Aufgabe, „das umfangreiche Wissen (wissenschaftliche Evidenz und Praxiserfahrung) zu speziellen Versorgungsproblemen zu werten, gegensätzliche Standpunkte zu klären und unter Abwägung von Nutzen und Schaden das derzeitige Vorgehen der Wahl zu definieren“ (Helou et al. 2002, S. 209) und so die medizinische Praxis zu optimieren. Sie werden bestenfalls in einem strukturierten Prozess auf der Basis von systematischen Reviews erstellt. Evidenzbasierte Leitlinien sind in § 137e SGB V gesetzlich verankert, auf ihrer Grundlage sollen jährlich für mindestens zehn Krankheiten Kriterien für die Leistungserbringung entwickelt werden. Bei der Ärztlichen Zentralstelle Qualitätssicherung (ÄZQ), Köln, wurden Qualitätskriterien für Leitlinien entwickelt und bei der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) eine Clearingstelle eingerichtet (Kopp et al. 2002). Aus der Leitlinienbibliothek der AWMF ([http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/II\\_index.htm](http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/II_index.htm)) wurden die weiter unten genannten Leitlinien bezogen. Allerdings liegen bisher nur für wenige Krankheitsbilder Behandlungsleitlinien vor, was unter anderem auf Finanzierungsprobleme zurückzuführen ist. Bei existierenden Leitlinien lässt häufig noch die Evidenzbasierung zu wünschen übrig, Defizite bei der Planung, Entwicklung, Dissemination und Implementierung sowie Barrieren und Widerstände gegen ihre Anwendung begrenzen ihren Einfluss auf die tatsächliche Behandlungspraxis (Sachverständigenrat für die Konzertierte Aktion im Gesundheitswesen 2001).

Auf Grund ihres schwachen Zusammenhangs mit der Versorgungspraxis können Reviews und andere wissenschaftliche Evidenz für die Wirksamkeit von Lasergeäten wie auch Leitlinien höchstens als schwache Indikatoren für die Akzeptanz beim Fachpersonal, nicht aber als Indikatoren für die tatsächliche Nutzung angesehen werden. Ähnliches gilt für die häufig berichteten Äußerungen von Patienten zur Zufriedenheit mit Laseranwendungen, da diese meist an Patienten nach einer Laserbehandlung erhoben wurde und für solche Situationen hohe Zufriedenheitswerte typisch sind.

Für den Bereich der kassenfinanzierten ambulanten Leistungen regelt der Einheitliche Bewertungsmaßstab (EBM), welche Laseranwendungen zu Lasten der Krankenkassen abgerechnet werden können. Aus diesem Grund wurde der EBM (Stand 01.10.2001; Kassenärztliche Bundesvereinigung, Spitzenverbände der Krankenkassen 2001) daraufhin untersucht, welche Laseranwendungen dort genannt werden. Möglich ist aber, dass die Leistungen, bei denen im EBM explizit der Laser als Instrument genannt wird, nicht die einzigen abrechnungsfähigen sind, sondern dass weitere Laseranwendungen (insbesondere vermutlich minimal-invasive chirurgische) auf Kosten der Krankenkassen durchgeführt werden können, bei denen die Verwendung eines Lasers nicht erwähnt wird.

Der Stand der Recherchen ist für den EBM, die Reviews und Leitlinien Mitte 2002, für die restliche Literatur Ende 2001.

### 2.2.3 Technologiefeldübergreifende Analyse

Zusätzlich zu den technologiefeldspezifischen Untersuchungen wurde eine technologiefeldübergreifende, vergleichende Analyse vorgenommen. Ziel dieser technologiefeldübergreifenden Analyse war es, ein Gesamtbild zu entwerfen und eine weitere Reflexionsebene in die Studie einzuziehen, die es ermöglichen sollte,

- Gemeinsamkeiten und Besonderheiten zwischen den untersuchten Technologiefeldern zu erkennen,
- in allen Technikfeldern anzutreffende „Grundmuster“ herauszuarbeiten,
- Spezifika, Besonderheiten und Detailbefunde in den Technologiefeldern in das Gesamtbild einzuordnen und Analyseschwerpunkte plausibel und nachvollziehbar zu machen,
- technologiefeldübergreifende Schlussfolgerungen zu ziehen.

## 2.3 Zitierte Literatur

Eggers, T.; Wallmeier, W.; Lay, G. (2000). Innovationen in der Produktion 1999. Dokumentation der Umfrage des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 12 S.

Helou, A.; Schwartz, F. W.; Ollenschläger, G. (2002): Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 45; S. 205-214

Kopp, I.; Encke, A.; Lorenz, W. (2002) Leitlinien als Instrument der Qualitätssicherung in der Medizin. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 45; S. 223-233

National Science Foundation (ed.) (NSF) (2001): Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology. Arlington, Virginia, USA

Sachverständigenrat für die Konzertierte Aktion im Gesundheitswesen (2001): Bedarfsgerechtigkeit und Wirtschaftlichkeit - Gutachten 2000/2001, Kurzfassung. Bonn: Autor

Sackett, D. L.; Rosenberg, W. M. C.; Gray, J. A. M.; Haynes, R. B.; Richardson, W. S. (1997): Was ist Evidenzbasierte Medizin und was nicht? Münch. med. Wschr. 139, S. 644-645

VDI-Technologiezentrum (VDI-TZ 2001a): Innovations- und Technikanalyse (ITA) Nanotechnologie, Vorstudie. Düsseldorf



### **3. Theoretischer Rahmen der Untersuchung und konzeptionelle Implikationen**

#### **3.1 Zugänge aus der Technikakzeptanz-Forschung**

##### **3.1.1 Sozialwissenschaftliche Forschungsrichtungen und -schwerpunkte in der Technikakzeptanzforschung**

Zur Technikakzeptanzforschung tragen verschiedene Forschungsrichtungen innerhalb der sozialwissenschaftlichen Forschung bei. Hierzu zählen z. B. Meinungsforschung (Demoskopie) (s. z. B. Jaufmann et al. 1989; Jaufmann et al. 1991), Medienforschung (s. z. B. Peters 1999a, b), sozialwissenschaftliche Risikoforschung (s. z. B. Renn et al. 2000), Technikgeneseforschung (s. z. B. Dierkes et al. 1991, 1992), Forschung zu neuen sozialen Bewegungen (s. z. B. (Ohme-Reinicke 2000), sozialwissenschaftliche Reflexionen über Technikfolgen-Abschätzung, Arbeiten zur Gestaltung von Technikkontroversen (z. B. Mediation, Diskurse; s. z. B. Köberle et al. 1997) sowie theoretische Arbeiten zum Zustand moderner Gesellschaften („Risikogesellschaft“) (Hennen 1994, S. 12).

Sichtet man die Literatur, so fallen vor allem drei Analysecluster auf, die die Darstellung der Ergebnisse der Technikakzeptanzforschung und auch ihre inhaltliche Ausrichtung bis heute prägen. Dies sind zum einen Meinungsumfragen zur Ermittlung von Technikeinstellungen in der Bevölkerung, sowie vertiefte Untersuchungen zur Bedeutung von Technikrisiken und der Medienberichterstattung über Technik bei Technikeinstellungen. Für das Setzen gerade dieser Schwerpunkte waren folgende Aspekte von Bedeutung:

- Mitte bis Ende der 1980er-Jahre flammte die Diskussion auf über eine im internationalen Vergleich erhebliche „Technikfeindlichkeit der Deutschen“, die insbesondere bei der Jugend vermutet wurde. Diese Technikfeindlichkeit wurde als wesentliches Innovationshemmnis am Standort Deutschland angeführt. In der Folge förderte das BMFT ein großes Verbundprojekt, dessen Kernstück eine umfassende, international vergleichende, sorgfältige Sekundäranalyse demoskopischer Umfragen mit Relevanz zu Technikeinstellungen war. Sie ergab, dass das Bild der „technikfeindlichen Deutschen“ nicht zutreffend ist; dass seit den 1960er-Jahren der Anteil der Bevölkerung, der Technik gegenüber eine ambivalente Haltung zeigt und mit Technik sowohl positive als auch negative Aspekte

verbindet, zu Lasten der rückhaltlos befürwortenden Befragten deutlich zugenommen hat, und dass verschiedene Technologien von ein und derselben Person durchaus unterschiedlich beurteilt werden. Auch das Stereotyp der besonders technikfernen Jugend ließ sich empirisch nicht belegen. Diese wegweisenden Ergebnisse wurden Anfang der 1990er-Jahre publiziert (Jaufmann et al. 1991; Kistler et al. 1990; Jaufmann et al. 1989) und wurden auch in aktuelleren Untersuchungen im Grundsatz bestätigt.

- Zahlreiche Untersuchungen befassen sich speziell mit der Rolle der Medien beim Zustandekommen von Technikeinstellungen. Hintergrund ist auch hier das in der öffentlichen Diskussion häufig gebrauchte Argument, dass „Technikfeindlichkeit“ in der Bevölkerung durch eine negative, die Risiken neuer Technologien betonende Mediendarstellung gefördert, wenn nicht gar hervorgerufen würde, was sich empirisch jedoch nicht belegen lässt (s. z. B. (Schenk 1999); Kohring et al. 1999; Merten 1999; Peters 1999a, b; Hampel 1999). Dies liegt unter anderem daran, dass dieses Argument die Rolle der Medien – fälschlicherweise – auf die faktengetreue Wiedergabe von gesellschaftlicher Realität reduziert. Vielmehr muss zum Verständnis der Rolle der Medien bei der Meinungsbildung gegenüber neuen Technologien von der spezifischen Selektionsweise des Journalismus und seiner gesellschaftlichen Funktion ausgegangen werden (Kohring 2001; Kimpele 2002: 199f).
- Ausgelöst durch die Kontroversen um die Nutzung der Kernenergie wurden umfangreiche Studien zur Wahrnehmung und Bewertung von Risiken durchgeführt. Sie erstreckten sich in der Folge schwerpunktmäßig auch auf Umweltrisiken (z. B. durch die Chemieindustrie) und auf Risiken der Gentechnik. Hierzu gehören auch Arbeiten zur Risikokommunikation, zur Analyse von Konflikten sowie zu neuen Formen des Umgangs mit Technikkontroversen, z. B. durch Mediation und Diskurse.

Allerdings ist zu konstatieren, dass viele dieser Erkenntnisse der sozialwissenschaftlichen Forschung in die öffentliche Debatte (immer noch) keinen entsprechenden Eingang finden. Vielmehr ist nach wie vor zu beobachten, dass die Diskussion um Technikakzeptanz und Technikeinstellungen oft subjektive Eindrücke verallgemeinert und diese teilweise strategisch für eigene Zwecke ausschlachtet, um von eigenen Fehlleistungen oder wenig populären Beweggründen abzulenken (Zwick et al. 1998).

### **3.1.2 Zu Grunde gelegtes Verständnis von „Technikakzeptanz“ und „Nachfrage“ und deren Operationalisierung**

Mit dem Begriff der „Akzeptanz“ wird Anerkennung, Zustimmung, Befürwortung, Bestätigung assoziiert; etwas „akzeptieren“ wird gemeinhin verstanden als „etwas annehmen, mit etwas einverstanden sein“ (Lucke 1995; Hecker 1997, S. 10). In der

Literatur finden sich vielfältige Definitionen und Abgrenzungen dieses Begriffs, auch werden unterschiedliche Dimensionen der Akzeptanz herausgearbeitet (so z. B. Lucke 1995, S. 80ff), von denen exemplarisch die Folgenden genannt seien:

- Kognitive Dimension der Akzeptanz als Handlungsvoraussetzung, d. h. von dem betreffenden Sachverhalt überhaupt Kenntnis haben.
- Normativ-evaluative Dimension, d. h. den betreffenden Sachverhalt für richtig halten und ihn deshalb als Mittel zur Zielerreichung (Handlungsstrategie) bzw. als Handlungsziel verfolgen.
- Konative Dimension, d. h. die konsequente Umsetzung des vorhandenen Wissens und des einstellungsmäßigen Für-Richtig-Haltens in beobachtbares Verhalten (z. B. ausdrückliche Zustimmung, sichtliches Einverständnishandeln), führt zu einem feststellbaren Handlungsergebnis.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass „Akzeptanz“ ein komplexes, vielschichtiges Konstrukt ist, das nicht direkt und unmittelbar messbar ist, und für das auch keine „geeichten“ Instrumente zur Verfügung stehen. Vielmehr bedarf es geeigneter Indikatoren, um relevante Dimensionen von „Akzeptanz“ auf indirektem Wege messen und erfassen zu können (Renn et al. 1997, S. 15). Bei der Transformation des Konstrukts „Akzeptanz“ in messbare Variable muss jedoch beachtet werden, dass mit der gewählten Operationalisierung im Rahmen empirischer Untersuchungen stets nur bestimmte Dimensionen dieses Konstrukts erfasst werden. Dies gilt es bei der Interpretation der erhaltenen Daten zu berücksichtigen (Wieland 1987, S. 3, S. 5).

„Typische“ Technikakzeptanz-Studien haben häufig den Charakter von Meinungsumfragen und operationalisieren das Konstrukt „Technikakzeptanz“ als „Einstellung der Bevölkerung zur Technik insgesamt bzw. zu ausgewählten Technikfeldern und/oder -anwendungen“ (so z. B. Europäische Kommission 2000, 2001; Jaufmann et al. 1989; Jaufmann et al. 1991; Zwick et al. 1998). Eine Beschränkung auf diese Operationalisierung des Konstrukts „Technikakzeptanz“ erscheint für die Zielsetzung und Aufgabenstellung dieser Untersuchung jedoch nicht angemessen, da dadurch zum einen die Bedeutung anderer Akteursgruppen als die der Bevölkerung für den Innovationsprozess und die Nachfrage vernachlässigt würde (s. auch Kap. 3.2). Zum anderen würde dadurch Akzeptanz nur auf der Einstellungsebene erfasst. Für die Projektfragestellung ist jedoch auch die Berücksichtigung der Wert- und Zielebene der Akzeptanz von Belang, da sie Informationen über Akzeptabilität<sup>1</sup>, Wünschbarkeit und Leitbilder gibt. Außerdem sollte auch die Handlungsebene,

---

<sup>1</sup> Akzeptabilität ist ein normativer Begriff, das wertende Ergebnis einer Prüfung von Chancen und Risiken einer Technologie in einem ordentlichen Verfahren, das vor allem durch wissenschaftliche Experten unter Zugrundelegung der von ihnen präferierten Kriterien vorgenommen wird. Akzeptanz bedeutet dagegen die tatsächliche Zustimmung in der Gesellschaft, in die auch andere Kriterien und Determinanten einfließen. Akzeptabilität und Akzeptanz fallen in der Realität häufig auseinander.

d. h. das beobachtbare Verhalten, mit berücksichtigt werden, da ja für die Einführung neuer Technologien von besonderem Interesse ist, inwieweit sich im Vorfeld der Technikeinführung geäußerte Einstellungen und Absichten letztlich auch in entsprechendem Handeln niederschlagen.

Um Technikakzeptanz in diesem umfassenden Sinne zu operationalisieren, müssen zum einen Erhebungsinstrumente auf weitere Akteursgruppen ausgeweitet, zum anderen zusätzliche Erhebungsinstrumente einbezogen werden. Dies deckt sich mit Entwicklungstrends in der Technikakzeptanzforschung, die „Technikakzeptanz“ nicht mehr überwiegend als „passives, reaktives“ Phänomen auffassen, sondern als Informationsgrundlage für eine Technikgestaltung, da darüber Erwartungen, Wünsche, Hoffnungen, Leitbilder in Bezug auf den gesellschaftlichen und individuellen Umgang mit Technikanwendungen abgreifbar sind. Dabei sind quantitative Erhebungsmethoden mit qualitativen Verfahren zu kombinieren (Jaufmann 2002).

Die obigen Ausführungen zur Akzeptanz gelten in entsprechender Weise auch für den Begriff der „Nachfrage“. Mit „Nachfrage“ wird zwar primär der Kauf von Produkten und die Inanspruchnahme von Dienstleistungen assoziiert. Unproblematisch und plausibel ist diese Operationalisierung von „Nachfrage“ für Bereiche, wo Betroffenheit und Nutzung im Entscheidungsspielraum jedes Einzelnen liegt und auch Kauf- und Nutzungsentscheidungen konkret möglich sind. Damit greift dieses Instrument jedoch nur für bereits auf dem Markt befindliche Produkte und Dienstleistungen und erfasst damit auch nur die Handlungsebene von „Nachfrage“. Für neue Technologien und neue Technikanwendungen sollten Nutzerpräferenzen aber gerade *vor* Markteintritt antizipiert werden, so dass hierfür die Erschließung der latenten Nachfragebereitschaft bei potenziellen Nutzern, also auf der Einstellungsebene erforderlich ist. Nachfrageobjekte sind dabei aber nicht nur konkrete Technikartefakte, sondern auch relevantes Wissen. Daher kann man das Verhältnis des Entwicklers gegenüber der Grundlagenforschung auch als eine Kunden- oder Nachfragebeziehung interpretieren. Zusätzlich ist es für eine Innovations- und Technikanalyse von großem Interesse, auch individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse, die der Wert- und Zielebene zugeordnet sind, zu erheben, um technologische Optionen auch daraufhin analysieren zu können, inwieweit sie einen Beitrag zur Erfüllung dieser Bedürfnisse leisten können.

Somit erfordert es die Zielsetzung und Aufgabenstellung dieser Untersuchung, eine breite Definition von „Technikakzeptanz“ und „Nachfrage“ zu Grunde zu legen, die sowohl die Handlungs-, Einstellungs- sowie Wert- und Zielebenen dieser Konstrukte umfassen und zudem bei ihrer Operationalisierung fließende Übergänge zueinander zeigen. Tabelle 3.1 gibt eine Übersicht über die Ebenen von Akzeptanz und Nachfrage, die in dieser Untersuchung zu berücksichtigen sind.

Tabelle 3.1: In dieser Untersuchung zu berücksichtigende Ebenen von Akzeptanz und Nachfrage

	Akzeptanz	Nachfrage
Handlungsebene	Beobachtbares Verhalten (Kauf, Nutzung, Protest, Boykott, fehlende Ausschöpfung/nicht aufgabenadäquate Nutzung technischer Möglichkeiten)	Beobachtbares Verhalten (Kauf, Nutzung, Protest, Boykott, fehlende Ausschöpfung/nicht aufgabenadäquate Nutzung technischer Möglichkeiten)
Einstellungsebene	Latente/potenzielle Akzeptanzbereitschaft (erfragbare, erschließbare Absichten)	Latente/potenzielle Nachfragebereitschaft (erfragbare, erschließbare Märkte)
Wert- und Zielebene	Akzeptabilität, Wünschbarkeit, Leitbilder	Individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse

Da Akzeptanz und Nachfrage aber diesem breiten Verständnis entsprechend zu operationalisieren sind, ist es erforderlich, ein breites Spektrum an quantitativen und qualitativen Informations- und Datenquellen im Hinblick auf die Zielsetzung und Aufgabenstellung der Untersuchung auszuwerten, da die methodischen Zugänge jeweils andere Dimensionen von „Akzeptanz“ und „Nachfrage“ operationalisieren. Tabelle 3.2 gibt eine Übersicht über herangezogene bzw. heranzuziehende Informations- und Datenquellen und ordnet sie den unterschiedlichen Ebenen von Akzeptanz und Nachfrage zu.

Tabelle 3.2: Übersicht über Informations- und Datenquellen

Informations- und Datenquellen	Operationalisierung von Akzeptanz und Nachfrage auf der		
	Handlungsebene	Einstellungsebene	Wert- und Zielebene
Nutzungsdaten aus Marktforschung, Panel, Statistiken, Umfragen	•		
Marktforschung	•	•	
Diskurs-, Medienanalysen	•	•	•
Foresight-Studien		•	•
Technikgeneseforschung		•	•
Qualitative Instrumente (z. B. Focusgruppen, Bürgerforen, Tiefeninterviews)		•	•
Meinungsumfragen		•	
Studien zur Einstellung der Bevölkerung gegenüber Wissenschaft und Technik		•	
Potenzialanalysen (technologisch, wirtschaftlich)		•	

### 3.1.3 Akzeptanz- und Nachfrage-Subjekt, -Objekt und -Kontext

Zusätzlich zu den in Kapitel 3.1.2 dargelegten unterschiedlichen Ebenen von Akzeptanz und Nachfrage muss bei der Analyse der Konstrukte „Akzeptanz“ und „Nachfrage“ eine weitere Differenzierung nach Akzeptanz- bzw. Nachfrage-Subjekt, -Objekt und -Kontext vorgenommen werden. Die nachfolgenden Ausführungen zu „Akzeptanz“ gelten in analoger Weise auch für „Nachfrage“.

„Akzeptanz“ ist ein Phänomen, das von einer Gruppe oder Person, dem Akzeptanzsubjekt, ausgeht, sich auf Akzeptanzobjekte (z. B. technisches Gerät, Meinung, Einstellung, Lösungsvorschlag, Verhaltensweisen, Lebensstil, Handlungen, Werte und Normen, Personen und Personengruppen, Berufe, Geschlechtszugehörigkeit) bezieht und sich in einem sowohl von Akzeptanzsubjekt als auch Akzeptanzobjekt bestimmten Umfeld, dem Akzeptanzkontext, ausdrückt (Lucke 1995, S. 88ff). Akzeptanzsubjekt, -objekt und -kontext interagieren miteinander und beeinflussen sich gegenseitig. Demzufolge ist eine adäquate Analyse des Konstrukts „Akzeptanz“ nur möglich, wenn stets der Dreiklang von Subjekt, Objekt und Kontext im Sinne eines „Wer akzeptiert was unter welchen Umständen“ in den Blick genommen wird.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass „Akzeptanz“ keine feste Eigenschaft ist, die einem Akzeptanzsubjekt als Persönlichkeitsmerkmal, als situations- und bereichsübergreifende konstante Einstellungs- und Verhaltensdisposition zukommt. Ebenso wenig ist „Akzeptanz“ auf Seiten des Akzeptanzobjekts eine objektimmanente, unveränderliche, themen- und situationsunspezifische Qualität. Ihre jeweilige Ausprägung erfahren sie erst in der Zusammenschau von Subjekt, Objekt und Kontext, und können demnach zusätzlich zeit- und situationsabhängig variieren.

Die Notwendigkeit zur Differenzierung nach Subjekt, Objekt und Kontext ist insbesondere in Forschungsarbeiten zu Einstellungen der Bevölkerung gegenüber Wissenschaft und Technik empirisch sehr gut abgesichert worden. In einer Vielzahl von Studien wurde belegt, dass Globalindikatoren<sup>2</sup> zur Messung von Technikakzeptanz von begrenzter Aussagekraft sind, wenn es um Einstellungen und Bewertungen von Einzeltechnologien bzw. bestimmten Technikanwendungen geht. Bei konkreteren Techniken und Anwendungen wird stark nach Technik, Anwendung und Situa-

---

<sup>2</sup> In Bevölkerungsumfragen werden als Globalindikatoren Bilanzurteile über Technik oder Technischen Fortschritt erhoben. Dazu werden folgende Fragen bzw. Fragetypen verwendet: „Glauben Sie, dass die Technik alles in allem eher ein Segen oder eher ein Fluch für die Menschheit ist?“ (IfD Allensbach); „Wie würden Sie Ihre persönliche Einstellung zur Technik auf dieser Skala einstufen?“ (Infratest); „Glauben Sie, dass der Fortschritt der Technik das Leben für die Menschen immer einfacher oder immer schwieriger macht/ alles in allem eher zum Vorteil oder eher zum Nachteil der Menschen ist/ auf lange Sicht den Menschen helfen oder schaden wird?“; „Interessieren Sie sich für Technik oder technische Fragen, und zwar..?“; ähnliche Fragen betreffen die Informiertheit über Technik, die Begeisterung für Technik, die Wichtigkeit von Technik (z. B. in Relation zu anderen gesellschaftlichen Problemen und Fragen), die Förderungswürdigkeit aus Steuermitteln.

tion/Kontext differenziert. Somit weichen die technikanwendungsspezifischen Einstellungen und Bewertungen von den mit Globalindikatoren erhobenen Ergebnissen teilweise deutlich ab, und zwar deshalb, weil die jeweilige Technikanwendung in einen lebensweltlichen Kontext eingebettet wird, ihre soziale Einbindung (insbesondere das Verhalten von Institutionen, die das Management von Innovationen und Risiken verantworten) in die Beurteilung mit einfließt und auch Wertorientierungen eine Rolle spielen (s. z. B. Renn et al. 1997, Zwick 1998, Marris et al. 2001). Zudem ist eine Differenzierung nach jeweils relevanten Akzeptanz- bzw. Nachfragesubjekten (z. B. Entscheidungsträger, Forscher, Anwender, Bürger etc.) sowie die Beschreibung der Mechanismen ihres spezifischen Einflusses auf Nachfragemuster und Einsatzentscheidungen notwendig.

### **3.1.4 Zusammenhang zwischen Technikakzeptanz und –nachfrage, zwischen Einstellungen gegenüber Technik und tatsächlichem Verhalten**

Handlungen hängen von

- subjektiven Absichten und persönlichen Einstellungen zu diesem Verhalten,
- situativen Normen, subjektiven Normen („sozialer Druck“), der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle sowie
- objektiven Handlungsmöglichkeiten

ab (Renn et al. 1997, S. 161ff.; Schoser 2001, S. 87). Diese Faktoren müssen in ausreichendem Maße gegeben sein, wenn es zu einer einstellungsgemäßen Handlung kommen soll. Dies beinhaltet, dass durchaus Handlungen ausgeführt werden, die im Gegensatz zur persönlichen Einstellung stehen, wenn beispielsweise die situativen Normen eine nicht einstellungskonforme Handlung nahe legen. Zudem weist dies darauf hin, dass Einstellungen einer Person zu verschiedenen Sachverhalten nicht notwendigerweise in sich konsistent sind, sondern eine Vielzahl von Ambivalenzen und Widersprüchen aufweisen können.

Am Beispiel des umweltschonenden Verhaltens sind zahlreiche Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Einstellung und tatsächlichem Verhalten durchgeführt worden. Sie ergaben, dass folgende Faktoren die Durchführung umweltschonenden Verhaltens fördern (Renn et al. 1997):

- Wahrgenommene Handlungsmöglichkeiten
- Positive Einstellung
- Handlungsrelevantes Wissen (kognitiv-instrumentell)
- Wirtschaftliche Anreize
- Eindeutigkeit der Kommunikation und Informationsinhalte von außen

- Moralische Wertschätzung (selbst und durch andere)
- Unterstützung durch soziale Netzwerke
- Vertrauen in umweltrelevante Bezugsgruppen
- Visualisierung von positiven Konsequenzen
- Feedbacks von eigenen Maßnahmen

Darüber hinaus zeigt sich, dass bei allen öffentlichen Themen eine Diskrepanz zwischen Einstellung und Verhalten vorhanden ist. Bei Befragungen spielt der soziale Erwünschtheitsaspekt eine große Rolle, während im alltäglichen Verhalten Kosten-Nutzen-Abwägungen und Gewohnheiten (habitualisierten Alltagshandlungen) überwiegen. Bei dem oben vorgestellten Modell zum Zusammenhang von Einstellung und Handlung ist zu berücksichtigen, dass es nur für die Erklärung von spezifischen Verhaltensweisen gedacht ist, die in Bezug auf Zielobjekt, Zeitpunkt, Kontext, Inhalt der Handlung und zugehörige Einstellung spezifiziert sind. Werden generelle Einstellungen z. B. gegenüber einer Technik erhoben, die nur in Bezug auf das Zielobjekt spezifiziert, in Bezug auf die anderen Determinanten aber unbestimmt sind, ist fraglich, welchen Wert diese Einstellungen auf die Erklärung und Vorhersage von Verhalten haben können (Schoser 2001; S. 85-93).

### **3.2 Zugänge aus der Innovationsforschung**

Wissenschaftlich-technologische Innovationen als wesentliche Determinanten des wirtschaftlichen Wachstums und des Wohlstandes sind Gegenstand der Innovationsforschung, die sich seit den 1950er-Jahren mit der Frage befasst, welche Entwicklungsmuster von Innovationen es gibt und welches die Voraussetzungen für Innovationen sind.

Bis in die 1980er-Jahre wurde ein linear sequenzielles Modell zur Erklärung von Innovationsprozessen bevorzugt: die Innovationsphasen Grundlagenforschung, angewandte Forschung, experimentelle Entwicklung, Markteinführung und – im Falle erfolgreicher Innovationen – ihre Diffusion am Markt folgen zeitlich aufeinander und lösen einander ab. Dabei gibt es keine wechselseitige Interaktion von akademischer und industrieller Forschung, sondern lediglich eine Übergabe von Ergebnissen an der Nahtstelle von grundlegender und angewandter Forschung im Sinne eines unidirektionalen Transfers.

In den 1980er-Jahren wurde die Sichtweise einer strengen zeitlichen Aufeinanderfolge der verschiedenen Innovationsphasen verlassen und durch Rückkopplungsmodelle abgelöst, die von einer rekursiven und reflexiven Verknüpfung der verschiedenen Innovationsschritte ausgehen (s. z. B. Kline et al. 1986) und damit das



Innovationsgeschehen realistischer abbilden. In den 1990er-Jahren traten so genannte integrierte Modelle des Innovationsprozesses oder auch Interaktionsmodelle hinzu. Diese Modelle sind durch zeitlich parallele Entwicklungen in Wissenschaft, Technologie und Produktentwicklung, durch komplexe Rückkopplungsmechanismen sowie interaktive Beziehungen zwischen Wissenschaft, Technologie, Produktion, Politik und Nachfrage gekennzeichnet. In diesen Modellen ist auch die Markt-, Nachfrage- und Nutzerseite enthalten. Damit wird auch der Erkenntnis Rechnung getragen, dass der Verlauf von Innovationen nicht nur von der „Angebotsseite“, d. h. von Wissenschaft und Forschung als Triebkraft für Innovationen in Form eines „technology push“ her erfolgt, sondern dass auch die Nachfrage- und Marktseite als „demand pull“ von Bedeutung ist.

Eine andere Betrachtungsebene von Innovationsprozessen richtet den Blick auf die Ausgestaltung des Umfeldes, in dem Innovationen stattfinden. Dabei genügt es nicht, die einzelnen Elemente oder grundlegenden Bestandteile eines Systems zu identifizieren und ihre Eigenschaften zu spezifizieren. Vielmehr ist auch zu untersuchen, inwiefern sich diese Elemente gegenseitig fördern oder hemmen. Daher kommt den wechselseitigen Beziehungen zwischen diesen Elementen eine wesentliche Rolle zu. Dementsprechend sind diese „Innovationssysteme“ durch Organisationen (Akteure wie z. B. Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Kunden und Verbraucher) sowie ihre Interaktionen und die dabei geltenden „Spielregeln“, die so genannten Institutionen (z. B. Gesetze, soziale und rechtliche Regeln, technische und kulturelle Normen, Standards, Werte) bestimmt. Der Ansatz der „Nationalen Innovationssysteme“ (Lundvall 1988) ist dabei die am meisten genutzte Vorgehensweise, um Innovationsprozesse auf der Ebene einer Volkswirtschaft zu untersuchen. Weitere Systemansätze zur Untersuchung von Innovationen sind regionale oder sektorale Innovationssysteme (Malerba 1999), bei denen die Grenzen der Systeme durch die geographische Abgrenzung einer Region bzw. durch den Wirtschaftszweig oder Industriesektor charakterisiert sind.

Hingegen stellt das Konzept der „Technologischen Systeme“ die Entwicklung neuer Technologien sowie ihre Diffusion und Anwendung in den Mittelpunkt. Technologische Systeme werden definiert als „network of agents interacting in the economic/industrial area under a particular institutional infrastructure and involved in the generation, diffusion and utilisation of technology“ (Carlsson et al. 1995). Ein spezifisches Charakteristikum von Technologischen Systemen besteht somit darin, dass diese nicht auf die Entwicklung neuer Technologien beschränkt sind, sondern deren Diffusion und Anwendung mit einbeziehen. Technologische Systeme, die zunächst den Charakter von Wissens- und Kompetenznetzwerken haben, können sich unter bestimmten Voraussetzungen zu innovativen „development blocks“ entwickeln. Darunter verstehen Carlsson et al. (1995) synergistisch zusammenwirkende Cluster von Unternehmen und Technologien innerhalb eines Industriezweigs oder einer Gruppe von Industriezweigen, in deren Zentrum eine Basistechnologie steht. Zu diesen Voraussetzungen zählen das Vorhandensein einer „kritischen Masse“ an

Innovatoren, die Qualität des Wissens- und Kompetenznetzwerkes sowie die institutionelle Infrastruktur. Letztere umfasst ein „Set institutioneller Vereinbarungen, die auf direktem oder indirektem Wege den Innovationsprozess und die Verbreitung von Technologien unterstützen, stimulieren und regulieren“ (Carlsson et al. 1995). Hierunter fallen Organisationen und bestehende Regeln, die das politische System, das Bildungssystem (einschließlich der Generierung und Diffusion von Wissen), den Arbeitsmarkt und Schutzrechte für Geistiges Eigentum betreffen. Damit wird ein breites Spektrum an Akteuren und Faktoren in den Blick genommen, denen ein Einfluss innerhalb der Technologischen Systeme zukommt. So werden neben privaten und öffentlichen Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Kunden/Verbrauchern auch gesellschaftliche Kontextbedingungen (Humankapital, Bildungssystem, Technologietransfer, Kapitalmärkte), „Institutionen“ (z. B. Gesetze, Regelungen des Gesundheitswesens, technische Normen und Standards, kulturelle oder soziale Regeln und Werte), sowie die Rolle des Staates und der Politik einbezogen.

Alle genannten Untersuchungsansätze von Innovationssystemen betonen die Wichtigkeit von strategischen Kooperationsbeziehungen zwischen verschiedenen Akteuren des Innovationsprozesses. Zudem wird der Prozess der Wissensgenerierung und des „Lernens“ von Individuen oder Organisationen als wesentlicher Teil des Innovationssystems angesehen. Indem „Lernen“ als ein Schlüsselfaktor für die Entwicklung von Innovationssystemen angesehen wird, erweitert sich die Untersuchungsperspektive: neben technologischen Faktoren können auch Aspekte wie der organisationale Wandel, die Entwicklung von Humanressourcen oder nachfrageorientierte Fragestellungen in die Analyse von Innovationssystemen einbezogen werden. Zusätzlich wird damit die Bedeutung von Akteuren unterstrichen, die Lernprozesse von Individuen oder Organisationen erleichtern.

Gerade für neue Schlüsseltechnologien wird das erforderliche Wissen international generiert. Im Zuge der Globalisierung relativiert sich damit zum einen die Bedeutung nationaler Innovationssysteme, zum anderen zeigt die Analyse der Innovationstätigkeit transnationaler Unternehmen, dass diese zunehmend in integrierten Prozessketten denken und ihre Wertschöpfung nicht primär dorthin verlagern, wo die besten Bedingungen für die Forschung und Generierung technologischen Wissens vorliegen. Vielmehr wird auch die Nachfrage- und Marktseite in starkem Maße berücksichtigt (Meyer-Krahmer 1999). Dies wird im Konzept der „Leitmärkte“ (engl. lead markets) aufgegriffen (Porter 1986, Bartlett et al. 1990, Gerybadze et al. 1997).

Bei der retrospektiven Analyse von Innovationsprozessen wurde für verschiedene Innovationen empirisch ein Entwicklungsmuster aufgedeckt, nach dem ein bestimmtes Innovationsdesign auf einem regionalen Markt (in der Regel einem Land) schneller heranreift, dort früher als in anderen Ländern angenommen wird und in der Folge auch von anderen Ländern adoptiert wird, so dass sich dieses Innova-

tionsdesign zum globalen Standard entwickelt und andere Innovationsdesigns verdrängt. Dies wurde für ausgewählte Produkte, Dienstleistungen und Verfahren, so z. B. das Faxgerät, den PC, den Airbag, Industrieroboter, die Smart Card oder das Mobiltelefon empirisch nachgewiesen (Beise 2002). Solche Märkte werden als Leitmärkte bezeichnet. Sie führen die weltweite Nachfrage nach dem betreffenden Produkt an und sind schon aus diesem Grund für die internationale Wettbewerbsfähigkeit von großer Bedeutung. Zudem kann eine fehlende Orientierung von Innovationen am Leitmarkt nicht nur einen ausbleibenden internationalen Erfolg, sondern auch den Rückgang von Marktanteilen auf dem Heimatmarkt bedeuten, da das bisherige national präferierte Design zugunsten des globalen Standards aufgegeben werden muss (Beise 2002).

Die Analyse von Leitmärkten zeigt, dass eine technische Pionierstrategie bzw. eine wissenschaftlich-technologische Führungsrolle allein nicht notwendigerweise auch zu einer Führungsrolle in Bezug auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit führt. Vielmehr kann auch die nationale Nachfrageseite, die als Impulsgeber für und Abnehmer von Innovationen fungiert, ein wesentlicher Bestimmungsfaktor sein. Somit kann eine Nachfragestruktur, die Innovationen in besonderer Weise fordert und honoriert, über verschiedene Mechanismen zur internationalen Durchsetzungsfähigkeit von Innovationen und damit zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit beitragen (BMBF 2002). Auf Leitmärkte treffen eines oder mehrere der folgenden Kennzeichen zu (Gerybadze et al. 1997):

- eine Nachfragesituation, die durch hohe Einkommens- und niedrige Preiselastizitäten oder ein hohes Pro-Kopf-Einkommen gekennzeichnet ist,
- eine Nachfrage mit hohen Qualitätsansprüchen, großer Bereitschaft, Innovationen aufzunehmen, mit Innovationsneugier und hoher Technikakzeptanz<sup>3</sup>,
- Standards und Normen, die wegweisend für andere Länder sind (z. B. Pharmazeutika-Zulassungsverfahren in den USA),
- gute Rahmenbedingungen für rasche Lernprozesse bei Anbietern,
- ein spezifischer, innovationstreibender Problemdruck,
- ein funktionierendes System des Explorationsmarketing (Lead-User-Prinzipien),
- flexible, innovationsgerechte rechtliche Rahmenbedingungen für Anbieter und Nutzer.

---

<sup>3</sup> Zwar sind „Innovationsneugier“ und „Technikakzeptanz“ Faktoren, die auf einem Leitmarkt anzutreffen sind, doch ist die Interpretation, die Nachfrageseite sei in Leitmärkten „innovationsfreudiger“ oder „technikbegeisterter“, in dieser Pauschalität nicht haltbar: zum einen ist kein Land generell spät oder führend in der Anwendung von Innovationen; teilweise ist die Führungsrolle eines Landes sogar produktspezifisch. Zum anderen kommen in Lag-Markets durchaus innovative Anwendungen zum Einsatz, nur kann sich dieses Innovationsdesign letztlich nicht international durchsetzen (BMBF 2002, S. 107).

Beise (2001, 2002) nennt Marktstruktur-, Transfer-, Preis-/Kosten-, Nachfrage und Exportvorteile als Leitmarkt-Faktoren.

Die Analyse der Eigenschaften von Leitmärkten ist in technologie- und innovationspolitischer Hinsicht von großem Interesse, da sich aus erfolgreichen Beispielen lernen lässt, auf welche Weise und über welche Mechanismen die internationale Durchsetzungsfähigkeit von Innovationen begünstigt wird. Dieses Wissen könnte dazu dienen,

- in Feldern, in denen der Heimatmarkt Leitmarkt-Charakter hat, diesen Wettbewerbsvorteil in Exporterfolge und eine Erhöhung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit umzumünzen, sowie das Land in diesen Feldern als international attraktiven Wirtschaftsstandort zu vermarkten und auf diese Weise hochwertige Unternehmensbereiche und Arbeitsplätze anzuwerben,
- für die eigene Innovationstätigkeit (ausländische) Märkte gezielt anzusteuern, die Leitmarkt-Charakter aufweisen,
- im Inland Bedingungen zu schaffen, die einen Leitmarkt auszeichnen.

Diese Intentionen werden zurzeit jedoch dadurch begrenzt, dass sich in der Literatur bislang nur Studien finden, die Leitmärkte ex post für ausgewählte Produkte identifizieren. Für diese Produkte erklärt das Leitmarkt-Konzept retrospektiv durchaus überzeugend, wie bestimmte Markterfolge und entsprechende wettbewerbsstarke nationale Industrien entstanden sind. Der Versuch einer ex ante-Prognose ist hingegen noch nicht unternommen worden (Beise 2002).

### **3.3 Konvergenzen zwischen Technikakzeptanz- und Innovationsforschung**

Zusammenfassend lassen sich sowohl beim Zugang über die Technikakzeptanzforschung als auch beim Zugang über die Innovationsforschung zur Fragestellung dieses Forschungsvorhabens gleichsinnige Entwicklungen konstatieren. Gemeinsamkeiten in den beiden Zugängen bestehen in folgender Hinsicht:

- Wesentliche Bedeutung des Umfelds und der Rahmenbedingungen („Kontext“ bei Akzeptanz, „Institutionen“ bei Innovationssystemen).
- Verstärktes „in-den-Blick-nehmen“ der Markt-, Nutzer- und Nachfrageseite und ihrer Präferenzen (Technikakzeptanzforschung als „antizipierende gesellschaftliche Marktforschung“; Einschluss der Markt-, Nutzer- und Nachfrageseite in die zu berücksichtigenden Organisationen von Innovationssystemen, Leitmarkt-Konzept).

- Komplexe und rekursive statt einfacher, linearer Zusammenhänge; Erfordernis der differenzierten Betrachtung.

Gemeinsamkeiten bestehen auch im Hinblick auf die beim derzeitigen Stand der Forschung bestehenden Grenzen der Ansätze: zurzeit überwiegen retrospektive Analysen zur Erklärung vorgefundener Verhältnisse und es gibt kaum Erfahrungen mit der prospektiven Nutzung. Hierzu tragen der Mangel an Daten zu Veränderungen im zeitlichen Verlauf ebenso bei wie das Fehlen geeigneter Indikatoren und empirischer Methoden zur Messung der Qualität von Interaktionen und zu Veränderungen durch Lernprozesse.

### **3.4 Implikationen für die vorliegende Untersuchung**

Auf Grund der Konvergenzen zwischen Technikakzeptanz- und Innovationsforschung erscheint es möglich und sinnvoll, den Zusammenhang zwischen Akzeptanz, Nachfrage und Wettbewerbsvorteilen mit einem Zugang über einen Innovationssystemansatz zu untersuchen, in den empirische Erkenntnisse über Technikakzeptanz und Nachfragemuster eingebettet werden. Hierfür erscheint insbesondere das Konzept der „Technologischen Systeme“ in Kombination mit dem Leitmarkt-Konzept geeignet,

- da in der vorliegenden Studie ausgewählte Technologien, ihre Entwicklung, Diffusion und Anwendung auf Grund ihrer Schlüsselfunktion im Mittelpunkt stehen,
- dieses Konzept eine der modernen Innovations- und Technikakzeptanzforschung entsprechende, umfassende Betrachtungsweise ermöglicht, die das gesamte Innovationssystem mit seinen Akteuren (Akzeptanz- und Nachfragesubjekten), ihren Interaktionen und den für diese Interaktionen geltenden „Spielregeln“ (Akzeptanz- und Nachfragekontexte) in den Blick nimmt.

Somit wird in der vorliegenden Untersuchung ein Innovationssystem zu Grunde gelegt, das als historisch gewachsenes Gefüge an Wissensbeständen, Institutionen, Organisationen und Kontextbedingungen verstanden wird, das für die jeweilige Technologie innerhalb Deutschlands einen spezifischen Entwicklungskorridor für entsprechende Innovationen eröffnet. Durch Einbettung von Erkenntnissen zu Technikeinstellungen und -akzeptanz sowie Nachfragemuster in die umfassende Betrachtungsweise der „Technologischen Systeme“ wird es möglich, die jeweils relevanten Akzeptanz- und Nachfrage-Subjekte, -Objekte und -Kontexte zuzuordnen und in der gebotenen Differenziertheit zu analysieren. Zudem liefert das Leitmärkte-Konzept eine empirisch fundierte Basis, mit der über die Nachfrage eine Brücke zwischen Technikakzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit geschlagen werden kann.

Obwohl in Schlüsseltechnologiebereichen die Generierung relevanten Wissens international erfolgt und das Konzept der „Technologischen Systeme“ nationalstaatliche Grenzen überschreitet, wird in der hier vorliegenden Untersuchung der Analysefokus auf Deutschland gerichtet. Dies hat folgende Gründe:

- Die meisten empirischen Untersuchungen kommen zu dem Schluss, dass nationale Unterschiede in den Organisationen und Institutionen die Innovationsprozesse weiterhin in starkem Maße prägen,
- gemäß Aufgabenstellung soll speziell für Deutschland die Ausprägung von Akzeptanz und Nachfrage nach ausgewählten Technikanwendungen dargestellt werden, daraus Bereiche abgeleitet werden, die für deutsche Unternehmen entsprechend dem Leitmarkt-Konzept einen Wettbewerbsvorteil darstellen können und Empfehlungen für die künftige Gestaltung von Kommunikation und diskursiver Verständigung für Deutschland abgeleitet werden sollen.

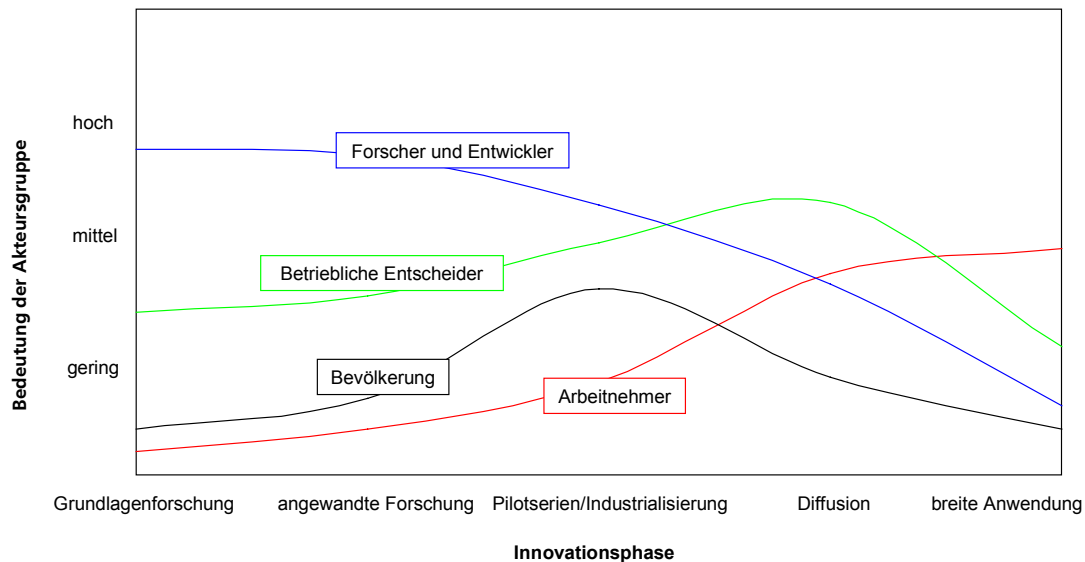
Ein wichtiger Teil dieses Projektes ist es, die vorhandenen Kenntnisse zu Technikakzeptanz und Nachfragemuster in den vom Auftraggeber ausgewählten Technologiefeldern zu ermitteln, auszuwerten und Forschungslücken zu identifizieren<sup>4</sup>. Aus pragmatischen Gründen ist es erforderlich, unter Beibehaltung der systemischen Betrachtungsweise strukturierende Hilfsmittel beizuziehen, die es ermöglichen, die ermittelten Informationen in das Gesamtsystem einzuordnen, ggf. gezielt nach Informationen zu „noch weißen Flecken“ zu suchen und auf diese Weise Forschungslücken zu identifizieren. Diese strukturierenden Hilfsmittel sollen außerdem die technologiefeldübergreifende Analyse unterstützen.

Als diese strukturierenden Hilfsmittel wurden zunächst für ausgewählte, charakteristische Technikanwendungen in den jeweiligen Technologiefeldern die zugehörigen Schwerpunkte der Innovationstätigkeit (z. B. Grundlagenforschung, angewandte Forschung, Entwicklung, Kommerzialisierung, Diffusion und Verwendung) ermittelt. Diesen Schwerpunkten der Innovationstätigkeit wurden die im betreffenden Technologiefeld jeweils relevanten Akteure und ihre Interaktionen zugeordnet. Abbildung 3.1 zeigt dies exemplarisch für das Technologiefeld „Produktionstechnik“. Sie verdeutlicht, dass sich die Bedeutung einzelner Akteursgruppen im Hinblick auf Technikakzeptanz und Nachfrage in Abhängigkeit von den Innovationsphasen ändert.

---

<sup>4</sup> Weitere Technik- bzw. Bedarfsfelder (Pflanzengentechnik, seniorengerechte Technik) wurden in parallel vergebenen Studien des Forschungsprogramms untersucht.

Abbildung 3.1: Stellenwert einzelner Akteursgruppen in Bezug auf Technikeinstellung und Techniknachfrage in Abhängigkeit von der jeweiligen Innovationsphase am Beispiel der Produktionstechnik



Zur Strukturierung wurden die ausgewählten Technikanwendungen auch dahingehend charakterisiert, auf welchen Stufen der Wertschöpfungskette sie zum Einsatz kommen bzw. kommen sollen. Je nachdem, ob es sich um ein Endprodukt bzw. eine Dienstleistung für den breiten Konsum oder für spezielle Nutzergruppen, um ein Produktionsmittel in der Industrie, ein Werkzeug in der Forschung o. Ä. handelt, sind jeweils andere Akteure und Kontextfaktoren zu berücksichtigen. Zudem sind die Akteure bzw. Akzeptanz- und Nachfragesubjekte dahingehend zu charakterisieren, ob sie lediglich Nutzer der jeweiligen Technikanwendung sind, ob sie auch über den Technikeinsatz entscheiden, oder ob sie von der Technikanwendung betroffen sind, ohne sie explizit zu nutzen und ohne über ihren Einsatz zu entscheiden.

### 3.5 Zusammenfassung

Erkenntnisse aus der Technikakzeptanz- und Innovationsforschung legen nahe, dass die Annahme eines einfachen, linearen und kausalen Zusammenhangs zwischen Akzeptanz, Nachfrage und Wettbewerbsvorteilen viel zu kurz greift. Vielmehr hat man es mit komplexen, mehrdimensionalen Wirkungsmechanismen mit vielfältigen Rückkopplungsschleifen und intervenierenden Faktoren zu tun.

Diese komplexen Verhältnisse erfordern bei der wissenschaftlich-analytischen Bearbeitung der Aufgabenstellung

- die Einbettung von Erkenntnissen zu Technikeinstellungen und -akzeptanz sowie Nachfragemuster in die gesamthafte Betrachtung des Innovationssystems. Hierfür wird der Zugang über das Konzept der „Technologischen Systeme“ gewählt, das die Entwicklung, Anwendung und Diffusion einer neuen Technologie in den Mittelpunkt stellt. Es wird als historisch gewachsenes Gefüge an Wissensbeständen, Institutionen, Organisationen und Kontextbedingungen verstanden, das für die jeweilige Technologie innerhalb Deutschlands einen spezifischen Entwicklungskorridor für entsprechende Innovationen eröffnet. Zudem liefert das Leitmärkte-Konzept eine empirisch fundierte Basis, mit der über die Nachfrage eine Brücke zwischen Technikakzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit geschlagen werden kann.
- eine breite Definition von „Technikakzeptanz“ und „Nachfrage“, die sowohl die Handlungs-, Einstellungs- und Wert- und Zielebene dieser Konstrukte berücksichtigt.
- innerhalb eines Technikfeldes die Differenzierung nach konkreten Technikanwendungen (Objekt) sowie den jeweils relevanten Subjekten und Kontexten. Als strukturierende Hilfsmittel werden hierbei die jeweils relevanten Innovationsphasen und Stufen der Wertschöpfungskette mit herangezogen.
- den Rückgriff auf ein breites Spektrum an Untersuchungsansätzen, methodischen Zugängen und Datenquellen, die ausgewertet und miteinander integriert werden müssen.

### 3.6 Zitierte Literatur

- Bartlett, A.; Ghoshal, S. (1990): Managing innovation in the transnational corporation. In: Bartlett, Ch.; Doz, Y.; Hedlund, G. (Eds): Managing the global firm. London: Routledge, S. 215-255
- Beise, M. (2001): Lead Markets: Country Specific Success Factors of the Global Diffusion of Innovations. Heidelberg: ZEW Economic Studies, Vol. 14
- Beise, M. (2002): Identifizierung von „Lead-Markets“: Ein neuer Ansatz einer globalen Produkteinführungsstrategie. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Die innovative Gesellschaft – Nachfrage für die Lead-Märkte von morgen. Reader zur Tagung am 19.4.2002. S. 63-68. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. April 2002, 96 S.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2002): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2001. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung
- Carlsson, B.; Stankiewicz, R. (1995): On the nature, function, and composition of technological systems.- In: Carlsson, B. (Hrsg.): Technological systems and economic performance: The case of factory automation. Boston: Kluwer Academic Publishers, S. 21-56



- Dierkes, M.; Hoffmann, U.; Marz, L. (1992): Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen. Berlin
- Dierkes, M.; Marz, L. (1991): Technikakzeptanz, Technikfolgen und Technikgenese. Zur Weiterentwicklung konzeptioneller Grundlagen der sozialwissenschaftlichen Technikforschung. In: Jaufmann, D.; Kistler, E. (Hrsg.) (1991): Einstellungen zum technischen Fortschritt. Technikakzeptanz im nationalen und internationalen Vergleich. Frankfurt, New York: Campus Verlag, S. 157-187
- European Commission (2000): The Europeans and biotechnology. Eurobarometer 52.1. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
- European Commission (2001): Europeans, science and technology. Eurobarometer 55.2. Brussels: Directorate-General for Press and Communication, Public Opinion Sector
- Gerybadze, A.; Meyer-Krahmer, F.; Reger, G. (1997): Globales Management von Forschung und Innovation. Stuttgart: Schäffer-Poeschel
- Hampel, J. (1999): Medien und Gentechnik. Analyse der Hintergründe und Wirkungen der Berichterstattung über die Gentechnik in den Medien. Eine Zusammenstellung von Ergebnissen des Verbundprojekts „Chancen und Risiken der Gentechnik aus der Sicht der Öffentlichkeit“. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, 32 S.
- Hecker, F. (1997): Die Akzeptanz und Durchsetzung von Systemtechnologien. Marktbearbeitung und Diffusion am Beispiel der Verkehrstelematik. Dissertation, Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität des Saarlandes, Saarbrücken
- Hennen, L. (1994): Ist die (deutsche) Öffentlichkeit „technikfeindlich“? Ergebnisse der Meinungs- und Medienforschung. Bonn: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, 41 S.
- Jaufmann, D. (2002): Technikakzeptanz in Deutschland und im internationalen Vergleich. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Die innovative Gesellschaft – Nachfrage für die Lead-Märkte von morgen. Reader zur Tagung am 19.4.2002. S. 21-26. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. April 2002, S. 21-26
- Jaufmann, D.; Kistler, E. (Hrsg.) (1991): Einstellungen zum technischen Fortschritt. Technikakzeptanz im nationalen und internationalen Vergleich. Frankfurt, New York: Campus Verlag, 191 S.
- Jaufmann, D.; Kistler, E.; Jänsch, G. (Hrsg.) (1989): Jugend und Technik. Wandel der Einstellungen im internationalen Vergleich. Frankfurt, New York: Campus Verlag, 342 S.
- Kimpeler, S. (2002): Kritische Diskursanalyse der Medienberichterstattung am Beispiel des Ethnizismus. In: Scholl, A. (Hrsg.): Systemtheorie und Konstruktivismus in der Kommunikationswissenschaft. Konstanz: UVK-Verl.Ges., S. 197-213
- Kistler, E.; Jaufmann, D. (Hrsg.) (1990): Mensch - Gesellschaft - Technik. Orientierungspunkte in der Technikakzeptanzdebatte. Schriftenreihe "Technik, Wirtschaft und die Gesellschaft von Morgen". Vol. Band 2, Opladen: Leske + Budrich, 276 S.
- Kline, S. J.; Rosenberg, N. (1986): An overview on innovation. In: Landau, R.; Rosenberg, N. (Hrsg.): The positive sum strategy. Harnessing technology for economic growth. Washington D. C.: National Academy Press, S. 275-305

- Köberle, S.; Gloede, F.; Hennen, L. (Hrsg.)(1997): Diskursive Verständigung? Mediation und Partizipation in Technikkontroversen. Forum Kooperative Politik Band 1. Baden-Baden: Nomos-Verlagsgesellschaft, 263 S.
- Kohring, M. (2001): Vertrauen in Medien - Vertrauen in Technologie. Arbeitsbericht Nr. 196. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, 115 S.
- Kohring, M.; Görke, A.; Ruhrmann, G. (1999): Das Bild der Gentechnik in den internationalen Medien – eine Inhaltsanalyse meinungsführender Zeitschriften. In: Hampel, J.; Renn, O. (Hrsg.): Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Frankfurt, New York: Campus, S. 292-316
- Lucke, D. (1995): Akzeptanz. Legitimität in der „Abstimmungsgesellschaft“. Opladen: Leske + Budrich, 452 S.
- Lundvall, B. A. (1988): Innovation as an interactive process - from user-producer interaction to the National System of Innovation. In: Dosi, G. et al. (Hrsg.): Technical change and economic theory. London: Pinter, S 349-369
- Malerba, F. (1999): Sectoral Systems of Innovation and Production. Milano: CESPRI, Bocconi University
- Marris, C.; Wynne, B.; Simmons, P.; Weldon, S. (2001): Public Perceptions of Agricultural Biotechnologies in Europe. Final Report of the PABE Research Project. Lancaster: Centre for Study of Environmental Change, Lancaster University
- Merten, K. (1999): Die Berichterstattung über Gentechnik in Presse und Fernsehen – eine Inhaltsanalyse. In: Hampel, J.; Renn, O. (Hrsg.): Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Frankfurt, New York: Campus, S. 317-339
- Meyer-Krahmer, F. (1999): Was bedeutet Globalisierung für Aufgaben und Handlungsspielräume nationaler Innovationspolitiken? In: Grimmer, K.; Kuhlmann, S.; Meyer-Krahmer, F. (Hrsg.): Innovationspolitik in globalisierten Arenen. Opladen: Leske + Budrich, S. 43-73
- Ohme-Reinicke, A. (2000): Moderne Maschinenstürmer. Zum Technikverständnis sozialer Bewegungen seit 1968. Frankfurt/M., New York: Campus Verlag, 226 S.
- Peters, H. P. (1999a): Rezeption und Wirkung der Gentechnikberichterstattung. Arbeiten zur Risikokommunikation. Heft 71. Jülich: Forschungszentrum Jülich
- Peters, H. P. (1999b): Kognitive Aktivitäten bei der Rezeption von Medienberichten über Gentechnik. In: Hampel, J.; Renn, O. (Hrsg.): Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Frankfurt, New York: Campus, S. 340-382
- Porter, M. E. (1986): Changing Patterns of International Competition. California Management Review 28 (2), S. 9-40
- Renn, O.; Rohrman, B. (Hrsg.)(2000): Cross-cultural risk perception – a survey of empirical studies. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 240 S.
- Renn, O.; Zwick, M. M. (1997): Risiko- und Technikakzeptanz. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 203 S.
- Schenk, M. (1999): Gentechnik und Journalisten. In: Hampel, J.; Renn, O. (Hrsg.): Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Frankfurt, New York: Campus, S. 257-291

- Schoser, C. (2001): Der Zusammenhang zwischen Innovationstätigkeit und Technikakzeptanz in Deutschland und Frankreich. Osnabrück: Der Andere Verlag, 285 S.
- Wieland, B. (1987): Empirische Untersuchungen zur Technikakzeptanz – Resultate und Probleme. Arbeitspapier No. 7/87. Mannheim: Forschungsstelle für gesellschaftliche Entwicklungen, Universität Mannheim
- Zwick, M. M. (1998): Wertorientierungen und Technikeinstellungen im Prozess gesellschaftlicher Modernisierung. Das Beispiel der Gentechnik. Abschlussbericht. Arbeitsbericht Nr. 106. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- Zwick, M. M.; Renn, O. (1998): Wahrnehmung und Bewertung von Technik in Baden-Württemberg. Stuttgart: Akademie für Technikfolgen-Abschätzung in Baden-Württemberg, 76 S.



## 4. Analyse des Technologiefeldes „Produktionstechnik“

### 4.1 Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung

In einem weiten Sinne kann man Produktionstechnik als Summe aller Technologien und Einzeltechniken verstehen, die in Industriebetrieben zur Herstellung von Produkten eingesetzt werden. Sie kann aufgeteilt werden in die Verfahrenstechnik, die chemische, biologische und physikalische Umwandlungsprozesse von Rohstoffen umfasst, und die Produktions- oder Fertigungstechnik im engeren Sinne, die auf die mechanische Bearbeitung und das Handling von Materialien und Teilen zielt. Die Übergänge zwischen Verfahrens- und Fertigungstechnik sind teilweise fließend. Die Analysen für diese Studie konzentrieren sich vereinbarungsgemäß auf Produktionstechnik im engeren Sinne. Hierfür liegen im Fraunhofer ISI auch eigene empirische Daten vor. Die Verfahrenstechnik ist dem gegenüber bereits vielfach Gegenstand von TA-Untersuchungen gewesen, insbesondere in den Bereichen Energieerzeugung, Groß-Chemie, Bio- und Gentechnik.

Die Analyse der Produktionstechnik im engeren Sinne bedarf aber in einer anderen Richtung einer Ausweitung des Blicks. Technik ist in modernen Produktionskonzepten in vielfacher Weise mit Organisationslösungen und Managementprinzipien verknüpft. Dabei beeinflusst nicht nur der Technikeinsatz die Organisations- und Managementkonzepte, sondern umgekehrt muss man ebenso die Anforderungen von neuen organisatorischen Lösungen an den Technikeinsatz sehen. Insofern kann man nicht allein die Einstellung zur Produktionstechnik betrachten, sondern muss auch die Bewertung von Organisationsprinzipien einbeziehen. Die Einbettung innovativer Produktionstechnologien in Organisationslösungen sowie die bei der Einführung und Nutzung der Techniklösungen angewandten Managementmethoden sind nicht nur ein wichtiger Faktor für die Technikakzeptanz, sondern bestimmen auch die Nachfragemuster von Produktionstechnik mit. Die jeweiligen Organisationsformen und Managementmethoden haben insofern einen ähnlichen Charakter wie verschiedene Anwendungen einer Technologie. Sie können ebenfalls die Akzeptanz der Produktionstechnik beeinflussen bzw. werden selbst mehr oder weniger akzeptiert.

Das Technologiefeld Produktionstechnologie weist eine spezifische Konstellation von betrieblichen Entscheidern, unmittelbaren Nutzern und der Allgemeinheit auf. Gleichzeitig haben die Anbieter dieser Techniken, der deutsche Maschinenbau, einen – in historischer Perspektive – nachhaltigen Wettbewerbserfolg erlebt (s. z. B.

Vieweg et al. 2001; Grupp et al. 2002, Kriegbaum et al. 1997). Die Analyse der Produktionstechnik im engeren Sinne und ihrer organisatorischen Einbindung verspricht deshalb interessante Erkenntnisse über die Zusammenhänge von Technikakzeptanz, Nachfragemustern und Standortvorteilen in einem reifen Technologiefeld. Abschnitt 4.2 dieses Kapitels gibt einen Überblick über das Technologiefeld und die wichtigsten sozioökonomischen Eckdaten. Darüber hinaus werden die wichtigsten Dimensionen der Wettbewerbsfähigkeit und Standortvorteile im Technologiefeld Produktionstechnik diskutiert.

In Technikakzeptanzstudien spielt Produktionstechnik im engeren Sinne gegenwärtig keine zentrale Rolle. Auch die industriesoziologische Beschäftigung mit produktionstechnologischen Innovationsprozessen nimmt den Aspekt der Akzeptanz der Technik durch die betroffenen Arbeitnehmer aktuell meist nicht mehr explizit auf. In Abschnitt 4.3 werden zunächst Ergebnisse ausgewählter Untersuchungen kurz vorgestellt. Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht die Analyse der Determinanten für die Akzeptanz und die Diffusion von innovativen Produktionstechnologien auf der Basis der Erhebung *Innovationen in der Produktion* des Fraunhofer ISI. Die hier verwendeten Daten über Einstellungen zu innovativen Produktionskonzepten und -techniken sowie deren Diffusion entstammen der Befragung vom Herbst 1999 bei 1.442 Betrieben der Metall- und Elektroindustrie (vgl. Eggers et al. 2000).

## **4.2 Charakterisierung des Technologiefeldes**

### **4.2.1 Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen**

Produktionstechniklösungen sind in der Regel Produkte des Maschinen- und Anlagenbaus, wenn auch ein großer Teil insbesondere der informationstechnischen Komponenten aus anderen Branchen des verarbeitenden Gewerbes bezogen wird. Das Produktspektrum des Maschinen- und Anlagenbaus ist breit: es reicht von der mess- und steuerungstechnischen Komponente über die Handhabungstechnik (z. B. Industrieroboter) bis zu branchenspezifischen Maschinen. Die Förder- und Handhabungstechnik sowie der Werkzeugmaschinenbau, die wohl im öffentlichen Bewusstsein vorrangig als Produktionstechnik wahrgenommen werden, sind die beiden größten Fachzweige, decken aber gemeinsam nur 15 % des Umsatzes im Maschinenbau ab. Der Maschinen- und Anlagenbau ist von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung für die Bundesrepublik Deutschland: Die fast 7.000 Betriebe des Maschinenbaus erwirtschafteten im Jahr 2000 bei einer Exportquote von 48 % einen Umsatz von 305 Milliarden DM (Statistik des produzierenden Gewerbes, Statistisches Bundesamt 2001). Der Maschinenbau trägt damit überdurchschnittlich zum deutschen Export bei und steht für etwa ein Viertel des Umsatzes im Produzieren-

den Gewerbe. Von den 6,4 Millionen Beschäftigten des Verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2000 sind knapp eine Million in Unternehmen des Maschinenbaus angestellt; dies sind mehr, als in der Automobilindustrie beschäftigt sind.

Die Vorstellung, der Maschinenbau sei eine im Zuge der Tertiärisierung (zumindest in Deutschland) aussterbende Branche, dürfte auch auf lange Sicht unzutreffend sein (vgl. z. B. Vieweg et al. 2001). Zum einen konnte die Branche ihre Exportstärke nicht nur halten, sondern kontinuierlich ausbauen, obwohl in einigen Teilbereichen wie z. B. bei Textilmaschinen praktisch keine Heimmärkte mehr existieren. Zum anderen ist es ihr gelungen, sich nach den „fetten Jahren“ der Technikeuphorie in den 1980er-Jahren (wie z. B. vollautomatische Produktion, Expertensysteme, CIM) auf die veränderten Marktbedingungen einzustellen: es findet eine zunehmende Verschränkung von Technikeinsatz und Organisation statt. Dementsprechend orientieren sich die Unternehmen der Branche vom einzelnen Produkt hin zur Problemlösung für ihre Kunden und bieten zunehmend produktbegleitende Dienstleistungen an (Lay 2000). Dies kann im Extremfall bis zu so genannten Betreibermodellen gehen, bei denen eine Produktionseinrichtung nicht mehr verkauft, sondern für den – und in der Regel bei dem – Kunden betrieben wird. Somit ist zurzeit nach Phasen der Technikeuphorie und der Managementmoden (wie „Lean Production“, „Business Reengineering“, TQM, Kernkompetenz/„Outsourcing“, usw.) eine gewisse Ernüchterung eingetreten, die Raum für eine ganzheitlichere Sichtweise von Produktionssystemen eröffnet.

Die Entwicklung der Produktionstechnik selbst verspricht in diesem Jahrzehnt keine dramatischen Innovationen und Umbrüche. Dies machen eine Reihe von Zukunftsstudien deutlich, die in den letzten Jahren durchgeführt worden sind (Spur 1997, Delphi 98, Klocke et al. 2000). Die Stichworte, die in diesem Zusammenhang diskutiert werden, sind u. a.: Parallelkinematiken, Hochgeschwindigkeits- und Hochpräzisionsbearbeitung, Mikrofertigungsverfahren, Miniaturisierung, neue Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnik, neue Wege der Oberflächenbehandlung, Nanotechnologie und – sehr langfristig – auch der Eingang biotechnologischer Verfahren. Spur und Nachmayr (1997) nennen als zukünftige Schlüsseltechnologien für den Maschinenbau: Sensorik und Aktorik, Informationstechnik, Optoelektronik, Umwelttechnik, Mikroelektronik, Werkstofftechnik, Energie- und Verfahrenstechnik, Biotechnik, Elektrotechnik, Mikrosystemtechnik, Medizintechnik. Einzelne der Technik- und Produktperspektiven beinhalten neue Risiken, wie mögliche Belastungen der Nutzer durch neue Arbeitsstoffe oder unbekannte Emissionen am Arbeitsplatz. Allerdings ist ihr Einsatz zumeist später als in vielen anderen Technikfeldern zu erwarten und kann somit auf den dort stattfindenden Diskussionen und gesammelten Erfahrungen aufsetzen.

#### **4.2.1.1 Entwickelte Politik in einem reifen Technologiefeld mit vorrangig inkrementaler Innovation**

Produktionstechnik kann also als ein reifes Technologiefeld angesehen werden, und die Folgen technischer Innovationen sind besser abzuschätzen als in anderen Technologiefeldern. Die Einführung neuer Bearbeitungsverfahren oder neuer Werkzeugmaschinenkonzepte, wie zuletzt das Hexapoden-Konzept, stellen meist keine radikalen Umbrüche dar, sondern schließen an mehrere Generationen vorangegangener Innovationen an. Im Maschinenbau dominiert die angewandte Forschung und Entwicklung. Die FuE-Aufwände sind vergleichsweise gering. Dennoch gab der Maschinenbau 1997 intern mehr als 6 Milliarden DM für FuE aus (BMBF 2000). Das Gros der Innovationen sind kunden- oder nachfragegetriebene Detailänderungen. Allerdings verstärkt sich die Wissenschaftsbindung, nicht zuletzt durch den stark angewachsenen Wertschöpfungsanteil der Informationstechnik. Die Hersteller-Kunden-Beziehung („lead user“) hat traditionell eine starke Bedeutung. Insofern liegen häufig Vertrauensbeziehungen den Implementationsentscheidungen insbesondere der Pilotanwender zu Grunde.

Vor diesem Hintergrund betreiben die staatlichen Institutionen eine stark anwendungsorientierte Technologiepolitik, vor allem im Rahmen des Programms Fertigungstechnik, das immerhin jährlich etwa 60 Millionen DM an Fördermitteln bereitstellt, aber auch in zahlreichen, quer liegenden Fachprogrammen (z. B. umweltorientierte Technologieentwicklungsprogramme, innovative Arbeitsgestaltung) oder als Bestandteil der so genannten Leitprojekte. Das verbreitete Verständnis der Produktionstechnik als Schlüssel für Produktivität und die Bedeutung des Maschinen- und Anlagenbaus für die Beschäftigung führte zu einer starken Berücksichtigung produktionstechnischer Investitionen in den Instrumenten der Industrie- und Regionalpolitik (Investitionszuschüsse, Abschreibungsregeln, etc.). Die Politik kann also als grundsätzlich nachfragefördernd bezeichnet werden.

Hinzu kommt eine lange Tradition der Regulierung von Risiken der Produktionstechnik, z. B. in zahlreichen Standards und Normen (wie der Maschinenrichtlinie der EU) und mit Hilfe eines ausgebauten und eingeschliffenen Netzes der technischen Überwachung (TÜV, Gewerbeaufsichtsämter, Institution der Arbeitssicherheitsbeauftragten, ...). Die Qualifizierung für die Nutzung innovativer Produktionstechnik ist im dualen System der Ausbildung stark verankert und die technische Qualifizierungsinfrastruktur ist in der Regel gut ausgebaut. Die Unternehmen selbst sind als Anbieter (Schulung als produktbegleitende Dienstleistung) wie auch Anwender in hohem Maße Träger der produktionstechnischen Aus- und Weiterbildung. Technische Hochschulen und Fachhochschulen mit zahlreichen ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen und einer ausgebauten Arbeitswissenschaft komplettieren das Aus- und Weiterbildungsangebot.



#### 4.2.1.2 Internationale Wettbewerbsposition der Bundesrepublik in der Produktionstechnik und ihre Bestimmungsfaktoren

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau und seine Wettbewerbsposition waren in jüngster Zeit wieder Gegenstand spezifischer Analysen u. a. im Rahmen des Berichtes zur technologischen Leistungsfähigkeit der Bundesrepublik für das BMBF (Grupp et al. 2002) sowie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter der Perspektive von Globalisierung und „New Economy“ (Viehweg et al. 2001). Nahezu unabhängig davon, welche Indikatoren man verwendet, stellt sich die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in der Produktionstechnik zusammenfassend als außerordentlich gut dar, wenn auch nicht ohne Risiken.

Mit Produkten des Maschinenbaus wird regelmäßig ein großer Anteil der deutschen Exportüberschüsse erzielt. Der deutsche Maschinenbau spielt eine führende Rolle auf dem Weltmarkt, aktuell mit 18,1 % Anteil auf Platz 2 hinter den Vereinigten Staaten mit 18,9 %. Tabelle 4.1 zeigt, dass die Position des deutschen Maschinenbaus auf dem Weltmarkt in den Kernbereichen der Produktionstechnik sogar noch stärker ist. Besondere Stärken sind die Ölhydraulik und Pneumatik, die Druck- und Papiertechnik sowie die Textilmaschinen. Abnehmer sind die führenden Industrieländer. Eine hohe „Eigenversorgungsquote“ in vielen Fachzweigen, wie z. B. im Werkzeugmaschinenbau, aber auch die Fähigkeit, hohe Weltmarktanteile zu konservieren, ohne dass, wie z. B. in der Textilindustrie, noch ein nennenswerter Heimmarkt existiert, unterstreichen die Wettbewerbsstärke.

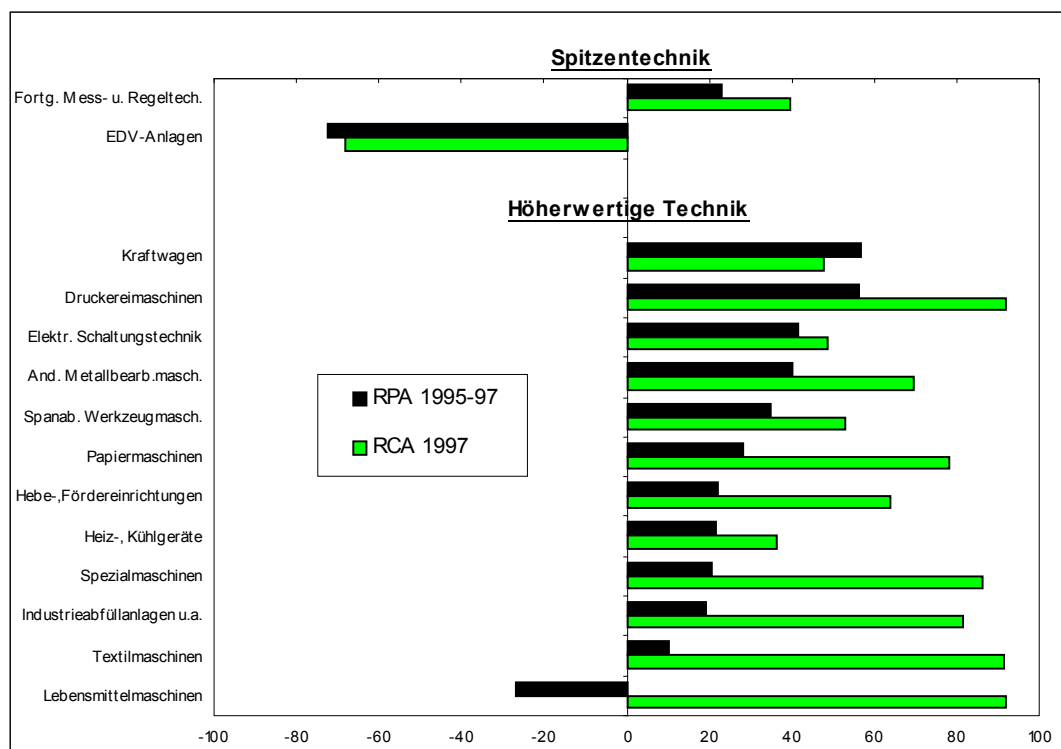
Tabelle 4.1: Anteile ausgewählter Fachzweige am Produktionswert des Maschinenbaus und Welthandelsanteile 1999

	Anteil am Produktionswert des deutschen Maschinenbaus	Welthandelsanteil
Förder- und Handhabungstechnik (ohne Aufzüge und Fahrtreppen)	8 %	19 %
Werkzeugmaschinen	7 %	19 %
Antriebstechnik	6 %	24 %
Druck- und Papiertechnik	6 %	32 %
Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen	5 %	25 %
Präzisionswerkzeuge	5 %	21 %
Landtechnik	3 %	19 %
Kunststoff- und Gummimaschinen	3 %	23 %
Flüssigkeitspumpen	3 %	21 %
Textilmaschinen	3 %	30 %
Ölhydraulik und Pneumatik	2 %	36 %
Holzbearbeitungsmaschinen	2 %	29 %
Hütten- und Walzwerkseinrichtungen	1 %	29 %
Prüfmaschinen	1 %	24 %

Quelle: VDMA (Hrsg.), Wer baut Maschinen in Deutschland, 63. Ausgabe 2001

Hinsichtlich der technologischen Leistungsfähigkeit attestieren die Berichte des BMBF (Grupp et al. 2002, Licht et al. 2000) in den einschlägigen Feldern der höherwertigen Technik regelmäßig komparative Vorteile, die zuletzt sogar ausgebaut werden konnten. Dabei erweist sich Deutschland in der Produktionstechnik auch als erfolgreicher Integrator von Spitzentechnologien wie z. B. der Informationstechnik, die traditionell keine deutsche Stärke darstellen (s. a. Abb. 4.1). Die im Rahmen der jüngsten deutschen Delphi-Studie befragten Experten beurteilten den FuE-Stand Deutschlands in der Produktionstechnik ebenfalls im Schnitt als – gemeinsam mit den USA – führend (Cuhls et al. 1998).

Abbildung 4.1: Technologie- und Handelsportfolio Deutschlands bei FuE-intensiven Waren des Maschinenbaus (EDV-Anlagen und Kraftfahrzeuge zum Vergleich)



RPA (Relative Patentaktivitäten): Positives Vorzeichen bedeutet, dass der Anteil an den Patenten auf diesem Gebiet höher ist als bei den Patenten insgesamt.

RCA (Revealed Comparative Advantage): Positives Vorzeichen bedeutet, dass die Export/Import-Relation bei dieser Produktgruppe höher ist als bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt

Quelle: EPAT. - Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Was sind die Bestimmungsfaktoren der Standortvorteile Deutschlands in der Produktionstechnik? Auf der Basis der einschlägigen Analysen können sie in folgenden Blöcken zusammengefasst werden:

- (1) Eine im Laufe der industriellen Entwicklung gewachsene Spezialisierung mit dem parallelen Aufbau der entsprechenden Infrastruktur insbesondere im Forschungs- und Beratungsbereich (produktionstechnische Lehrstühle, spezialisierte Fraunhofer-Institute, Verbandseinrichtungen wie z. B. die Technologiezentren des VDI, die AIF, usw.).
- (2) Eine Nachfragestruktur, die Leitmärkte für fertigungstechnische Ausrüster insbesondere im Automobil- aber auch im Maschinenbau-Cluster selbst bietet (Gerybadze et al. 1997), und gleichzeitig gesellschaftliche Rahmenbedingungen, die z. B. durch das Arbeitskräfte- bzw. Qualifikationsangebot (duale Facharbeiterausbildung) die Adoption avancierter Produktionstechniken begünstigen.
- (3) Ein spezifisches Produktionsparadigma, das inkrementale Innovationen bevorzugt (Naschold et al. 1997), wie sie für den Maschinenbau – zumindest bisher – typisch sind. Dieses Paradigma ist unter anderem durch die relative Nähe von Entwicklung und Produktion, ein enges Regime der Beschäftigungsbedingungen, einen stillschweigenden Modernisierungspakt zwischen der Arbeitgeber- und der Arbeitnehmerseite gekennzeichnet.
- (4) Eine gute Know-how-Basis in qualifizierter Produktionsarbeit und Entwicklung und Konstruktion, die einen robusten, wenn auch „nur“ inkrementalen, Innovationsmodus mit maßgeschneiderten Lösungen ermöglicht. Eine Schwäche ist aber die Dominanz der Techniker mit der Gefahr des „Over-Engineering“ und mangelnder Kostenorientierung, sowie mangelnder Öffnung nach außen (z. B. Kalkowski et al. 1995, Lippert 1999, Lay und Schirrmeister 2001). Zudem werden in den letzten Jahren zunehmend Engpässe bei den Fachkräften, insbesondere Ingenieuren, konstatiert (z. B. Grupp et al. 2002).
- (5) Eine im Vergleich zur internationalen Konkurrenz – mit Ausnahme von Schweden und Dänemark – überdurchschnittliche, in den letzten Jahren allerdings abnehmende FuE-Intensität mit auch im Branchenvergleich hohen Anteilen von FuE-Kooperationen mit Forschungseinrichtungen sowie hohen Innovationsraten gemessen am Anteil des mit neuen Produkten erzielten Umsatzes (Grupp et al. 2002)

Offenbar rühren deutsche Standortvorteile in der Produktionstechnik aus einem (historischen) Wechselspiel von Technologiekompetenz auf der Angebotsseite und förderlichen, durch hohe Adoptionsfähigkeit gestützten Nachfragemustern.

#### **4.2.2 Akteure**

Wenn man als Akzeptanzsubjekte Personen oder Personengruppen versteht, die Einstellungen zur Technik entwickeln und mit ihrer Technikakzeptanz Einfluss auf deren Nutzung ausüben (können), erkennt man für die Produktionstechnik eine spezifische Akteurskonstellation:

- Die Öffentlichkeit hat nur eine sehr mittelbare, begrenzte Wirkung auf die Nachfragemuster nach Produktionstechnik, denn die Rolle des Bürgers als Konsument oder Anwender spielt ja praktisch keine Rolle. Anders als viele andere Technikfelder steht die Produktionstechnik aktuell auch nicht so sehr im Blickfeld der allgemeinen Öffentlichkeit. Je stärker die öffentliche Sensibilität ist, umso eher werden sich verbreitete Einstellungen zur Technik aber z. B. auf die Setzung von Rahmenbedingungen durch die Politik oder die Einstellungen der unmittelbaren Entscheidungsträger niederschlagen.
- Die verantwortlichen Manager oder die Eigentümer im Betrieb sind die wichtigsten Akzeptanzsubjekte, denn sie treffen unter – zumindest unbewusster – Einbeziehung ihrer Einstellungen Investitions- bzw. Kauf- und Einsatzentscheidungen zu Produktionstechnologien. Sie gehören häufig organisierten Berufsgruppen an (wie den Ingenieuren mit ihren Vereinen VDI bzw. VDE). Technik-Leitbilder (Dierkes et al. 1992) und Diskussionen in solchen „Peergroups“ wirken somit hier als Medien der Technikeinstellungen. Allerdings prägt nicht zu vorderst die Technikeinstellung des Entscheiders, sondern vielmehr eine Vielzahl „rationaler“ Argumente und Bedarfe die konkreten Entscheidungen und damit die Nachfragemuster.
- Arbeitnehmer als Betroffene und Nutzer von Produktionstechnik haben zum Einen nicht selten eine Mitentscheiderrolle, welche und wie Technik eingeführt wird (z. B. Braczyk et al. 1987). Zum Anderen entscheiden sie trotz der besonderen Abhängigkeiten in einem Arbeitsverhältnis in starkem Maße, ob oder zumindest wie sie die Technik nutzen. Sie haben dabei insbesondere ein erhebliches Obstruktionspotenzial. Insofern können die Technikeinstellungen von Arbeitnehmern, die mit Produktionstechnik unmittelbar umgehen, Nutzungseffizienz und Nachfragemuster deutlich beeinflussen. Dies war auch der Ausgangspunkt industriesoziologischer und arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen (s. Abschnitt 4.3.1).
- Schließlich sind die Betriebs- und Personalräte zu nennen, die im Rahmen des Betriebsverfassungsgesetzes unter bestimmten Bedingungen und mit bestimmten Zielsetzungen den Technikeinsatz im Betrieb mitgestalten können und so ebenfalls Nachfragemuster beeinflussen. Sie prägen dabei auch die Einstellungen zur Technik bei den Beschäftigten mit. Die individuelle Technikeinstellung bei betrieblichen Interessenvertretern ist aber wiederum nur ein Bestandteil einer interessenbezogenen Technikbewertung, welche die Grundlage für die Einflussnahme auf betriebliche Technikentscheidungen im Rahmen der Handlungsmöglichkeiten der Arbeitnehmervertretung bildet.

Neben der Ebene der einzelnen Personen oder Personengruppen ist es auch sinnvoll die Ebene der Institution und Organisationen zu betrachten, da hier spezifische Konfliktlinien verlaufen und Interessengegensätze auftreten. Die Unterscheidung zwischen Herstellern bzw. Entwicklern auf der einen und den Nachfragern der Produktionstechnik auf der anderen Seite ist dabei eine wichtige Perspektive. Produ-

zenten und Anwender sind relevante Akteursgruppen für die Produktionstechnik mit eigenen Handlungslogiken:

- Produktionstechnische Innovationen greifen bei zunehmender Wissenschaftsbindung auf viele verschiedene wissenschaftlich-technische Disziplinen zurück. Gleichzeitig sind die Entwicklungsabteilungen des Maschinenbaus relativ homogen mit (Maschinenbau-)Ingenieuren besetzt, wenn man von der inzwischen stark angewachsenen informationstechnischen Fraktion absieht (Hirsch-Kreinsen und Seitz 1999). Neben den produktionstechnischen Ausrüsterfirmen selbst stellen Einrichtungen und Verbände im FuE-Bereich wichtige Akteursgruppen dar, die Technikeinstellungen prägen und mit eigenen Interessen verbinden. Beispiele sind die Fachgruppen des VDMA, die AIF-Institute, die Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP), der Fraunhofer-Verbund Produktionstechnik, die IT-Hersteller/Entwickler oder auch Grundlagenforschungsbereiche etwa in der Materialwissenschaft.
- Die Kunden des Maschinenbaus (s. Tab. 4.2) repräsentieren z. B. nach Branchen oder Ländern differenzierte Anwendungen von Produktionstechnik. Teilweise können dabei gleiche Basistechnologien jeweils unterschiedlich bewertet werden. Lärm und Emissionen, die im Baugewerbe noch akzeptiert werden, sind im Dienstleistungsbereich unter Umständen völlig inakzeptabel. Mit Verschiebungen in den Nachfrager- und Nutzergruppen können sich Anforderungen an Technik und ihre Bedeutung für die Nachfragemuster verändern. Die zunehmende Bedeutung der Dienstleistungsbranchen als Abnehmer könnte ein Mehr an kritischer Techniksicht bedeuten, denn die Anforderungen an die „Verträglichkeit“ sind höher, insbesondere im Hinblick auf Auswirkungen auf die Arbeitsumgebung. Mit abnehmenden Zahlen „produzierender“ Arbeitnehmer und damit Betroffener an der Gesamtbevölkerung könnten die Einstellungen zu innovativen Produktionstechniken in der Bevölkerung für Entscheider an Bedeutung verlieren.

Technikeinstellungen werden nicht zuletzt durch (Fach-)Politiken, Intermediäre und Fachöffentlichkeit geprägt. Das reife Technologiefeld Produktionstechnik hat hier eine gewachsene, spezialisierte „Infrastruktur“ mit Fachreferaten in Bundes- und Landesministerien wie auf EU-Ebene, mit einer Art ständischer Interessenvertretung durch einschlägige Gesellschaften des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI), mit zahlreichen, z. T. sehr spezialisierten Fachzeitschriften, mit einer Vielfalt von Technologietransfer-Einrichtungen und Lobby-Gruppen (z. B. AWF, AIF, NC-Gesellschaft, CIM-OSA-Verein, Steinbeiss-Zentren, Kompetenz- und Demozentren insbesondere an Unis, gewerkschaftliche Technologieberatungsstellen), sowie – allerdings in den letzten Jahren ausgedünnt – technischen und technologiepolitischen Kompetenzen bei Gewerkschaften und Arbeitgeberverbänden.

Tabelle 4.2: Kunden des Maschinen- und Anlagenbaus

	Absatzanteil
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	3,4 %
Chemie, Mineralölverarbeitung	5,5 %
Steine und Erden, Feinkeramik, Glasgewerbe	3,1 %
Maschinenbau, Büromaschinen, Informationstechnik	22,1 %
Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau, Schiffbau	10,4 %
Elektrotechnik	6,8 %
Nahrungs- und Genussmittelgewerbe	4,3 %
Baugewerbe	6,2 %
Sonstige Industriezweige	19,1 %
Handel und Dienstleistungen	19,1 %

Quelle: Statistisches Handbuch für den Maschinenbau, Ausgabe 2000, VDMA Verlag

### 4.2.3 Risiken und Konfliktpotenziale

Die Produktionstechnik ist ein reifes Technologiefeld. Insofern hat sich die Bedeutung der Risikofelder oder Wirkungskategorien im Zeitverlauf gewandelt. Am Anfang stand der unmittelbare Gesundheitsschutz im Vordergrund. Dann gerieten die Arbeitsbedingungen und Beschäftigungsfolgen verstärkt in den Blick. Umweltwirkungen wurden teilweise parallel dazu, aber nicht in der gleichen Intensität diskutiert. Und aktuell rücken die Wechselwirkungen von Organisation, Technikeinsatz und Arbeitsinhalten/Arbeitsautonomie in den Mittelpunkt (vgl. z. B. Brödner und Knuth 2002). Langfristig werden im Zuge des Nachhaltigkeitsgedankens eine integrierte Sichtweise von Produkt und Produktionsprozess und die ökologischen und gesellschaftlichen Aspekte aber vermutlich wieder an Bedeutung gewinnen.

Bei den Risiken und Konfliktpotenzialen der Produktionstechnik im engeren Sinne standen bis in die jüngste Vergangenheit quantitative und qualitative Beschäftigungswirkungen im Vordergrund. Seit den „Maschinenstürmern“ des 19. Jahrhunderts ist der Verlust des eigenen Arbeitsplatzes, an dessen Stelle eine Maschine tritt, eine bestimmende Motivation für die Ablehnung bestimmter produktionstechnischer Innovationen. Insbesondere die Industrieroboterdiskussion der 1980er-Jahre war zentral von quantitativen Arbeitsplatzargumenten bestimmt und führte zu einer breiten Diskussion um die Arbeitsplatzwirkungen des technischen Fortschritts (s. z. B. die so genannte Meta-Studie, Meyer-Krahmer 1989), obwohl monotone Restarbeitsplätze und Unfallgefahren als Technikfolgen des Industrierobotereinsatzes durchaus gesehen wurden. Die anschließenden „Technikwellen“ der Rechnerintegrierten Produktion und der Expertensysteme rückten stärker die qualitativen As-

pekte in den Blick. Die Entwertung menschlicher Qualifikationen („Dequalifizierung“) und die Gefahr, notwendiges Erfahrungswissen gar nicht mehr aufbauen zu können (Böhle und Milkau 1990; Martin 1995; Fleig und Schneider 1995), wurden – neben den Überwachungspotenzialen – verstärkt diskutiert, bevor mit den neuen Produktionskonzepten (Kern und Schumann 1986) und der schlanken Produktion (Womack et al. 1989) organisatorische und Managementinnovationen die bisher techniklastige Diskussion um die Produktionsmodernisierung verdrängten.

In diesen letzten Jahrzehnten hat sich nicht nur in der wissenschaftlichen Diskussion, sondern auch in der öffentlichen Wahrnehmung die Bedeutung von betrieblicher Rationalisierung radikal verändert. Statt als Vernichtung von Arbeitsplätzen wird sie als notwendige Voraussetzung internationaler Wettbewerbsfähigkeit und damit der Beschäftigungssicherung angesehen. Steigende Produktivität gilt heute als eine entscheidende Voraussetzung für Wirtschaftswachstum. Parallel hat sich auch die verbreitete Annahme eines Technikdeterminismus in der Arbeitswelt gewandelt, der besagte, dass die eingesetzte Produktionstechnik zwangsläufig bestimmte Arbeitsbedingungen, Arbeitsorganisationsformen und Qualifikationsstrukturen nach sich zog. Heute wird zudem die Technik selbst und nicht allein ihre Einsatzform als gestaltbar angesehen (siehe z. B. die techniksoziologische Diskussion (für viele: Bechmann und Rammert 1997; Rammert 1991) und die zahlreichen Arbeiten im Rahmen der Programme „Arbeit und Technik“ des BMBF oder „So-Tech“ in Nordrhein-Westfalen). Schließlich ist im Zuge produktionstechnischer und organisatorischer Innovation nicht mehr von drohender Dequalifizierung durch Automation die Rede. Vielmehr wird der wachsende Bedarf an höheren Qualifikationen thematisiert. Dies hängt nicht zuletzt mit veränderten Einsatzformen und veränderten Leistungsmerkmalen der Technik zusammen.

Die meisten neuen Produktionstechniken dürften geeignet sein, die unmittelbaren Arbeitsbedingungen im Einsatzumfeld zu verbessern, indem sie Belastungen vermindern, körperliche Arbeit erleichtern und höhere ergonomische und sicherheitstechnische Standards verwirklichen. Trotz der tendenziell abnehmenden Konfliktträchtigkeit der Produktionstechnik stellen sich Risiken aber auch weiterhin oder sogar neu:

- Vor allem die IuK-Techniken sind im Produktionsbereich eine Voraussetzung, steigende Flexibilitätsanforderungen und höheren Arbeitsdruck bei steigender Verantwortung und ganzheitlicheren Tätigkeiten „erfolgreich“ umzusetzen. An Ersterem hat der Arbeitgeber ein Interesse. Letzteres ist aus Arbeitnehmersicht meist wünschenswert. Mit zunehmendem Kapitaleinsatz steigen zudem die Flexibilitätsanforderungen an die Mitarbeiter, um die für einen wirtschaftlichen Betrieb notwendige Auslastung der teuren Produktionsanlagen z. B. durch Nacht-, Schicht- und Feiertagsarbeit sicherzustellen. Je nach Entwicklung der Wertemuster in der Gesellschaft könnte die Technik also auch wieder negativer beurteilt werden, wenn sich der Mensch als „Zeitsklave“ der Technik wahrzunehmen

beginnt. Gewinne an Selbstbestimmung, die insbesondere die neuen Produktionskonzepte mit flexiblen Arbeitszeitmodellen versprechen, könnten durch ökonomische Zwänge (oder zumindest Möglichkeiten) des Technikeinsatzes konterkariert werden.

- Probleme des Arbeitsschutzes und der Arbeitssicherheit sind derzeit in Gefahr übersehen zu werden. Gesundheitsfolgen und Unfallrisiken des Einsatzes von Produktionstechniken sind allenfalls noch eine Spezialistendebatte, obwohl die Zahlen der jüngsten Europäischen Erhebung zu Arbeitsbedingungen zwar eine Abnahme der arbeitsbedingten Gesundheitsstörungen, aber einen Anstieg der Arbeitsbelastungen in den letzten zehn Jahren dokumentieren. Gleichzeitig werden immer mehr Menschen in Folge von Dezentralisierung, „Outsourcing“ und Zunahme der Selbstständigkeit ihre eigenen Arbeitsgestalter, ohne dafür qualifiziert zu sein. Trocken-/Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, neue Materialien oder Recyclingsysteme bringen neue Gefahren für Beschäftigte, während unter Umständen gleichzeitig die Ökobilanz verbessert und wirtschaftliche Erfolge erzielt werden. Das klassische Konfliktpotenzial zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer wird erweitert um Interessengegensätze zwischen Beschäftigten und Öffentlichkeit (z. B. Anwohnern).
- Umweltwirkungen (Lärm, Abfall, Abwasser, Abluft) sind zurzeit ein untergeordnetes Thema, da die meisten Produktionstechniken im hier gewählten Fokus vergleichsweise geringe Umweltbelastungen verursachen. Die laufenden Umstellungsprozesse zu produktionsintegrierten Ansätzen fördern eher eine positive Einstellung. Es ist aber denkbar, dass lokal Konflikte auftreten, wenn Re-regionalisierung und Re-integration von Produktionsschritten in neue kundennahe Leistungsangebote (Reparatur, Rücknahme und Wiederaufarbeitung, „Made-to-order“) an Bedeutung gewinnen und der Bürger wieder stärker mit Produktionsprozessen vor seiner Haustür konfrontiert würde. Derzeit wandern diese ja noch tendenziell aus den Mischgebieten der Innenstädte in gesonderte Industriegebiete ab.
- Die prinzipiellen Risiken und Konfliktpotenziale des Einsatzes von moderner Informations- und Kommunikationstechnik (verstärkte Kontrollunterworfenheit, informationelle Selbstbestimmung, Datenschutz und Datensicherheit) gelten auch für alle produktionstechnischen Lösungen, die sich die informationstechnischen Möglichkeiten immer stärker zu Nutze machen. Die Realisierung neuer Produktions- und Managementkonzepte mit Prinzipien wie Dezentralisierung, Profitcenter-Orientierung oder Führen mit Zielvereinbarungen verstärken die Problematik. Gleichzeitig ist der Beschäftigte im vertraglichen Arbeitsverhältnis in stärkerem Maße verpflichtet, Daten „Preis zu geben“. Datensicherheit und Datenschutz ist schließlich aus betrieblicher Sicht im Zusammenhang mit E-Business und Teleservice ein wachsendes Thema, denn mit wachsender Abhängigkeit und zunehmender Nutzung nimmt auch das Schadenpotenzial im Falle von Missbrauch oder kriminellen Akten zu.



- Probleme der Betriebssicherheit, von Schadensanfälligkeit und -ausmaß oder der Zuverlässigkeit sind in starkem Umfang im Zusammenhang mit dem Konzept der rechnerintegrierten Produktion oder dem Organisationsprinzip des „Just-in-time“ diskutiert worden oder waren sogar genereller unter dem Gesichtspunkt der „Verletzlichkeit der Informationsgesellschaft“ (Roßnagel et al. 1989) ein Thema. Die Anfälligkeit von Produktionssystemen muss erneut als wichtiger Aspekt für die Technikbewertung durch betriebliche Entscheidungsträger betrachtet werden, wenn in Zeiten des „Just-in-time“ und des „First-to-market“, der Integration in Wertschöpfungsketten oder der Bildung von virtuellen Unternehmen Redundanzen abgebaut werden und man sich auf „Fremde“ verlassen muss. Wenn die Reputation als verlässlicher Lieferant nachhaltig geschädigt wird oder große Auftragssummen im Spiel sind, kann unter Umständen ein großer betriebswirtschaftlicher Schaden eintreten, bis hin zum Bankrott des Betriebs. Damit wären also für die Allgemeinheit vor allem Arbeitsplatzverluste und nur in Ausnahmefällen darüber hinausgehende Folgen verbunden.

Wenn in Zukunft heute gesellschaftlich umstrittene Technologien wie die Biotechnologie Einzug in produktionstechnische Systeme erhalten, wird die Diskussion in anderen Technikfeldern voraussichtlich bereits Verständigungslinien und Akzeptanzvoraussetzungen aufgezeigt haben. Kritisch scheint vielmehr nicht die Technik selbst, sondern wie sie im Betrieb eingesetzt und wie die Produktion insgesamt organisiert wird.

### **4.3 Analyse empirischer Erhebungen zu Akzeptanz und Nachfrage und ihren Determinanten**

Die Nachfrage nach Produktionstechnik in der Bundesrepublik ist in hohem Maße objektiv durch die Industriestruktur bestimmt. Der Maschinenbau ist sein eigener, wichtigster Abnehmer. Außerdem ist der Automobilbau mit seiner besonders avancierten Nachfrage von großer Bedeutung. Schließlich sind viele Fachzweige der Produktionstechnik auf Branchen spezialisiert (Nahrungsmittel-, Papier- oder Textilmaschinen). In Teilmärkten wie z. B. der Textilindustrie ist es den deutschen Ausrüstern gelungen, eine bedeutende Position zu halten, obwohl es kaum noch eine inländische Nachfrage gibt.

Die klassische ökonomische Theorie reklamiert, dass Investitionsentscheidungen in Betrieben rational gefällt werden. Auch wenn man einer solchen Argumentation nicht folgt, wird man zubilligen, dass betriebswirtschaftliche Argumente eine zentrale Bedeutung haben, soweit Kosten und Nutzen bewertbar sind. Der Bedarf und damit die Nachfrage nach Produktionstechnik bestimmen sich dann zum Einen aus dem Wachstum der Produktion und zum Anderen aus dem technisch oder wirtschaftlich begründeten Ersatzbedarf. In vielen Fällen handelt es sich um Entschei-

dungen zwischen Alternativen, dann meist zwischen bewährter alter und viel versprechender neuer Technologie. Oft geht es aber auch „nur“ um den Grad der Technisierung oder Automatisierung vis-a-vis der Nutzung menschlicher Arbeitskraft. Der „Spielraum“ für den Einfluss von Technikeinstellungen auf den Einsatz von Produktionstechnik und damit die Nachfragemuster scheint also begrenzt.

Darüber hinaus erleben wir in der Produktionstechnologie zurzeit nach der Technikeuphorie, in der eine vollautomatische, menschenleere Fabrik vorstellbar war, und dem Boom verschiedener Managementmoden, die oftmals einen letztlich nicht einlösbaren „One-best-way“ propagierten, eine Phase der Ernüchterung. Ein neues Paradigma, wie ihn im Bild der Öffentlichkeit Industrieroboter und z. T. auch CIM oder „Lean Production“ darstellten, ist zurzeit nicht in Sicht. Die genannten Themen hatten zumindest in bestimmten Gruppen nicht selten den Charakter von – teilweise in der Öffentlichkeit geführten – Glaubenskriegen, so dass emotionale Technikakzeptanz einen Stellenwert bekam. Die ganzheitlichere, heutige Sichtweise hat diese Kontroversen entschärft. Damit dürfte der Einfluss von Technikakzeptanz in der Bevölkerung und bei den Arbeitnehmern auf Nachfragemuster heute eher (wieder) schwächer geworden sein.

Schließlich ist nicht nur von Bedeutung, wie die Technikeinstellungen in der Bevölkerung tatsächlich aussehen, sondern wie sie auf der Ebene von Entscheidungsträgern wahrgenommen werden. Die Wahrnehmung einer Technikfeindlichkeit in der Bevölkerung scheint bei den Entscheidungsträgern in der Wirtschaft weiterhin virulent. In einer Umfrage bei den 333 größten deutschen Unternehmen im Jahr 1996, an der sich letztlich 137 Vorstandsvorsitzende beteiligten, wurde gefragt, welche internen und externen Hemmnisse derzeit einer aktiven Innovationspolitik in ihrem Unternehmen in Deutschland im Wege stünden (Plinke 1997). Von den 407 Statements zu externen Hemmnissen, hätten „69 die hemmende Rolle der Gesellschaft, insbesondere die Technikfeindlichkeit in vielen Kreisen, besonders hervorgehoben“ (ebd. S.87). Das lässt befürchten, dass sich die Hälfte der Topmanager in ihren innovationsbezogenen Entscheidungen von dieser Einschätzung zumindest teilweise beeinflussen lässt.

Andererseits belegen die Ergebnisse des Mannheimer Innovationspanel des ZEW den geringen Stellenwert der Kundenakzeptanz als Innovationshemmnis für den Maschinenbau (Grupp et al. 2002). In der Hierarchie der neun abgefragten Innovationshemmnisse rangiert sie bei den innovierenden Unternehmen mit überhaupt nur 40 % Nennungen und einer Bewertung als großes Hemmnis durch nur jedes zwanzigste Unternehmen an letzter Stelle. An der Spitze stehen dagegen der Fachkräftemangel und die Finanzierung in Gestalt hoher Innovationskosten und mangelnder Finanzierungsquellen, Faktoren die jeweils gut 20 % der Unternehmen als großes Innovationshemmnis bezeichnen. Ob der Fachkräftemangel seine Ursache (auch) in fehlender Technikakzeptanz und daraus folgender mangelnder Bereitschaft, technische Berufe anzustreben, hat, wird in Abschnitt 4.3.1 diskutiert.

Wie das historische Beispiel der NC/CNC-Steuerung zeigt, die in Deutschland erst sehr spät und mit negativen Folgen für die Position des deutschen Werkzeugmaschinenbaus im Wettbewerb aufgegriffen worden ist, kann mangelnde Akzeptanz „fremder“ Technologien bei den Entwicklungsexperten und betrieblichen Entscheidern die technologische Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigen. Und einige der oben in Abschnitt 4.2 aufgeführten Technik- und Produktperspektiven beinhalten neue Risiken, wie mögliche Belastungen der Nutzer durch neue Arbeitsstoffe oder unbekannte Emissionen am Arbeitsplatz, die bei einer breiten Anwendung Akzeptanzprobleme zumindest bei den unmittelbar davon betroffenen Beschäftigten aufwerfen können.

Im Technologiefeld Produktionstechnik können vier wichtige Gruppen von Akzeptanzsubjekten unterschieden werden: Öffentlichkeit (Bürger), betriebliche Entscheider, Nutzer (Arbeitnehmer) und deren betriebliche Interessenvertreter. Diese Gruppen lassen sich unterschiedlichen Akzeptanzebenen zuordnen wie sie Schönecker (1985) unterscheidet: Auf der gesellschaftlichen Ebene sind alle Bürger angesprochen. Auf der betrieblichen Ebene agieren die Führungskräfte und Arbeitnehmervertreter in einer Funktionsrolle. Auf der individuellen Ebene sind im Technologiefeld Produktionstechnik vor allem die Beschäftigten im Blick. Im Folgenden sollen empirische Ergebnisse zu den Technikeinstellungen der verschiedenen Akteursgruppen und deren Wirkungen vorgestellt werden.

Die Technikakzeptanzforschung im engeren Sinne richtet sich dabei vor allem auf den Bürger. Industriesoziologische und arbeitswissenschaftliche Untersuchungen setzen sich vorrangig mit den Beschäftigten, teilweise auch mit den Betriebsräten auseinander. Allerdings verwenden nur wenige Untersuchungen den Begriff der Technikakzeptanz und versuchen ihn empirisch in ähnlicher Weise zu operationalisieren, wie die Technikakzeptanzforschung i.e.S. Vielmehr untersucht vor allem die Industriesoziologie Widerstände gegen die Einführung neuer Technologien in Betrieben eher im Kontext von Macht, Kompetenzen und Interessen als von individuellen Einstellungen zu Technik. Das Management spielt dabei eine wichtige Rolle, ohne dass aber deren Technikeinstellungen große Bedeutung beigemessen wird. Um die betrieblichen Entscheider zu erfassen, wird deshalb hier die Produktioninnovationserhebung des Fraunhofer ISI unter dem Gesichtspunkt der Technikakzeptanz einer Sekundärauswertung unterzogen.

Eine zu prüfende Hypothese lautet, dass die Einstellungskomponente der Technikakzeptanz gerade in der Arbeitswelt nur sehr mittelbar Nachfragemuster beeinflusst, da die Verhaltenskomponente der Technikakzeptanz wesentlich von interessenbezogenen Bewertungen, Machtkonstellationen, ökonomisch rationalen Argumenten und festen Anforderungen oder Rahmenbedingungen bestimmt wird (vgl. z. B. Rosswag 1994).

### 4.3.1 Ergebnisse der Technikakzeptanzforschung im Technologiefeld Produktionstechnik

Nach einer intensiveren Diskussion in den 1980er-Jahren wird die Produktionstechnik aktuell in quantitativ angelegten Studien über Technikakzeptanz kaum detailliert auf verschiedene Einzeltechniken heruntergebrochen, sondern vielmehr exemplarisch durch Techniklinien wie Industrieroboter operationalisiert, die bereits einen symbolischen Charakter haben. Dies könnte damit zu tun haben, dass die Produktionstechnologien zurzeit weniger im Rampenlicht stehen. In verschiedenen quantitativen Erhebungen über Technikakzeptanz in der Bevölkerung zum Technologiefeld Produktionstechnik waren in der Vergangenheit vor allem die Einzeltechnologien der Industrieroboter, der Expertensysteme, des „Computer Integrated Manufacturing“ und teilweise die so genannten CA-Technologien („Computer-Aided“, also rechnergestützte Systeme) generell der Gegenstand. Meist standen dabei die Beschäftigungswirkungen im Vordergrund. Inzwischen hat sich der Fokus gewandelt von Technik als „Jobkiller“ zu Technik als essenziell zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und die Kontroverse ist beigelegt.

Als Beispiel für diese Art von Untersuchungen sollen hier die Ergebnisse zu „Technologien der Arbeitswelt“ aus dem jüngsten baden-württembergischen Techniksurvey von Zwick und Renn (1998) kurz vorgestellt und diskutiert werden. Für die Produktionstechnik wurde dabei nach Industrierobotern gefragt. Die zweite Technik der Arbeitswelt waren Multimedia-Anwendungen. Ansonsten erfasste der Fragebogen die Einstellungen zu Sonnenenergie, 3-Liter-Auto, Organtransplantation, Weltraumforschung, Handys, Gentechnik und Kernenergie. Mit 36 % guten oder sehr guten Bewertungen liegen Industrieroboter im Mittelfeld. Hier gibt es allerdings die größte Diskrepanz zwischen Männern (47 % positiv) und Frauen (23 % positiv). Die Autoren konstatieren, dass „in Deutschland auch in punkto Technik am Arbeitsplatz nicht von einer ‚Akzeptanzkrise‘ gesprochen werden kann“ (Zwick und Renn 2000, S. 16). Die negativen Bewertungen von Industrierobotern werden praktisch ausschließlich von einem Argument bestimmt, dem Verdacht Arbeitsplätze zu vernichten. Die positiven Einschätzungen werden auf Arbeitserleichterungen sowie Rationalisierungseffekte gestützt und vor allem von Männern und höher Gebildeten vorgebracht. Insgesamt wird Industrierobotern ein geringes Risikopotenzial zugeschrieben, aber auch die Nutzen/Risiko-Abwägung fällt nur knapp positiv aus. Sie lösen auch anders als z. B. Sonnenenergie keine Begeisterung aus und rufen auch nicht wie die Kernenergie Angst hervor. Die von Zwick und Renn festgestellten Muster decken sich in hohem Maße mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen. Allerdings erreichen Industrieroboter nicht mehr die Negativsalden der 1980er-Jahre.

Nach dem bisher Diskutierten hat moderne Produktionstechnik heute mehr Chancen- denn Risikocharakter. Das Ob steht außer Frage, das Wie und Welche ist Objekt der Technikdebatte. Insofern ist interessante Fertigungstechnik möglicherweise

sogar eine Teilantwort auf die aktuelle Attraktivitätskrise, in der sich Produktionsarbeitsplätze durch das Verschwinden traditioneller Karrieremöglichkeiten im Zuge der Realisierung neuer Produktionskonzepte und durch den (zumindest) relativen Imageverlust der „Old Economy“ befinden. Damit würde sich die frühere, ohnehin bezweifelbare (s. z. B. von Rosenblatt 1986) Argumentation sogar umkehren. Statt dass Technikfeindlichkeit oder Technikferne der Jugend die Wettbewerbsfähigkeit, wie in der ersten Hälfte der 1980er-Jahre diskutiert (für eine kritische Auseinandersetzung z. B. Germann 1986), die Wettbewerbsfähigkeit gefährdet, weil der Nachwuchs an technischen Fachkräften versiege, würde die Möglichkeit, mit modernster Technik umzugehen, zum Werbeargument.

Die Vermutung, dass mangelnde Technikbegeisterung die Wahl naturwissenschaftlich-technischer Fächer negativ beeinflussen könnte, war auch Anlass der „Unlust an der Technik“ als Studienwahlmotiv nachzugehen (Zwick 2001, Zwick und Renn 2000). Tatsächlich gehen die Studentenzahl in den entsprechenden Fächern zurück, so dass verbreitet die Sorge besteht, dass für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit benötigte hoch qualifizierte Personal stünde in Zukunft nicht mehr zur Verfügung. Die Hälfte des Studentenschwundes in den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen ist allerdings dem allgemeinen Geburtenrückgang zuzuschreiben (Zwick 2001). Zwick (2001) konstatiert auf der Basis der Befragungen der TA-Akademie (Zwick und Renn 2000) eine gestiegene Konkurrenz für das technisch-ingenieurwissenschaftliche Berufsfeld. Technisches Interesse und Technikbegeisterung müssten mit anderen „Optionen und Genüssen“ konkurrieren und würden aber auch durch die Eigenlogik des Bildungs- und Ausbildungssystems in der Sozialisation nicht besonders gefördert. Andererseits gibt es einen Run auf die Informatikfächer und IuK-Berufe. Prinzipiell sind die Aufgaben im Umfeld der Produktionstechnik sehr ähnlich. Es käme also vermutlich darauf an, das Image zu verbessern, insbesondere wenn man unterhalb des Hochschulniveaus die qualifizierteren Ausbildungsinteressierten gewinnen will.

Parallel zu den allgemeinen Technikakzeptanz-Studien, die auf den Bürger als Akzeptanzsubjekt zielen, sind eine Reihe von technologiespezifischen Akzeptanzuntersuchungen durchgeführt worden, deren Untersuchungsobjekt nicht mehr die Bevölkerung generell, sondern die Beschäftigten sind. Gegenstand waren meist EDV-Systeme, insbesondere im Bereich der Bürokommunikation (Müller-Böling 1978 und 1986, Töpfer et al. 1987, Picot und Reichwald 1984), aber auch im Produktionsbereich unter dem Stichwort CIM, so zu Systemen für die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) (Martin 1993), oder Industrierobotern und CNC-Werkzeugmaschinen (Anstadt 1994) und genereller zur Informatisierung von betrieblichen Arbeitsprozessen. Anlass waren Probleme bei der Einführung und dem effizienten Betrieb der Lösungen, die auf die „Mitarbeit“ der Nutzer angewiesen waren. Insbesondere techno-zentrierte Einführungsstrategien führten in vielen Betrieben zu Problemen und entsprechend wurden Akzeptanzfragen stark diskutiert (Anstadt 1994).

Merkmal dieser Studien ist u. a., den Begriff der Technikakzeptanz für die Gruppe der Beschäftigten auszdifferenzieren (z. B. Einstellungs- und Verhaltensakzeptanz). Sie unterscheiden zwischen Anwendergruppen; z. B. „unfreiwillige und behinderte Technikanwender“, um die durch das Arbeitsverhältnis bedingten Zwänge abzubilden, oder „überzeugte Benutzer und Nicht-Benutzer“, um den individuellen Bezug zur abgefragten Technik zu erfassen. Schließlich versuchen sie auf der betrieblichen Ebene, Einflussfaktoren zu systematisieren und die Zusammenhänge auch empirisch zu belegen. Die meisten Studien erkennen vier Bereiche, denen Einflussfaktoren auf die Technikakzeptanz zugeordnet werden können: Einführungsprozess, technische Eigenschaften, organisatorische Einbindung und persönliche Merkmale (z. B. Hilbig 1984, Joseph 1990, Müller-Böling und Müller 1986). Im Folgenden sollen zwei Studien genauer vorgestellt werden, weil sie sich jeweils konkrete Produktionstechniken herausgreifen und deren Akzeptanz bei den Beschäftigten mit einer ähnlichen Operationalisierung wie die „klassischen“ Technikakzeptanzstudien auch quantitativ empirisch untersuchen.

Martin (1993) fasst in seiner Untersuchung zur PPS-Akzeptanz, die auf der schriftlichen Befragung von 100 Betrieben und 911 Mitarbeitern beruht, drei Einflusskategorien zusammen und kommt zu folgenden Ergebnissen:

- Unter den „Personalen Merkmalen“ zeigen nur Einflussfaktoren, die einen engen Zusammenhang mit der PPS-Einführung haben (wie allgemeine EDV-Kenntnisse) einen signifikanten Zusammenhang.
- Im Bereich „Einführungsbetreuung der Mitarbeiter“ sind Information, Schulung und Partizipation signifikant.
- Unter den als „PPS-Benutzersituation“ klassifizierten Variablen haben der Handlungsspielraum im Zusammenhang mit dem System, die generelle System-eignung und Aspekte der Benutzerfreundlichkeit einen hohen Einfluss auf die individuelle PPS-Akzeptanz.

Das Konzept der Technikakzeptanz erwies sich zudem als bedeutender für PPS-Einführungsprozesse als das allgemeine psychologische Konstrukt der Arbeitszufriedenheit.

Anstadt (1994) kommt in seiner empirischen, arbeitswissenschaftlichen Studie anhand einer schriftlichen Befragung von 536 Arbeitnehmern aus 99 Betrieben zu den Determinanten der individuellen Akzeptanz am Beispiel von CNC-Werkzeugmaschinen und Industrierobotern zu folgenden Ergebnissen:

- Von entscheidender Bedeutung sind der Einführungsprozess bzw. damit verbundene „Unterstützungsmaßnahmen“ wie Partizipation oder Weiterbildung.
- Nicht zu vernachlässigen seien Arbeitsplatzgestaltung, Ergonomie und eine angepasste Arbeitsorganisation.

Über die unmittelbar unter dem Stichwort Technikakzeptanz durchgeführten Untersuchungen hinaus gibt es sehr viel Material, in dem die Bestimmungsfaktoren der Einführung und Nutzung von Produktionstechnologien aus einzeldisziplinären Blickwinkeln betrachtet werden. Dabei geht es nicht um eine Akzeptanz auf der Ebene der Gesellschaft bzw. Bevölkerung, sondern um Individuen oder Gruppen innerhalb der Technik einführenden oder nutzenden Betriebe. Insbesondere die Industriesoziologie hat sich in diesem Sinne mit der „Akzeptanz“ verschiedener Technologien bei betrieblichen Akteursgruppen beschäftigt, aus verschiedenen theoretischen Blickwinkeln und empirisch meist auf Fallstudien gestützt (z. B. Rossowag 1994). Innerhalb der Betriebswirtschaftslehre spielen u. a. im Teilgebiet des Investitionsgütermarketing Akzeptanzfragen eine Rolle, ganz abgesehen von den vielfältigen Ansätzen des Innovationsmanagements und der Analyse und Bewertung von Investitionsentscheidungen. Und natürlich sind Einstellungen zu neuen Technologien ein Thema der Arbeitswissenschaft/-psychologie.

Indizien für mangelnde Technikakzeptanz als „Einstellungsdefizit“ bieten selbst technikkritische industriesoziologische Analysen nicht. Traditionell scheinen Produktionsingenieure in der deutschen Industrie sogar eher technikeuphorisch mit einem Hang zum „Over-Engineering“ zu sein (vgl. Lay und Schirrmeister 2001). Ein Beispiel ist die CIM-Debatte, die lange mit der Vision einer menschenleeren oder vollautomatischen Fabrik geführt und von den Protagonisten erst spät als Irrweg erkannt wurde. Industriesoziologische Analysen attestieren schließlich personellen und sozialen Faktoren, wie Qualifikationsbedarf, Kontrollwünschen oder Machtstrategien, einen erheblichen Einfluss auf Modernisierungsentscheidungen in Betrieben. So betiteln Braczyk et al. (1987) ihre Studie zu Beschaffungsentscheidungen „Eine starke Behauptung ist besser als ein schwacher Beweis“. Gleichzeitig werden aber auch Einflussmöglichkeiten der Nutzer selbst konstatiert (z. B. Seitz 1993), so dass der Technikakzeptanz bei den Beschäftigten immerhin eine begrenzte Bedeutung für die Nachfragemuster zukommt.

Die Erhebungen zu den Einstellungen der Bevölkerung und der Beschäftigten sind die eine wichtige Perspektive. Besonders wichtig für die konkrete Nachfrage nach innovativen Produktionstechnologien sind aber die betrieblichen Entscheider, die in der Produktionsinnovationserhebung des Fraunhofer ISI angesprochen werden. Die Ergebnisse referiert das folgende Kapitel.

#### **4.3.2 Technikakzeptanz und Nachfragemuster im Spiegel der Erhebung *Innovationen in der Produktion***

Die Erhebung *Innovationen in der Produktion 1999* des Fraunhofer ISI erfasste 1442 Investitionsgüterbetriebe und erlaubt es, Muster und Determinanten der Diffusion innovativer Produktionstechnik und -organisation differenziert zu analysieren. Sie war allerdings nicht gezielt darauf ausgerichtet, Technikakzeptanz zu ermitteln.

Vielmehr erfasst sie das tatsächliche Verhalten der Betriebe bei der Modernisierung ihrer Produktionsstrukturen, deren Rahmenbedingungen, Determinanten und Wirkungsindikatoren. Ansprechpartner sind die Produktionsleiter oder Geschäftsführer.

Schaut man sich das Investitionsverhalten der Betriebe an (Tabelle 4.3), so zeigen die Zahlen eine hohe Bereitschaft, innovative Produktionstechniken einzusetzen. Auch im internationalen Vergleich zum Beispiel mit den Vereinigten Staaten (Wengel und Lay 2001) investieren die deutschen Betriebe in hohem Maße in neue Produktionstechniken. Grundsätzlich braucht es längere Zeit, bis eine neue Technik ihr Verbreitungspotenzial ausgeschöpft hat. Die Mehrheit vor allem der kleinen und mittleren Anwender ist auf reife Technologien angewiesen, die im betrieblichen Alltag reibungslos funktionieren, und sollte deshalb auch keine Pilotanwenderrolle übernehmen. Das Potenzial liegt auch nicht etwa bei einer Nutzerquote von 100 %, denn eine Produktionstechnik wird immer für einen mehr oder weniger großen Kreis von Betrieben nicht sinnvoll einsetzbar sein.

Heute praktisch flächendeckend verbreitete Techniken, wie computerunterstütztes Konstruieren (CAD), Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS) oder numerisch gesteuerte Maschinen (CNC), waren bereits vor zehn oder mehr Jahren bei der Hälfte der Nutzer im Einsatz (siehe Median des Ersteinsatzjahres in Tabelle 4.3). Auch hier gibt es aber Betriebe, die diese Techniken bis heute nicht einsetzen, weil sie beispielsweise nicht selbst konstruieren, eine aufwändige Software für Planungsaufgaben sich bei ihrer Betriebsgröße nicht lohnt oder sich ihre Fertigung auf Montageaufgaben beschränkt.

Bei den Techniklinien, die bereits länger am Markt verfügbar sind, aber nur vergleichsweise niedrige Verbreitungsraten aufweisen, kann dies in der Regel ebenfalls durch grundsätzlich begrenzte Einsatzmöglichkeiten dieser speziellen Technik hinreichend erklärt werden, ohne dass ein Mangel an Technikakzeptanz als Erklärung notwendig ist. So lohnen sich etwa automatisierte Handhabungs- und Montagesysteme meist nur bei größeren Serien und geringen Flexibilitätsanforderungen (also z. B. langen Produktinnovationszyklen). Beides ist allenfalls für einen Teilbereich der deutschen Investitionsgüterproduktion gegeben.

Offenbar waren die Versprechungen der Technik, flexibel automatisieren zu können, auch nur eingeschränkt realisierbar. Ein Drittel der Betriebe mit Hochautomatisierung schrauben diese zurzeit zurück (Lay und Schirrmeister 2001). Insbesondere die Möglichkeiten der Montageautomatisierung scheinen oft zu optimistisch eingeschätzt worden zu sein (Abb. 4.2). Dies ist ein weiteres Indiz, dass bei den Entscheidern in deutschen Produktionsbetrieben eher ein Hang zur Übertechnisierung als mangelnde Technikakzeptanz verbreitet ist.



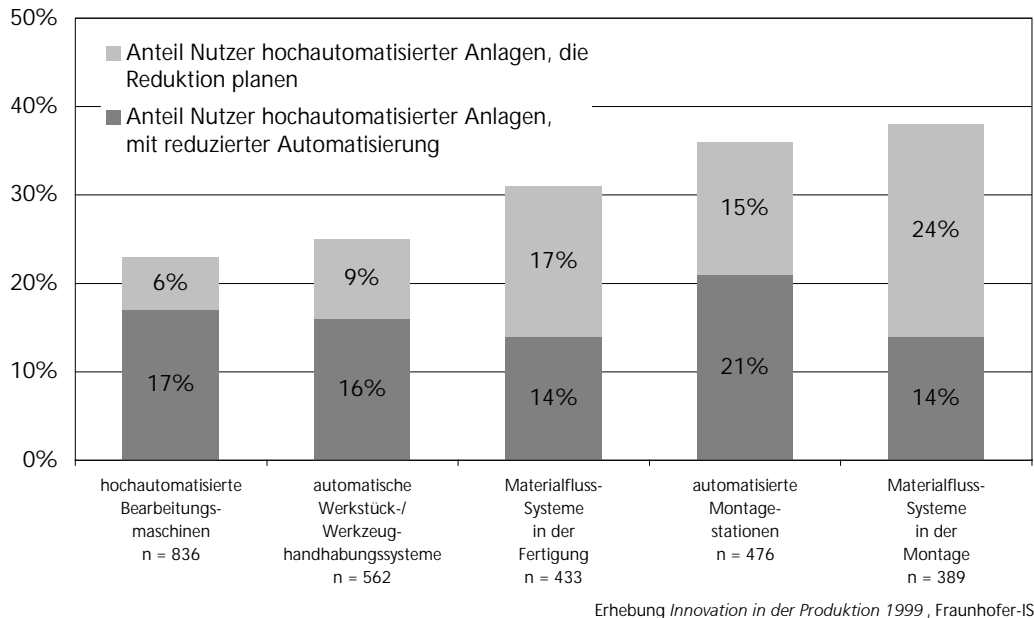
Tabelle 4.3: Verbreitung innovativer Produktionstechnik in der Investitionsgüterindustrie Deutschlands

	Ersteinsatzjahr (Median)	Anzahl Nutzer	Nutzer in %
<b>Informationstechnik</b>			
Kommunikation via E-Mail	98	1266	88,2%
CAD	92	1235	86,0%
Homepage im Internet	98	1079	75,2%
PPS/ERP	92	854	60,3%
Produktdatenaustausch	97	857	60,1%
Inanspruchnahme von Teleserviceleistungen	97	660	46,7%
Vernetzung von CAD/NC	95	562	39,6%
CAD-PPS Vernetzung	96	510	36,0%
Einkauf über Internet	98	311	21,8%
Produktdatenmanagement-Systeme	95	261	18,9%
Groupware	97	196	14,2%
Digital Mock Up	96	196	13,9%
Austausch von Produktionssteuerungsdaten	97	174	12,3%
Verkauf über das Internet	99	171	12,0%
<b>Maschinen und Anlagen</b>			
CNC-Maschinen	89	986	69,5%
CNC-Maschinen mit PC-Steuerung	95	631	45,5%
Hartbearbeitung	95	398	28,6%
Handhabungssysteme zur Werkstückhandhabung	94	285	20,3%
Handhabungssysteme zur Werkzeughandhabung	93	260	18,4%
Trockenbearbeitung, Minimalschmierung	96	209	14,9%
automatisierte Montagesysteme	92	203	14,3%
Hochgeschwindigkeitsbearbeitung	97	193	13,7%
Hochenergielaser	94	180	12,7%
Fertigungsverfahren für elektronische Baugruppen	90	177	12,5%
Rapid Prototyping	97	114	8,1%
endkonturnahe Formgebung	95	47	3,3%
Hexapoden	90*	21	1,5%
mikromechanische Produktionsverfahren	97*	20	1,4%

\*Geringe Fallzahlen lassen eine Interpretation dieses Median-Wertes nicht zu

Quelle: Erhebung *Innovationen in der Produktion* 1999 des Fraunhofer-ISI;  
N = 1.442

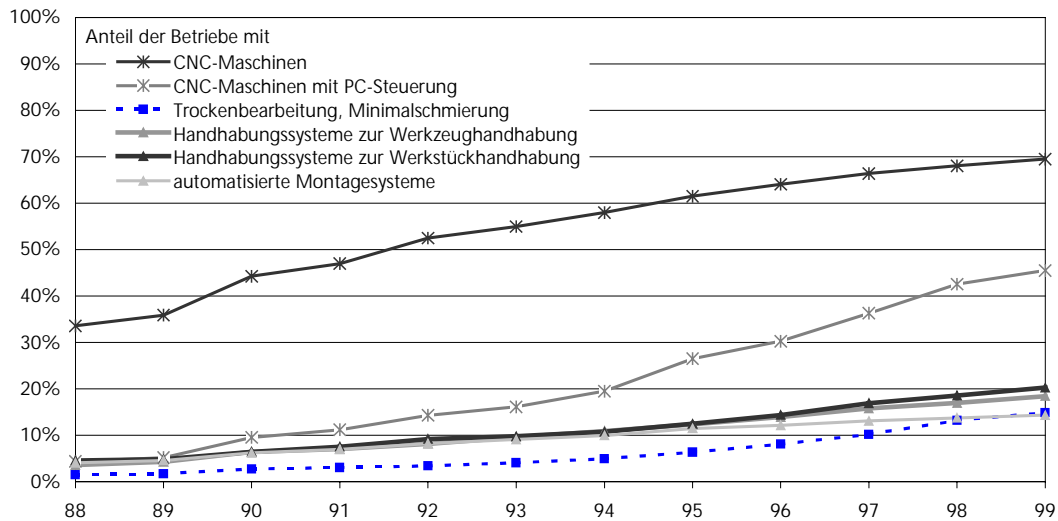
Abbildung 4.2: Rücknahme des Automatisierungsniveaus nach Einsatzbereichen



Eine Technik, bei der man tatsächlich Akzeptanzprobleme vermuten kann, ist jedoch die Trockenbearbeitung. Trotz positiver ökonomischer und ökologischer Wirkungen und einem prinzipiell mit den CNC-Maschinen identischen Einsatzpotenzial, ist bis heute keine Verbreitungsdynamik zu beobachten (s. Abb. 4.3). Die geringe Verbreitungsdynamik avancierter Handhabungs- und flexibler Montagesysteme hat dagegen vor allem mit begrenzten wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten zu tun. Die erreichte Verbreitung geht möglicherweise, wie oben angedeutet, sogar über ein sinnvolles Maß hinaus.

Auf der anderen Seite gibt es neue Technologien, die sich in den letzten Jahren mit einer außerordentlichen Dynamik verbreitet haben. Allerdings handelt es sich dabei nicht um Maschinen und Anlagen, sondern um Anwendungen der Informations- und Kommunikationstechnik in der Produktion. Die nahezu generelle Relevanz unabhängig von spezifischen Produktionsstrukturen und ein vergleichsweise kleiner Investitionsbedarf verbunden mit hohen ökonomischen Nutzenerwartungen sind dafür wichtige Erklärungsfaktoren. Allerdings sind auch hier differenzierte Entwicklungen zu beobachten.

Abbildung 4.3: Diffusionsverlauf von Automatisierungstechnik in Deutschland

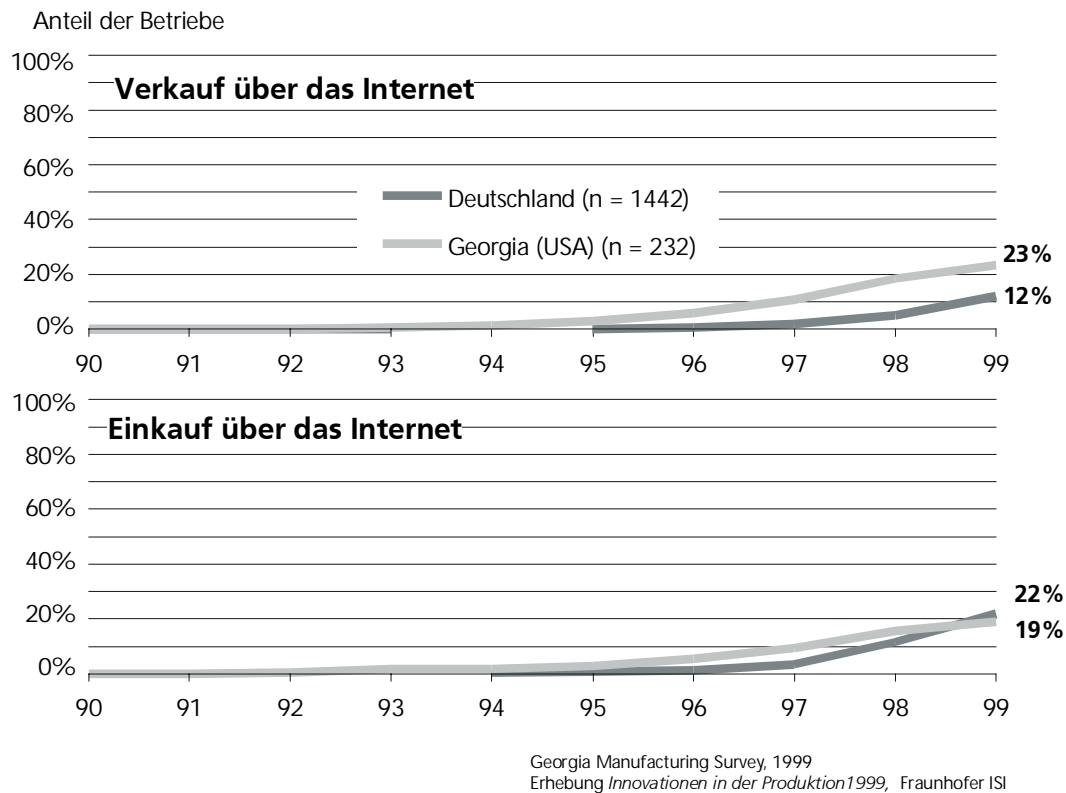


Quelle: Erhebung *Innovationen in der Produktion* 1999 Fraunhofer ISI; N = 1.442

So nimmt die Hälfte der Betriebe Teleserviceleistungen ihrer Ausrüster in Anspruch. Und während sogar 60 % Produktdaten im Rahmen ihrer Zulieferbeziehungen austauschen, gewähren nur 12 % der Betriebe Einblick in ihre Produktionssteuerungsdaten. Auch wenn hier spezifische mehr oder weniger geeignete Produktionsstrukturen die unterschiedlichen Nutzungsquoten mitbedingen, sind auch unterschiedliche Vertrauensverhältnisse und Sensibilitäten bezüglich der Weitergabe betrieblicher Daten zu vermuten. Ausrüster genießen offenbar das Vertrauen ihrer Kunden. Produktdaten müssen ohnehin offen gelegt werden. Aber Kunden oder Zulieferern Informationen über den Stand eines Auftrages elektronisch zu geben, mag die unternehmerische Autonomie zu stark gefährden. Mithin dürften auf solchen Anforderungen aufbauende Produktionssysteme vor Akzeptanzproblemen stehen.

Kommunikation via E-Mail und die Homepage sind innerhalb von wenigen Jahren auch für kleine Betriebe eine Selbstverständlichkeit geworden. Etwas langsamer verläuft die Nutzung bei den industriellen Kernprozessen des Einkaufs oder des Verkaufs. Abbildung 4.4 zeigt einen Vergleich der Diffusionskurven in den USA und Deutschland. Der rasante Einstieg auch in Deutschland spricht nicht für Akzeptanzdefizite. Die sich andeutende Abflachung der Kurven beim Verkauf über das Internet in beiden Ländern verweist eher auf eine Ernüchterung, dass die wirtschaftlichen Erwartungen sich nicht gleichermaßen rasant erfüllen.

Abbildung 4.4: Diffusionsverlauf von E-Commerce in Deutschland und USA



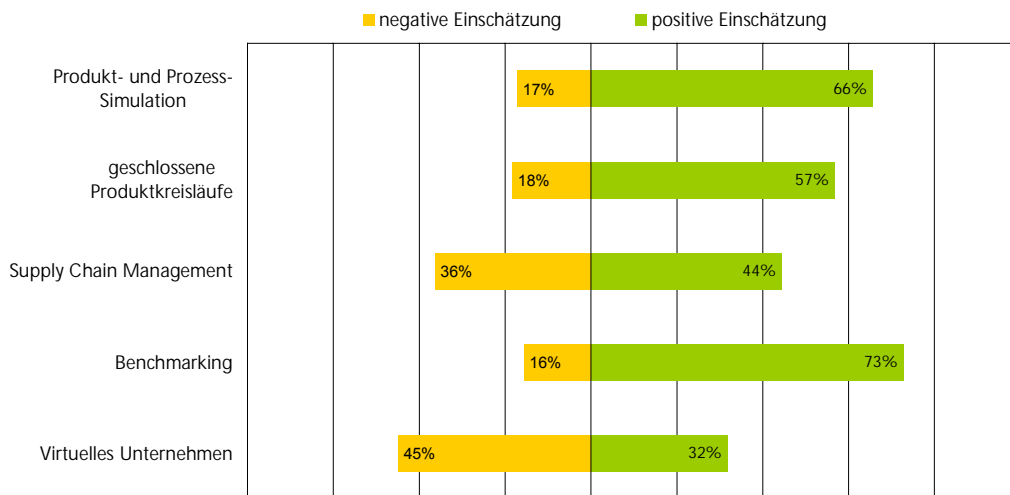
Neben dem tatsächlichen Nutzungsverhalten sind in der Erhebung 1999 auch Einstellungen bzw. Bewertungen zu ausgewählten produktionstechnischen Konzepten abgefragt worden. Dabei wurden mit den technischen Geschäftsführern und den Produktionsleitern die Entscheidungsträger in den Betrieben angesprochen. Die Auswertungen zeigen, dass in dieser Gruppe eine hohe Akzeptanz für innovative Produktionskonzepte und -techniken besteht (Abbildung 4.5). Mit wenigen Ausnahmen werden die abgefragten Konzepte als ganz überwiegend positiv oder gar unverzichtbar eingestuft, und zwar umso häufiger, je stärker neue Techniken von den antwortenden Betrieben bereits genutzt werden (s. a. Abb. 4.6). Dies korrespondiert mit den Ergebnissen der Akzeptanzforschung, dass nach längerer Erfahrung und größerer Vertrautheit mit einer Technik die Technikbewertung positiver ausfällt.

Bei fast allen abgefragten Konzepten urteilt der deutlich kleinere Teil der mit der Erhebung angesprochenen Entscheider in den Betrieben mit „zwiespältig“ oder „Fehlinvestition“. Eine Ausnahme bilden Expertensysteme, ein bereits in den 1980er-Jahren viel diskutierter Versuch, Erfahrungswissen der Mitarbeiter auf den Rechner zu übertragen und beispielsweise für die Steuerung von Prozessen oder in der Produktentwicklung zu nutzen. Angesichts der bis heute bestehenden technischen Defizite und praktisch nicht nennenswerten Verbreitung (Wengel und Lay

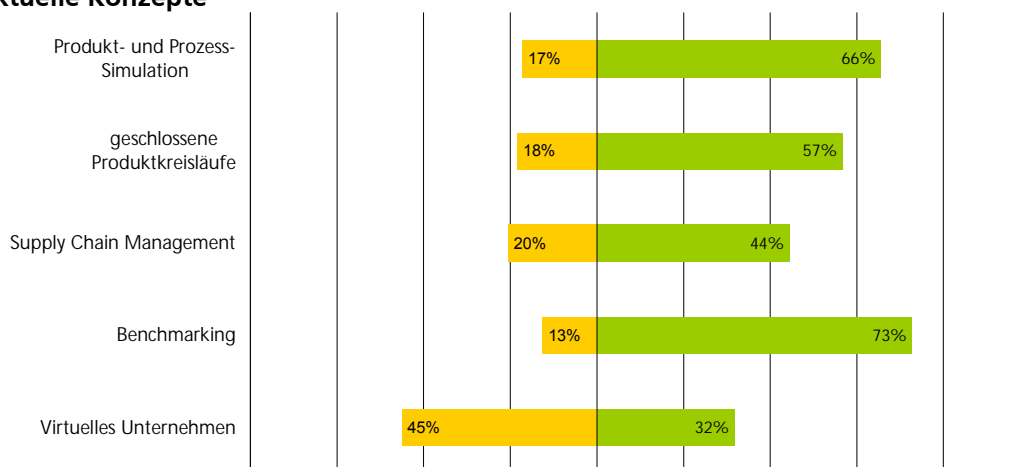
1998), ist es sogar erstaunlich, dass noch fast ein Drittel der Befragten positiv urteilt und „nur“ 42 % negative Bewertungen zu Protokoll geben.

Abbildung 4.5: Akzeptanz von Technik- und Organisationskonzepten in der Investitionsgüterindustrie

#### Konzepte in der Rückschau



#### aktuelle Konzepte



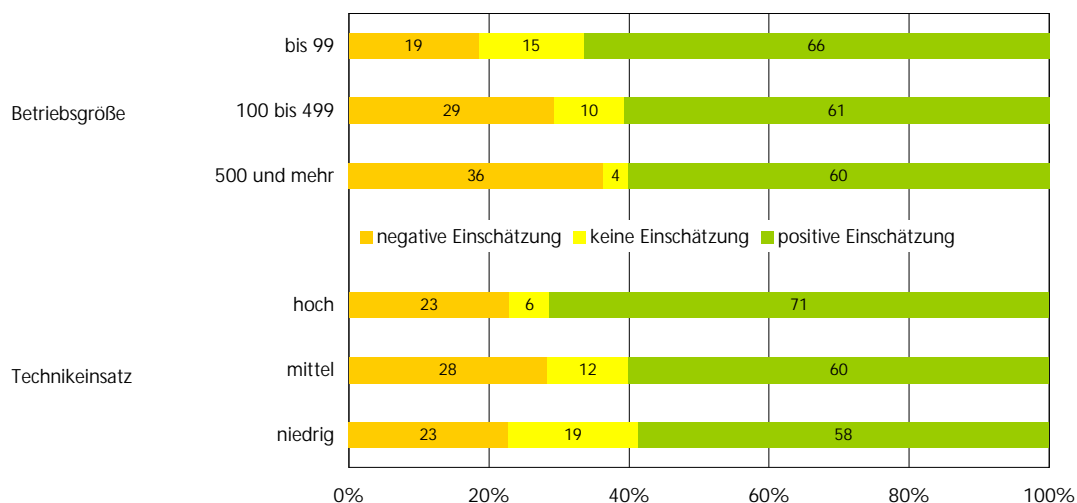
Quelle: Erhebung *Innovationen in der Produktion* 1999 Fraunhofer ISI; N = 1.442

Mit Ausnahme der flexiblen Automatisierung, die sehr positiv bewertet wird, aber nach dem tatsächlichen Handeln der Betriebe, wie oben angesprochen wurde, diese gute Note eigentlich gar nicht verdient zu haben scheint (vgl. Lay und Schirrmeister 2001), werden technisch orientierte Produktionskonzepte in der Rückschau tendenziell etwas negativer als die aktuell diskutierten technischen Lösungen bewertet. Insbesondere mit Blick auf die inzwischen sehr skeptische Einschätzung von Expertensystemen ist also sogar eine gewisse Gefahr der „Über-Akzeptanz“ gegeben.

Dem gegenüber erhält das im Wesentlichen organisatorische, aber in hohem Maße auf IuK-Technik angewiesene Konzept des virtuellen Unternehmens schlechte Noten. Dies korrespondiert mit der oben konstatierten tatsächlich geringen Neigung der Betriebe, ihre Produktionssteuerungsdaten gegenüber Wertschöpfungspartnern offen zu legen. Die Akzeptanz für ein solches „Networking“ ist offenbar (noch) begrenzt.

Auch die Hersteller nehmen eine generelle Akzeptanz ihrer technologischen Spitzenprodukte wahr, wie im Rahmen der Studie geführte Interviews mit führenden deutschen Anbietern von Werkzeugmaschinen zur Akzeptanzproblematik und ihrer Bedeutung für FuE-Entscheidungen und Absatzmöglichkeiten unterstrichen. Die Bereitschaft, selbst Prototypen neuester Maschinen in Pilotanwendungen zu testen, sei in Deutschland nach wie vor sehr groß. Die „Lead-Kunden“ seien deshalb weiterhin vor allem deutsche Anwender.

Abbildung 4.6: Determinanten der Akzeptanz des „computer-integrated manufacturing“



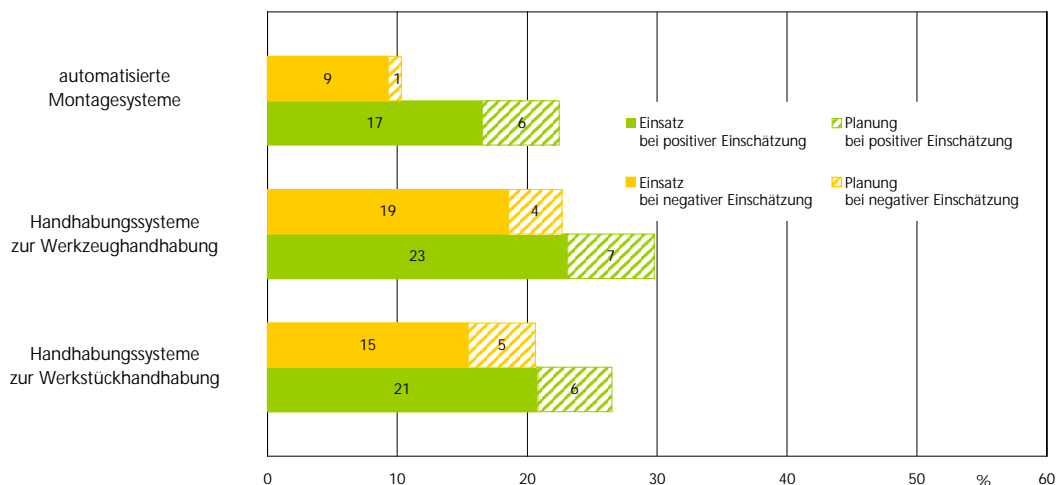
Quelle: Erhebung *Innovationen in der Produktion* 1999 Fraunhofer ISI; N = 1.442

Eine differenzierte Auswertung der Daten nach verschiedenen Teilgruppen der Investitionsgüterindustrie ließ keine branchenspezifischen Akzeptanzmuster erkennen. Kleine Betriebe scheuen oft die Bewertung, sind aber nur selten skeptischer in der Beurteilung der abgefragten Produktionskonzepte als die großen. Abbildung 4.6 gibt beispielhaft Ergebnisse für das Konzept der Rechnerintegrierten Produktion (CIM) wieder. Hier ist es sogar so, dass die großen Unternehmen häufiger negative Einschätzungen abgeben. Während viele Großbetriebe die hohen Ansprüche, mit denen die CIM-Projekte angestoßen wurden, nicht realisieren konnten, haben die

kleinen oftmals von vorneherein „kleinere Brötchen gebacken“ oder sich sogar zunächst zurückgehalten. Schließlich zeigt sich bei CIM ganz deutlich, dass Betriebe, die innerhalb ihrer Betriebsgrößenklasse einen überdurchschnittlichen Technikeinsatz über die im Rahmen der Produktionsinnovationserhebung erfassten Techniklinien hinweg aufwiesen, deutlich öfter positive Bewertungen abgeben. Mangelnde Erfahrungen mit neuen Produktionstechniken insgesamt sind aber offenbar kein Anlass, CIM negativ zu bewerten, sondern wirken sich in größerer Zurückhaltung, überhaupt eine Bewertung vorzunehmen, aus.

Abbildung 4.7 zeigt am Beispiel von Automatisierungstechniken die umgekehrte Perspektive, wie sich der Technikeinsatz in Abhängigkeit von der Technikakzeptanz darstellt. Zum Einen fällt auf, dass selbst in den Betrieben, in denen die Produktionsverantwortlichen eine negative Einschätzung flexibler Automatisierung abgeben, die dafür einsetzbaren Techniklinien dennoch in nennenswertem Umfang realisiert sind. Mangelnde Technikakzeptanz oder schlechte Erfahrungen, die Operationalisierung der Erhebung *Innovationen in der Produktion 1999* dokumentiert letztlich bei der Rückschau eine Mischung, hält die Betriebe nicht grundsätzlich ab, in die relevanten Techniklinien zu investieren, sie planen sogar für die Zukunft den erstmaligen Einsatz. Zum Anderen ist aber deutlich, dass eine positive Bewertung insbesondere bei der Montageautomatisierung mit einer höheren Nutzerquote korreliert und die Planzahlen ebenfalls höher liegen.

Abbildung 4.7: Einsatz von Automatisierungstechniken nach Bewertung der flexiblen Automatisierung in der Investitionsgüterindustrie



Quelle: Erhebung *Innovationen in der Produktion 1999* Fraunhofer ISI; N = 1.442

#### 4.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Im Technologiefeld Produktionstechnik sind verschiedene Mechanismen vorstellbar, mit denen sich Technikakzeptanz auf die Wettbewerbsfähigkeit auswirken und als Standortvorteil erweisen kann. Ausgehend vom Ansatz des Projektes, dass Technikakzeptanz ein Faktor für die Entwicklung der Nachfrage nach Technik ist und dass die Nachfragemuster wiederum einen Standortfaktor darstellen<sup>5</sup>, sind im Folgenden die wichtigsten Mechanismen in Form von Hypothesen formuliert:

Je höher die Technikakzeptanz ist, umso

- schneller erfolgt die Umsetzung von neuen technologischen Optionen, die aus der Grundlagenforschung oder anderen Technikfeldern erwachsen, in neue Produkte mit der Chance, hohe Innovationsrenditen zu erzielen („first-to-market“),
- schneller erfolgt die Diffusion innovativer Produktionstechniken auf dem Heimmarkt, so dass durch die starke und frühzeitige Nachfrage ein Leitmarkt entstehen kann,
- schneller und effizienter werden die neuen Produktionstechniken genutzt und die damit verbundenen Produktivitäts- und Leistungswirkungen erzielt,
- größer ist die Bereitschaft der „besten Köpfe“, technische Berufe und Arbeitsfelder zu wählen, und damit die Chance des Standortes, im auf technologischer Leistungsfähigkeit beruhenden internationalen Wettbewerb zu bestehen und konkurrenzfähige Produktion auf hohem technischen Niveau zu betreiben,
- eher treten „rationale“ Entscheidungskriterien in den Vordergrund, so dass Technikauswahl- und -einsatzentscheidungen eher unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten getroffen werden (ebenso ist allerdings denkbar, dass überzogene, unkritische Technikakzeptanz den Blick für wirtschaftliche Aspekte verstellt),
- geringer die Notwendigkeit, Regulierung, Interessenausgleich und Schadensvorsorge auf hoher staatlicher Ebene zu betreiben, und umso größer die Chance für weniger aufwändige, flexiblere und effizientere dezentrale Lösungen.

Es ist offensichtlich, dass in den einzelnen Thesen jeweils von sehr unterschiedlichen Teilgruppen der Bevölkerung Technikakzeptanz gefordert wird. Entsprechend differenziert sollten also die Einstellungen zur Produktionstechnik und ihr Stellenwert als Bestimmungsfaktoren von Nachfragemustern analysiert werden.

Neben der vielfach formulierten grundsätzlichen Kritik an dem Untersuchungsansatz der Repräsentativerhebung und der (oberflächlichen) Operationalisierung von

---

<sup>5</sup> Gerade der Maschinen- und Anlagenbau wird dabei als Beleg angeführt, wie nationale Nachfragemuster sich als Standortvorteil für eine Branche erweisen und deren internationale Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit begründen können (z. B. Gerybadze et al. 1997, Grupp et al. 2002)



Technikakzeptanz (vgl. z. B. die Beiträge in Gehrman 1987, Hoffman 1983) sind zwei Defizite allgemeiner Technikakzeptanzstudien im Hinblick auf die hier angezielte Fragestellung nach dem Zusammenhang von Technikakzeptanz, Nachfragemustern und Standortvorteilen in der Produktionstechnik festzustellen:

- Eine Differenzierung der befragten Akzeptanzsubjekte nach ihrer Position im Entscheidungsprozess für die Gestaltung und Einführung neuer Produktionstechniken ist nicht angelegt. Oder anders ausgedrückt: die Erhebungen müssten sich gezielt an „technikbetreffende“ Arbeitnehmer, betriebliche Entscheider, Betriebsratsvertreter etc. wenden.
- Der Zusammenhang zwischen gemessener Technikakzeptanz oder Technikfeindlichkeit und tatsächlichem Verhalten gegenüber der Technik wird in der Regel nicht erfasst. Damit verbunden ist auch ein großes Risiko der Fehlwahrnehmung von Ergebnissen, beispielsweise ausgedrückt in der Diskrepanz zwischen dem „Technikbild der Bevölkerung und sein(em) Fremdbild bei den Führungskräften“ (von Klipstein 1987).

Für die Nachfrage nach Produktionstechnik spielt Akzeptanz in der Bevölkerung eine untergeordnete Rolle. Bei betrieblichen Entscheidern wie auch den Arbeitnehmern als betriebliche Techniknutzer hat Produktionstechnik aktuell in Deutschland kein Akzeptanzproblem. Eher schon das Gegenteil, in der Anwendung wie in der Entwicklung besteht die größere Gefahr im „Over-Engineering“. Auf einzelbetrieblicher Ebene kommt schließlich dem Prozess der Einführung und der Einbettung in geeignete Management- und Organisationskonzepte große Bedeutung für die Akzeptanz innovativer Produktionstechniken bei den Nutzern zu. Die Bedeutung von Akzeptanz für die konkreten Nachfragemuster ist begrenzt, denn ökonomisch rationale, aber auch soziale Faktoren und Interessen dominieren die Entscheidungen und Nutzungsmuster. Mangelnde oder sehr gute Technikakzeptanz wirken im Feld Produktionstechnik eher indirekt oder vermittelt.

Mit den Analysen der Erhebung *Innovationen in der Produktion 1999* des Fraunhofer ISI konnten die vorliegenden Untersuchungsansätze zur Akzeptanz im Technologiefeld Produktion um die Dimension des tatsächlichen Unternehmensverhalten und der Einstellungen von Entscheidungsträgern im Unternehmen ergänzt werden. Die Ergebnisse unterstreichen, dass von einem Akzeptanzproblem bei der Produktionstechnik keine Rede sein kann. Die Reichweite der Aussagen und die Analysemöglichkeiten waren allerdings deutlich dadurch begrenzt, dass Fragen nicht spezifisch konzipiert werden konnten, sondern auf die vorliegende Operationalisierung zurückgegriffen werden musste. Es scheint nach diesen Erfahrungen interessant, mit dem Konzept der Technikakzeptanz und einem quantitativen Ansatz empirisch unmittelbaren bei den verschiedenen beteiligten Gruppen betrieblicher Entscheidungsprozesse über Technik anzusetzen und nicht auf der gesellschaftlichen Akzeptanzebene stehen zu bleiben.

Schließlich geben auch einige zukünftige Entwicklungen in der Produktionstechnik, wie die weiter wachsende Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnik, die Einsatzpotenziale der Nanotechnologie oder die mögliche Nutzung biobzw. gentechnologischer Verfahren, Anlass zu fragen, ob Technikakzeptanz durchaus auch in der Produktionstechnik (wieder) ein Problem werden kann und deshalb Forschungsgegenstand sein sollte. Andererseits dürfte der Maschinenbau mit diesen „umstrittenen“ Technologien vermutlich erst ernsthaft konfrontiert werden, wenn zumindest eine Vorklärung stattgefunden hat, und dann verbleibende Herausforderungen mit seinen oben beschriebenen gewachsenen Strukturen bewältigen können. Voraussetzung ist aber, dass es keinen „Rückfall“ in die Anfänge der CIM-Euphorie gibt, als nicht selten notwendige Diskurse und partizipative, organisationsorientierte Einführungsstrategien versäumt wurden, die eine wesentliche Voraussetzung für die Akzeptanz der Technik durch die betroffenen Beschäftigten sind.

Aus unseren Analysen lassen sich folgende Empfehlungen ableiten:

- Der Bevölkerung wird häufig eine gewisse Technikfeindlichkeit unterstellt, die so generell und gegenüber der Produktionstechnik nicht belegbar ist. Diese Unterstellung kann betriebliche Entscheidungen beeinflussen. Deshalb sollten die verantwortlichen Entscheider über die grundsätzliche Technikaufgeschlossenheit der Bevölkerung informiert werden.
- Wie die Studie zeigt, ist eine differenzierte Sicht auf Technikakzeptanz notwendig. Über die Betrachtung der Akzeptanz für Produktionstechnik auf gesellschaftlicher Ebene hinaus sollte ein Konzept der Technikakzeptanz mit empirischer Basis entwickelt werden, das nach allen beteiligten Akteuren differenziert.
- Eine reflektierte, nicht unkritische Technikakzeptanz bei Beschäftigten ist für die effiziente Techniknutzung in der Arbeitswelt wichtig. Aus diesem Grund sollten entsprechende diskursive Maßnahmen mit direkt betroffenen Arbeitnehmern und ihren Vertretern intensiviert werden.
- Zur Sicherung des qualifizierten Nachwuchses sollte das Image der produktionstechnischen Berufe in der Bevölkerung und insbesondere bei Jugendlichen verbessert werden.
- Das Technologiefeld besitzt in der Regel angemessene Implementationsstrategien für neue Entwicklungen. Es sind jedoch Potenziale für „Akzeptanzkrisen“ in der Zukunft vorhanden, die mit der Integration von IuK-Technologien, Biotechnologie und Nanotechnologie in Produktionstechnik zusammenhängen. Es sollte geprüft werden, inwieweit es der Produktionstechnik gelingt, diese Technologien zu adoptieren.
- Andererseits sollte jedoch auch untersucht werden, inwieweit es den IuK-Technologien, der Bio- und der Nanotechnologie gelingt, die Standortvorteile, die die Produktionstechnik und insbesondere der Automobilbau als Leitmarkt bietet, zu nutzen.

- Insgesamt besitzt Deutschland für die Produktionstechnik eine Leitmarkt-Funktion. Diese sollte im Zuge der Integration neuer Technologien möglichst weitgehend genutzt und gestaltet werden.

## 4.5 Zitierte Literatur

- Anstadt, Ulrich (1994): Determinanten der individuellen Akzeptanz bei Einführung neuer Technologien. Eine empirische Studie am Beispiel von CNC-Werkzeugmaschinen und Industrierobotern. Frankfurt a.M.: Lang
- Bechmann, Gotthard; Rammert, Werner (Hrsg.) (1997): Innovation - Prozesse, Produkte, Politik, Frankfurt, Main : Campus Verlag, (Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 9)
- Braczyk, Hans-Joachim; Kerst, Christian; Niebur, Joachim (1987): Eine starke Behauptung ist besser als ein schwacher Beweis. Beschaffungsentscheidungen im Betrieb. Bonn: Wirtschaftsverlag NW, Werkstattberichte Humanisierung des Arbeitslebens, Wb 1
- Brödner, Peter; Knuth, Matthias (Hrsg.) (2002): Nachhaltige Arbeitsgestaltung. Trendreports zur Entwicklung von Humanressourcen. München, Mering: Hampp 2002 (Bilanzierung innovativer Arbeitsgestaltung Bd. 3)
- Cuhls, Kerstin; Blind, Knut; Grupp, Hariolf (1998): Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Zusammenfassung der Ergebnisse sowie Methoden- und Datenband. Delphi '98 Umfrage. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe. Bundesminister für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie. Karlsruhe: Fraunhofer ISI
- Dierkes, M.; Hoffmann, U.; Marz, L. (1992): Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen. Berlin
- Eggers, T.; Wallmeier, W.; Lay, G. (2000): Innovationen in der Produktion 1999. Dokumentation der Umfrage des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 12 S.
- Fleig, Jürgen; Schneider, Robert (1995): Erfahrung und Technik in der Produktion. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI), Karlsruhe. Berlin/ Heidelberg: Springer-Verlag
- Fricke, Else (Hrsg.) (1995): Betrieblicher Wandel und Autonomie von Ingenieuren. Reihe: Forum Humane Technikgestaltung, Heft 14. Hrsg.: Forschungsinstitut der Friedrich-Ebert-Stiftung, Abt. Technik und Gesellschaft, Bonn
- Gehrmann, Friedhelm (Hrsg.) (1986): Arbeitsmoral und Technikfeindlichkeit. Über demoskopische Fehlschlüsse. Frankfurt am Main/ New York: Campus Verlag
- Gerybadze, Alexander; Meyer-Krahmer, Frieder; Reger, Guido (1997): Globales Management von Forschung und Innovation. Stuttgart: Schäffer-Poeschel
- Grupp, Hariolf; Legler, Harald; Breitschopf, Barbara; Velling, Johannes (Red.); Bundesminister für Bildung und Forschung (BMBF) et al. (2002): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, Bonn

- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Seitz, Beate (1999): Innovationsprozesse im Maschinenbau. Arbeitspapier des Lehrstuhls Technik und Gesellschaft Nr.4/1999. Dortmund, Juni 1999
- Hoffmann, Rainer-W. (1983): Die KAWENNE. Über das Zustandekommen und die Bedeutung einer kollektiven Unperson in der Umfrageforschung. In: Soziologie: Entdeckungen im Alltäglichen. Hrsg.: Baethge, M.; Eßbach, W. Festschrift zum 65. Geburtstag von Hans Paul Bahrdt. Frankfurt/Main
- Kalkowski, Peter; Mickler, Otfried; Manske, Fred (1995): Technologiestandort Deutschland. Produktinnovation im Maschinenbau: traditionelle Stärken – neue Herausforderung, Berlin: Ed. Sigma
- Klocke, F. (Bearb.); Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der RWTH Aachen; Bundesminister für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (1998): Produktion 2000 plus. Visionen und Forschungsfelder für die Produktion in Deutschland: Untersuchungsbericht zur Definition neuer Forschungsfelder für die Produktion nach dem Jahr 1999. Aachen: WZL/RWTH Aachen
- Kriegbaum, Herbert; Uhlig, Anke; Vieweg, Hans-Günther (1997): The EU mechanical engineering industry. Monitoring the evolution in the competitiveness. München: Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung, (Ifo-Studien zur Industriegewirtschaft 54)
- Lay, Gunter; Rainfurth, Claudia; Eggers, Thorsten (2000): Servicepartner Industrie: Industrie in Baden-Württemberg im Wandel von der Produktion zu Dienstleistung. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung / PI-Mitteilungen Nr. 20)
- Lay, Gunter; Schirrmeister, Elna (2001): Sackgasse Hochautomatisierung? Praxis des Abbaus von Overengineering in der Produktion. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung; PI-Mitteilungen Nr. 22)
- Lay, Gunter; Wengel, Jürgen (1998): Technikrends in der Produktionsmodernisierung: Rechnerintegration auf leisen Sohlen. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung, PI-Mitteilungen Nr.12)
- Licht, Georg; Legler, Harald; Schmoch, Ulrich et al. (2000): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands – Zusammenfassender Endbericht 1999. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), Bonn
- Martin, Hans (Hrsg.) (1995): CeA – Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit. Berlin/Heidelberg/ New York: Springer-Verlag
- Martin, Reiner (1993): Einflussfaktoren auf Akzeptanz und Einführungsumfang von Produktionsplanung und -steuerung (PPS). Eine Untersuchung der mittelständischen Industrie. Europäische Hochschulschriften: Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft; Bd. 1464. Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss.; Peter Lang GmbH, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main
- Meyer-Krahmer, Frieder (Hrsg.); Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (Berlin) (1989): Sektorale und gesamtwirtschaftliche Beschäftigungswirkungen moderner Technologien. Berlin, New York: de Gruyter (Arbeitsmarktwirkungen moderner Technologien. [Gesamtdarstellung der Meta-Studie in 8 Bänden] 2)
- Naschold, Frieder; Soskice, David; Hancké, Bob; Jürgens, Ulrich (Hrsg.) (1997): Ökonomische Leistungsfähigkeit und institutionelle Innovation. Das deutsche Produktions- und Politikregime im globalen Wettbewerb, WZB-Jahrbuch 1997, Berlin: edition sigma

- Plinke, Wulff (1997): Die Veränderung von Produktionssystemen im internationalen Vergleich. In: Spur, Günter (Hrsg.): Optionen zukünftiger industrieller Produktionssysteme. Forschungsberichte der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Berlin: Akademie Verlag (Interdisziplinäre Arbeitsgruppen, Bd. 4)
- Rammert, Werner (1991): Entstehung und Entwicklung der Technik: Der Stand der Forschung zur Technikgenese in Deutschland. Berlin: WZB, (Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung: Papers: FS II [1988-1994] S. 91-105)
- Rose, Helmuth (Hrsg.) (1995): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement. Neue Ergebnisse der Sozialforschung über Technikbedarf und Technikentwicklung. Veröffentlichungen aus dem Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München. Frankfurt am Main, New York: Campus-Verlag
- Roßnagel, Alexander; Wedde, Peter; Hammer, Volker; Pordesch, Ulrich (1989): Die Verletzlichkeit der „Informationsgesellschaft“. Schriftenreihe Sozialverträgliche Technikgestaltung, Bd. 5. Hrsg.: Der Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen. Opladen: Westdeutscher Verlag
- Rosswag, Christian (1994): Eine strategische Analyse von Akzeptanzproblemen im Zusammenhang mit der Informatisierung von betrieblichen Arbeitsprozessen. Dissertation der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Augsburg
- Schumm, Wilhelm (1992): Sozialwissenschaftliche Technikgeneseforschung und Chancen von Technologiepolitik. In: Bergstermann, Jörg; Thomas Manz (Hrsg.): Technik gestalten, Risiken beherrschen. Befunde der Sozialforschung zur Entwicklung moderner Produktionstechnik, Berlin, S. 37-49
- Seitz, Dieter (1993): „Per Order de Mufti läuft nichts“. Zur sozialen Steuerung betrieblicher Gestaltungsprozesse, Berlin: edition sigma
- Spur, Günter (Hrsg.) (1997): Optionen zukünftiger industrieller Produktionssysteme. Forschungsberichte der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Berlin: Akademie Verlag (Interdisziplinäre Arbeitsgruppen, Bd. 4)
- Vieweg, Hans-Günther et al. (2001): Der mittelständische Maschinenbau am Standort Deutschland – Chancen und Risiken im Zeitalter der Globalisierung und „New Economy“, Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, München
- Zwick, M. M. (2001): Unlust an der Technik? Zur Krise von natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen. Aus der Arbeit der TA-Akademie 1.3, Stuttgart
- Zwick, M. M.; Renn, O. (2000): Die Attraktivität von technischen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern bei der Studien- und Berufswahl junger Frauen und Männer. Präsentation der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart
- Zwick, M. M.; Renn, O. (1998): Wahrnehmung und Bewertung von Technik in Baden-Württemberg. Präsentation der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart



## 5. Analyse des Technologiefeldes „Nanotechnologie“

Die Untersuchung von Akzeptanz und Nachfrage in der Nanotechnologie ist vor allem damit konfrontiert, dass es sich um eine Zukunftstechnologie handelt, für die praktisch noch keine Erfahrungen vorliegen, deren Wirkungspotenziale jedoch derzeit schon eine zeitweise intensive, öffentliche Debatte ausgelöst haben. Das löst u. U. die Erwartung aus, man könne heute schon zutreffende Aussagen über Akzeptanz und Nachfrage treffen. Das ist aber nicht wirklich möglich, wie auch aus der europaweiten Meinungsumfrage „Eurobarometer 2001“ erkennbar wird: nur knapp 4 % der Europäer finden die Nanotechnologie als Wissenschafts- und Technikentwicklung höchst interessant, wohingegen allen anderen Technikentwicklungen ein wesentlich größeres Interesse entgegen gebracht wird (in der Regel zwischen 20 % und 60 %) (Europäische Kommission 2001). Das geringe Interesse dürfte vermutlich vor Allem auf die noch weitgehende Unbekanntheit dieser für die fernere Zukunft erkennbaren Schlüsseltechnologie zurück zu führen sein. In diesem Kapitel sollen daher angesichts bislang fehlender Untersuchungen über dieses Thema begründete Thesen zu entwickeln, die als Basis für weitergehende empirische Vorausschau-Projekte genutzt werden können.

Die Untersuchung wird so angelegt, dass zunächst das Objekt „Nanotechnologie“ im Hinblick auf seine technischen Grundlagen eingegrenzt wird (Kap. 5.1). In Kapitel 5.2 werden die Anwendungs- und Marktpotenziale sowie die damit entstehende Bedeutung für die Gesellschaft beschrieben. Dabei wird auch auf die führende Ausgangsposition eingegangen, die der Standort Deutschland heute im internationalen Technologiewettbewerb einnimmt, und von der aus die Frage nach den Standorteffekten von Akzeptanz und Nachfrage für Nanotechnologie ihre Bedeutung gewinnt. Im Anschluss werden Determinanten für Akzeptanz und Nachfrage gesucht. Dabei wird angestrebt, Erkenntnisse aus der allgemeinen Technikakzeptanzforschung durch Analogieschlüsse an die Besonderheiten der Nanotechnologie anzupassen. Zudem erfolgt eine Auswertung der aktuellen Mediendebatte. Mit Hilfe dieser Determinanten werden die mittelfristigen Akzeptanz- und Nachfrageerwartungen und deren Standorteffekte thesenartig abgeschätzt (Kap. 5.3). Im abschließenden Kapitel 5.4 werden die Ergebnisse im Hinblick auf kritische Anwendungspotenziale für die künftige Akzeptanz und Nachfrage der Nanotechnologie zusammengefasst und Empfehlungen für vertiefende Forschungsprojekte sowie Handlungsmöglichkeiten der Technologiepolitik zur Förderung von Akzeptanz und Nachfrage abgeleitet.

## 5.1 Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung

Nanotechnologie weitet die technologischen Fähigkeiten des Menschen in die atomare Dimension aus. Mit der Verleihung des Physik-Nobelpreises 1986 an die IBM-Forscher Binnig und Rohrer trat ins öffentliche Bewusstsein, dass es mit dem so genannten Raster-Tunnel-Mikroskop möglich wurde, einzelne Atome zu beobachten. Inzwischen ist über die Beobachtung hinaus auch die gezielte Manipulation von Einzelatomen möglich.

Die Größe von Einzelatomen liegt in der Größenordnung von 0,1 Nanometer (nm)<sup>6</sup>. Ein Nanometer beschreibt die Größenordnung von Atomgruppen oder Molekülen. Der Ausdruck „Nanotechnologie“ hat sich durchgesetzt um auszudrücken, dass Eigenschaften und Funktionalitäten technischer Objekte (Materialien, Komponenten, Produkte, Systeme) nanoskalig gestaltet und hergestellt werden können. Abbildung 5.1 vermittelt eine Anschauung, wie sich Nanotechnologie einerseits in ein Kontinuum der Miniaturisierung eingliedert („top-down“ von der Makrowelt zum Nanokosmos), das durch die Entwicklung der Mikroelektronik allgemeine Anschaulichkeit erreicht hat und andererseits ein neues „Bottom-up-Paradigma“ einleitet, nach dem neue Stoffe bis hin zu technischen Systemen atomar designed werden können.

Das Bemerkenswerte an der Nanotechnologie ist nicht nur die extreme Miniaturisierung, sondern auch das damit verbundene Verlassen der Welt, in der die uns geläufigen Naturgesetze der Festkörperphysik gelten. Nanotechnologie beinhaltet das Überschreiten einer wissenschaftlich-technologischen Schwelle zu einem neuen „Nanokosmos“, in dem die noch nicht geläufigen Gesetze der Quantenphysik gelten.

Unterhalb der Schwelle von ca. 100 nm lässt sich beispielsweise die Miniaturisierungsstrategie der Mikroelektronik zu immer höherer Verdichtung prinzipiell ähnlicher, aber kleinerer Schaltungen und Leiterbahnen nicht mehr fortsetzen. In diesen Dimensionen treten Atome und Moleküle in direkte Interaktion. Diese Effekte sind vergleichbar zu den Kapillareffekten in der sichtbaren Welt: Auch hier überwiegen in sehr kleinen Leitungsdurchmessern die Schnittstelleneffekte, die Oberflächenreaktionen mit Umgebungsstoffen gegenüber den eigentlichen Stoffverhaltensweisen. Wasser sinkt dann u. U. nicht mehr nach unten, sondern steigt nach oben. Genau so überwiegen in der Nanodimension die Anziehungs- und Abstoßungskräfte zwischen den Teilchen gegenüber den ansonsten bekannten Halbleitereigenschaften des Wi-

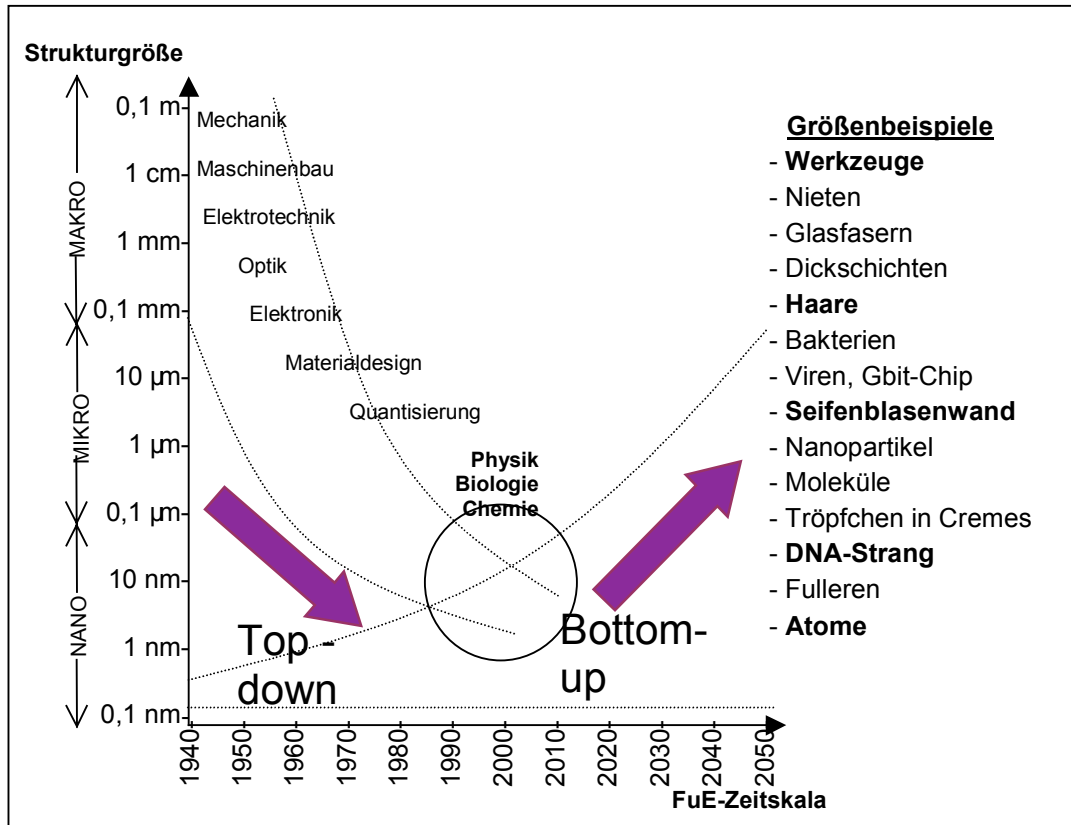
---

<sup>6</sup> Einzelatome werden im Maßstab von Angström gemessen. Angström ist jedoch eine Größeneinheit, die sich nicht der Tausender-Einteilung von Meter – Mikrometer – Nanometer einordnet. Deswegen hat sich der Maßstab Nanometer als Namensgeber für Nanotechnologie durchgesetzt.



derstandes bis zu gewissen Spannungsgrenzen, der Leitung mit bestimmten Erwärmungsmustern usw.

Abbildung 5.1: Miniaturisierungskontinuum zur Nanotechnologie



Darstellung in Anlehnung an VDI-TZ 1998 und 2001

Die neuen Effekte sind bislang nur ungenügend erforscht. Trotzdem lassen sich diese Effekte an Beispielen veranschaulichen:

- Die Anziehungs- und Abstoßungskräfte zwischen den Atomen führen unter komplexen Bedingungen zu bestimmten räumlichen Anordnungen von Atomen, die die Form von Röhren, Kugeln, Drähten, Quantenpunkten usw. annehmen können. Dies sind Gebilde im Nanokosmos wie Sternkonstellationen im Makrokosmos. Diese Anordnungen, sofern sie gezielt hergestellt werden können, erlauben die Entwicklung völlig *neuer Materialien* oder auch die Optimierung der Eigenschaften bekannter Materialien.
  - Die Festigkeit und Elastizität von Metall kann mit Kunststoffen erreicht werden. Keramikmaterialien können nicht nur hitzebeständig, sondern auch bruchfest konzipiert werden.
  - Nanoskalige Gebilde mit Innenhohlräumen können als Gefäße für Medikamente, Betriebsstoffe, Gifte usw. entwickelt werden.

- Nanoskalige Gebilde sind auch als Haken und Ösen, als Schlüssel und Schlösser usw. denkbar, die, wie im biologischen Bereich, die Verknüpfung von Nanobausteinen zu Makrogebilden ermöglichen oder die Verbindung und Kommunikation zwischen Materiebausteinen abwickeln.
- Solche Atomgruppen bzw. -cluster und in höherer Anordnung Moleküle können ihre Anordnungsstruktur, und damit ihre Eigenschaften, unter wechselnden Bedingungen ändern.
  - Das kann u. a. auch zur Konstruktion nanoskaliger *Bewegungsmechaniken*, d. h. für Antriebe genutzt werden. Neben den schon bekannten Piezoeffekten sind Bewegungsmuster wie bei Rudern, bei Tausendfüßlern, bei Schiffschrauben usw. denkbar.
  - Auch die elektrischen, magnetischen, photonischen u. a. Eigenschaften der Nanogebilde ändern sich mit variierenden Bedingungen. Das kann z. B. zum Design von molekularelektronischen Schaltungen, Speichern oder auch Quantenpunktlasern genutzt werden.
- In lebenden Organismen gibt es darüber hinaus „Baupläne der Natur“, die den Aufbau und die Funktion der Lebewesen in der Form enthalten, dass das Wachstum und die Regeneration sowie die Arterhaltung im Sinne der Selbst-Reproduktion darin geregelt sind.

Die Anordnung der Nanogebilde und deren Veränderung unter Variation von Umfeldbedingungen nutzen Gesetze der *Selbstorganisation* im nanoskaligen Raum, die sowohl für physikalische wie für chemische und biologische Anwendungen gemeinsam gelten. Diese Gesetze am Grunde der Materie sind noch weitgehend unerforscht. Ihre Beherrschung öffnet Türen zu neuen Anwendungen sowie zur Optimierung bekannter Anwendungen.

Die Grenzen dieser neuen Perspektiven sind noch nicht bekannt. Visionäre wie Drexler in den USA halten es für möglich, dass auch die Fähigkeiten in der Natur zur Selbst-Regeneration und -vervielfachung erschlossen werden können, so dass die *Einprogrammierung des Bauplanes* von Maschinen oder Robotern in nanoskalige Stammgebilde das automatische Wachstum von Maschinen, auch von Computern, möglich werden lässt (Drexler 1994). Diese Perspektiven zeigen aber auch die Grenzen des derzeit Vorstellbaren und werden von Wissenschaftlern im Feld der Nanotechnologie überwiegend skeptisch betrachtet. Durchaus absehbar sind dagegen Anwendungen, die lebende Organismen zum Zwecke menschlicher Nutzungen nanoskalig verändern oder die „Baupläne der Natur oder biologische Funktionsprinzipien“ für das Design technischer Nanosysteme kopieren.

Zusammenfassend soll unter Nanotechnologie die Möglichkeit verstanden werden, menschliche Ziele durch technische Manipulationen auf der Basis nanoskaliger Größenordnungen und Funktionsprinzipien zu erreichen oder noch kürzer: „Technische Funktionalität durch nanoskalige Strukturen und Prozesse“.

## 5.2 Charakterisierung des Technologiefeldes

### 5.2.1 Anwendungen, Anwendungspotenziale und Visionen

Die Nanotechnologie wird erst zum Objekt von Akzeptanz und Nachfrage in der Gesellschaft, wenn ihre Anwendungsperspektiven in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft deutlich werden. Diese sollen daher im Folgenden dargestellt werden.

Nanotechnologie öffnet einen neuen Werkzeugkasten (technische Funktionalität durch nanoskalige Strukturen und Prozesse), der am Anfang der Wertschöpfungskette, also endnutzerfern, im Querschnitt der Wirtschaft zu neuartigen Produktionsmöglichkeiten der Werkstoffstrukturierung, der Beschichtung und des selbstorganisierten Material- und Systemaufbaus führt. Mit diesem Werkzeugkasten lassen sich neuartige Vorprodukte wie Designermaterialien, Nanochips, Nanopartikel usw. herstellen, die ebenfalls endnutzerfern am Anfang der Wertschöpfungsketten von Endprodukten stehen. Für den Endnutzer wird Nanotechnologie kaum direkt als Nanoprodukt erfahrbar. Vielmehr erlebt er Nanotechnologie indirekt über sprunghaft erweiterte Funktionalitäten und Eigenschaften in der unüberschaubaren Vielfalt von Innovationen bei vertrauten und neuen Produkten und Systemen im Querschnitt der Wirtschaft.

Will man Nanotechnologie anschaulich im Hinblick auf die Akzeptanzproblematik darstellen, muss man einen geeigneten Darstellungsansatz finden. In den Veröffentlichungen über Nanotechnologie sind zwei Ansätze erkennbar, der eher prozesstechnisch orientierte Fachexpertenansatz und der eher an Endproduktvisionen orientierte Ansatz von Publizisten und Visionären:

- Die Fachwelt diskutiert die Perspektiven der Nanotechnologie überwiegend prozesstechnisch, die z. B. nach dem Muster formuliert sind: „Herstellungsverfahren für sehr komplexe Strukturen bis in molekulare und sogar atomare Bereiche werden allgemein eingesetzt (Stichworte: Quantenbauelemente, Nanoelektronik, Molekularelektronik)“ oder nach dem Muster der Broschüre des VDI-Technologiezentrums zum „Innovationsschub aus dem Nanokosmos“, in der sechs prozesstechnische Anwendungsschwerpunkte der Nanotechnologie aufgezeigt werden: Nanoanalytik, ultrapräzise Oberflächenbearbeitung, ultradünne funktionale Schichttechnologien, Nanostrukturierungstechnologien, nanotechnologische Optoelektronik und Nanochemie. Der Nachteil für diese Untersuchung liegt darin, dass gesellschaftliche Akzeptanz weniger gegenüber Werkzeugen und Herstellungsprozessen, sondern eher gegenüber direkt erfahrbaren Produkten registriert werden kann.
- Die Publizisten und Visionäre der Nanotechnologie stellen demgegenüber Produktvisionen wie denkende Maschinen, molekulare Biomedizin zur Überwin-

derung der Krankheitsgeißeln der Menschheit usw. in den Vordergrund (vgl. Kaku 1998). Diese Tendenz wird inzwischen auch von der technologiepolitischen Förderszene aufgegriffen (vgl. VDI-TZ 2001), indem dort heute schon erkennbare Produktvisionen bis 2050 (z. B. multifunktionale Textilgewebe) aufgezeigt werden.

Der produktorientierte Ansatz eignet sich aber nur dann, wenn die prinzipielle Produktvielfalt zu plausiblen Anwendungsaggregaten verdichtet werden kann (wie z. B. zur Vision denkender Maschinen, die ein Aggregat aus vernetzter Computer- und Maschinenteknik mit vielfältigster Peripherie- und Vernetzungstechnik darstellen) und gleichzeitig als typische Produktvertreter ganzer Wirtschaftscluster wie der Informationstechnik anzusehen sind. In diesem Sinne wird hier versucht, die Anwendungsperspektiven der Nanotechnologie nach vier Wirtschaftsclustern und für diese typischen Produkten exemplarisch anschaulich zu machen, d. h. nach den Bereichen der Elektronik, der Bio-, Material- und Präzisionstechnologie.

### **Anwendungsbeispiele zur Nanotechnologie:**

- *Elektronik*: hochdichte Speicher und leistungsminimierte Prozessoren, Hochleistungs-Mobil-PCs mit der Leistung eines heutigen Rechenzentrums, mit brillanten optoelektronischen Displays, Integration der Computer-Hardware in Textilien (Body-Elektronik), langzeitstabile Batterie- und Brennstoffzellenversorgungen im Miniaturmaßstab,

Anwendungsvisionen: Neuronale Mensch-Maschine Vernetzung und weltweit sprachunabhängige Verständigung vermittelt einer technischen Sprachübersetzungsinfrastruktur in Kommunikationsnetzen,

- *Biotechnologie*: neue Wirkstoffe, „intelligente“ Medikamentenkapseln mit Zielorientierung zum Krankheitsherd u. a. auch zur belastungsminimierenden Krebsbekämpfung, Kosmetika, Lichtfilterstoffe für Sonnenschutzmittel, allergiefreie Pflaster, biokompatible Implantate, Sensoren z. B. zur DNA-Analyse – „Lab-on-Chip“), langzeitdosierbare Pharmaka und Wirkstoffe für die orale Einnahme, Hautersatzmaterialien und Folien für den inneren Wundverschluss, perfekt selektierende Sensoren für Umweltgifte, Lebensmittelüberwachung und die Kontrolle von Körperfunktionen,

Anwendungsvisionen: Zielsichere Medikation und Umweltkontrolle sowie Gesundheitsoptimierung der Bevölkerung durch Anwendung der Kenntnisse des menschlichen Erbcodes in der Geburtenregelung,

- *Materialtechnologie* in der Tradition der Werkstoffchemie: Nanopartikel für Keramiken, Farben und Pigmente, Pulver, Membrane, Katalysatoren, Korrosionsblocker, Klebe- und Schweißtechnologien, funktionelle Schichten zur Wärmeisolierung, Schmutzabweisung, Antistatik, miniaturisierte Bauelemente außer-

halb der Mikroelektronik wie Solarzellen, Brennstoffzellen, leichte und gleichzeitig hochfeste Trag- und Strukturbauteile,

Anwendungsvisionen: Funktionsoptimierte, umwelt-, rohstoff- und energieschonende Designermaterialien, z. B. nanoporöse Werkstoffe als „schwammartige“ Gefäße für Medikamente, Enzyme, Treibstoffe usw. sowie als Bauelemente und Tragkonstruktionen mit geringem Gewicht, großer Festigkeit, geringer Temperaturabhängigkeit, präziser Reproduzierbarkeit usw.,

- *Präzisionstechnik* als Zusammenfassung von Feinmechanik/Optik, Automatisierungstechnik, instrumenteller Medizintechnik, Mikrosystemtechnik und Analytik: Miniaturisierte Peripherik für Computer (Body-Electronics, Mikro- und Nanosystemtechnik im weitesten Sinne), sphärische und asphärische Optiken (auch für Kameras und Brillen), reibminimierte Lagertechnik, „Lab-on-Chip“,

Absehbare Anwendungsvisionen: An Biomustern orientierte Roboter- und Systemtechnik.

Beispiele für noch spekulative bis utopische Anwendungsvisionen werden von den „Visionären“ der Nanotechnologie (Drexler 1994, Joy 2001, BAKS 2001) gegeben:

- Sich selbst vervielfältigende Roboter und sich selbst aufbauende Nanofabriken, die die Wachstums- und Fortpflanzungsgesetze der Natur imitieren,
- Designer-Viren für die biologische Kriegsführung,
- Skorpione imitierende Roboter zum Einsatz in Wüsten und sonstigen unwirtlichen Umgebungen wie auch im Weltraum.

### 5.2.2 Akteure

Die Nanotechnologie steckt als künftige Schlüsseltechnologie noch in den Startlöchern des Technologiezyklus mit der Folge, dass derzeit vor allem Akteure im Zusammenhang der Forschung und Technologieentwicklung sichtbar in Erscheinung treten. Seit Anfang der 1990er-Jahre wird die Nanotechnologie ausdrücklich von der Technologiepolitik aller führenden Industriestaaten gefördert. Als Geförderte treten Universitäten wie auch außeruniversitäre Institute in Erscheinung. In Deutschland haben sich mit Förderung durch die Technologiepolitik sechs Kompetenznetzwerke mit 50 bis über 100 Teilnehmerorganisationen aus Wissenschaft und Technik und jeweils einer Geschäftsstelle institutionalisiert, die ihre Forschung und Entwicklung thematisch vernetzen und im Hinblick auf industrielle Innovation koordinieren (vgl. Bühner 2002).

Die Wirtschaft tritt derzeit noch weniger deutlich in Verbindung mit Nanotechnologie in Erscheinung. Im Hintergrund wird die Entwicklung jedoch schon interessiert beobachtet und beeinflusst. Dies betrifft zunächst die Zusammenarbeit mit der For-

schung. In Teilgebieten betätigt sich die Industrie auch schon auf dem Markt. Dabei gibt es große Unterschiede je nach den Anwendungsklustern der Nanotechnologie.

In der Elektronik ist die Großindustrie mit eigenen FuE-Aktivitäten tätig auf dem Hintergrund des Wissens, dass die Nanotechnologie in schon absehbarer Zeit die technologische Basis für die Fortführung der Miniaturisierung und Höherintegration informationstechnischer Bauelemente nach dem „Moor’schen Gesetz“ liefern muss.

In der Biotechnologie entsteht mit Hilfe von Akteuren aus der Finanzwelt (Risikokapitalgeber, Banken allgemein) und der Pharmaindustrie eine Akteursgruppe junger Technologieunternehmen als Vorhut für die großindustrielle Markterschließung von Innovationen, die durch das Zusammenwachsen von Molekularbiologie und Nanotechnologie möglich werden.

In der Materialtechnologie fördert die Großindustrie Institute und junge Technologieunternehmen einmal bei der Entwicklung und kurzfristigen Markterschließung schon lange bekannter „Alchemistentechologie“ auf der Basis von Nanopartikeln, zum Anderen betreibt sie zunehmend selber Forschung auf dem Gebiet neuer Werkstoffe.

In der Präzisionstechnologie dürften die Aktivitäten im Kern noch längere Zeit auf wissenschaftliche Akteure begrenzt bleiben. Hier warten ähnliche Probleme wie in der Mikrosystemtechnik auf ihre Lösung: Systemtechnologien brauchen zumindest für die Massenproduktion Konventionen oder dominante Design-Muster für die Komponentenschnittstellen. Dazu ist es aber derzeit zu früh. Erst muss der Vorlauf der Mikrosystemtechnik abgewartet werden. Bei deren Vorliegen ist mit substantiellem Engagement auch von kleinen und mittleren Unternehmen zu rechnen. Auch die Aktivitäten von Normierungsinstitutionen werden dann an Bedeutung gewinnen.

Aus den Akteursbetrachtungen der Einzelcluster ist schon ersichtlich, dass neben Wissenschaft und Industrie auch Intermediäre wie Finanzdienstleister (vgl. Oppenheim 2001, HWAG 2001) und Normierungsinstitutionen zu wichtigen Akteuren werden. Auf staatlicher Seite wird nicht nur die derzeit dominierende Technologiepolitik in Aktion treten, sondern der Staat wird sich auch als Intermediär und Rahmensetzer bei der Ausgestaltung künftiger Anwendungen der Nanotechnologie betätigen, wenn es darum geht, Gesundheits- und Umweltschutz vor neuen Risiken der Nanotechnologie zu gewährleisten.

Dieser kursorische Ausblick auf die Akteure im Feld der Nanotechnologie wird in den folgenden Kapiteln vertieft, wenn es darum geht, Thesen über die Determinanten von Akzeptanz und Nachfrage im Hinblick auf die Wirkungen unterschiedlicher Akteursarenen zu entwickeln. Hier soll noch angefügt werden, welche Ak-

teurskonstellation gegenwärtig schon mit Hilfe von statistischen Publikations- und Patentanalysen festgestellt werden kann.

### **Führende Forschungsinstitute und Unternehmen in Deutschland<sup>7</sup>**

Statistische Publikationsanalysen können Auskunft über wissenschaftliche Aktivitäten und deren Verteilung auf Themenfelder und Akteure geben. In einer innovationswissenschaftlichen Dissertation mit Bezug zur Nanotechnologie (Hullmann 2001) wurde mit empirisch getesteten Stichworten speziell nach Publikationen auf dem Gebiet der Nanotechnologie gesucht. Dabei wiesen die folgenden Institutionen die größten Publikationshäufigkeiten auf:

Institute der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF), der Max-Planck-Gesellschaft (MPG) und der Einrichtungen der Blauen Liste (BLE) (seit 1997 Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz – WGL). In der Top-30-Liste finden sich weiterhin viele Universitätsinstitute.

Analog zu den Publikationsanalysen können statistische Patentanalysen Auskunft über technologische Aktivitäten und deren Verteilung auf Themen und Akteure, insbesondere Industrieunternehmen, geben. Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die aktivsten Patentanmelder aus Deutschland am Europäischen Patentamt. Sie entstammen dreien der vier hier ausgewählten Clustern der Chemie- und Pharmaindustrie, der Elektronik sowie der Materialtechnologie. Die deutsche Präzisionsindustrie ist in der Vergangenheit aus den Massenmärkten dieses Industrieclusters verdrängt worden, so dass hier eher mittlere Unternehmen dominieren, die keine entsprechend großen Patentportfolios halten können.

Tabelle 5.1: Top-10-Liste der aktiven Patentanmelder aus Deutschland am EPA 1991 bis 99 in der Nanotechnologie

<b>Rang</b>	<b>Patente</b>	<b>Anmelder</b>	<b>Branche</b>
1	39	Hoechst AG (Aventis), Frankfurt	Chemie
2	18	BASF AG, Ludwigshafen	Chemie
3	14	Institut für Neue Materialien, Saarbrücken	Wissensch./Chem.
4	12	Siemens AG, München	Elektronik
5	11	Bayer AG, Leverkusen	Chemie
6	10	Fraunhofer-Gesellschaft, München	Forschung
6	10	PAZ Arzneimittel Entwicklungsgesellschaft	Pharmazie
8	8	Alfatec-Pharma GmbH	Pharmazie
8	8	Degussa-Hüls AG, Frankfurt	Chemie

Quelle: Hullmann 2001

<sup>7</sup> Der folgende Abschnitt ist aus einer Publikations- und Patentanalyse zur Nanotechnologie in der Dissertation von Angela Hullmann (2001) übernommen worden.

Auffällig ist, dass aus dem Elektronikcluster nur ein Unternehmen (Siemens) in Erscheinung tritt, wo doch weltweit die Elektronik als die treibende Kraft der Nanotechnologie angesehen wird. Dies zeigt ähnlich wie in der Präzisionstechnologie, dass hier die technologische Führung eher im Ausland liegt. Die starke Stellung der Chemie- und Pharmaunternehmen zeigt dagegen, dass es sich hier um einen traditionell wettbewerbsstarken Industriecluster in Deutschland handelt.

### **5.2.3 Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen**

Verschiedenen Quellen zufolge hat Deutschland eine hervorragende Ausgangsposition für die Erschließung des Weltmarktpotenzials im Zuge der Marktdiffusion. Hier sollen Expertenurteile aus der Delphistudie 1998 (Cuhls et al. 1998) und aus einer Marktstudie (Oppenheim 2001) sowie patent- und publikations-statistische Analysen aus einer Dissertation über Nanotechnologie aus unserem Institut (Hullmann 2001) zur Belegung dieser Aussage herangezogen werden. Die Berichte des BMBF zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands bzw. zu den Chancen und Herausforderungen des Innovationsstandorts Deutschland im internationalen Wettbewerb (Legler et al. 2000; BMBF 2001; BMBF 2002) geben Einblick sowohl in technologische wie auch wirtschaftliche Wettbewerbsverhältnisse am Weltmarkt.

#### **5.2.3.1 Technologische und industrielle Wettbewerbsposition Deutschlands**

Die Auswirkungen der Nanotechnologie auf den Standort Deutschland hängen nicht nur von der technologischen Wettbewerbsstärke ab, sondern vor allem auch vom schon vorhandenen Potenzial (Größe, Wettbewerbsstärke und Wachstumsdynamik) der Industriecluster, in denen Nanotechnologie zum Einsatz kommen wird, also vom Potenzial der Industriecluster der Elektronik, der Biotechnologie, der Materialtechnologie und der Präzisionstechnologie, deren Wettbewerbsposition durch den „Hebel“ der Nanotechnologie aufgewertet werden könnte.

Die Studie Delphi' 98 weist aus, dass Deutschland zusammen mit den USA und Japan mit Abstand als führend in der Nanotechnologie eingeschätzt werden (Cuhls et al. 1998). Die Oppenheim-Studie (2001) weist Experteneinschätzungen dazu aus, welche Anwendungsbranchen für die weitere Entwicklung der Nanotechnologie die größte Bedeutung haben werden. Daraus ergibt sich eine für Deutschland typische Differenzierung. In den USA und Japan baut die Technologieführung vor allem auf deren Stärke in der Elektronik auf. Die deutsche Technologieposition wird eher auf Anwendungsfeldern wie der Automobil- und Umwelttechnik, in denen Deutschland schon traditionell eine starke Weltmarktposition innehat, profiliert.

Die Halbleiterindustrie gilt derzeit weltweit als das wichtigste Anwendungsfeld der Nanotechnologie. Allerdings haben hier eher die USA und Japan die Technologieführung inne. Eine starke Position in der Nanotechnologie generell kann allerdings



zu einem Aufholwettbewerb gegenüber den USA und Japan zur Verbesserung der deutschen und europäischen Wettbewerbsposition auch in der Halbleitertechnik genutzt werden. Expertengespräche lassen derartige Optionen als realistisch erscheinen.

Aus den Berichten des BMBF zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands lässt sich für den Elektronikcluster entnehmen, dass der Standort Deutschland im Weltmarktvergleich hier eher weniger spezialisiert und damit weniger erfolgreich ist, d. h. dass die Standortposition sowohl bei den direkt von der Nanotechnologie betroffenen Halbleiterbauelementen als auch bei den großen, von der Hebelwirkung betroffenen Industriezweigen der EDV, der Telekommunikation und der Unterhaltungselektronik nicht führend ist. Entgegen diesem generellen Muster ist zu vermerken, dass einzelne Bereiche wie die fortgeschrittene Elektrotechnik und die Medizinelektronik davon abweichen und entsprechende Wettbewerbsfolge am Weltmarkt erzielen. Auch für die große Branche der Telekommunikation wird ein Anstieg der Wettbewerbsfähigkeit in der Folge der Deregulierung des Telekommunikationsmarktes Anfang der 1990er-Jahre registriert.

Für den biotechnologischen Industriecluster finden sich vor allem Angaben zum Pharmasektor. Hier wird eine gespaltene Situation registriert. Traditionell ist die pharmazeutische Industrie einer der erfolgreichsten Sektoren der deutschen Industrie, und Deutschland ist weltweit immer noch die führende Exportnation. Jedoch hat die deutsche pharmazeutische Industrie in den letzten Jahren Boden gegenüber ihren Wettbewerbern, insbesondere aus den USA und Großbritannien, eingebüßt. Insbesondere in einigen Spitzentechnologien kann Deutschlands Pharmaindustrie im internationalen Wettbewerb nicht mehr mithalten. Die technologische Leistungsfähigkeit der pharmazeutischen Industrie wird aber zunehmend wesentlich durch die Fähigkeit zur Nutzung moderner biotechnischer Ansätze (einschließlich Genomics etc.), künftig möglicherweise auch nanotechnologischer Ansätze bestimmt. Entsprechendes Know-how wird häufig über Kooperationen erschlossen. Hier konnten deutsche Biotechnologieunternehmen inzwischen die Monopolstellung amerikanischer Biotechnologieunternehmen der 1990er-Jahre durchbrechen (Hinze et al. 2001).

Für den materialtechnologischen Industriecluster liegen keine hinreichend zuordenbaren Aussagen vor. Allerdings wird für die chemische Industrie festgestellt, dass sie zu den klassischen Säulen des deutschen Exporterfolges gehört, wobei auch hier ein rückläufiges Spezialisierungsmuster mit entsprechend rückläufigen Exportüberschüssen zu verzeichnen ist.

Der präzisionstechnologische Industriecluster wird als ausgesprochen wettbewerbsstarker Bereich der deutschen Industrie geschildert, wobei es sich bei der fortgeschrittenen Optik und Mess-, Steuer- und Regeltechnik eher um kleinere, mittelständisch geprägte Industrien für industrielle Investitionsgüter, also z. B. um Indus-

trioptiken für die Chipherstellung, handelt, nicht jedoch um optische Konsumgüter für Massenmärkte, wo die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Präzisionsindustrie seit langem an fernöstliche Wettbewerber verloren wurde.

Industrieübergreifend wird festgestellt, dass die deutsche Wettbewerbsstärke auf dem Innovationspotenzial bei forschungsintensiven Gütern beruht, dass der Schwerpunkt dabei jedoch weniger bei den Spitzentechnologien mit höchstem FuE-Aufwand, sondern bei hochwertigen Technologien liegt. Deutschland profiliert sich als breiter Anwender von Spitzentechnologien, die als Vorprodukte für die exportorientierte Weltmarktproduktion von hochtechnologischen Investitions- und Gebrauchsgütern, insbesondere für den Automobilssektor, anzusehen sind.

Zusammenfassend werden folgende Erwartungen an die Nanotechnologie in Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands gerichtet:

- Anknüpfung an traditionelle Stärken, an Leitmärkte mit führender Wettbewerbsposition (z. B. Automobilindustrie, Umwelttechnik, Präzisionstechnik).
- Ausbau der führenden, aber durch Wettbewerber (teilweise) gefährdeten Position bei hochwertigen Technologien und forschungsintensiven Gütern (z. B. Chemie mit Nanotechnologieanwendungsgebiet Materialien, Pharmaindustrie).
- Erlangung einer führenden Wettbewerbsposition durch frühzeitiges Aufgreifen der Nanotechnologie, z. B. in Teilbereichen der Halbleitertechnik, Mikroelektronik und IuK-Technologien, Biotechnologie.

### 5.2.3.2 Patentposition<sup>8</sup>

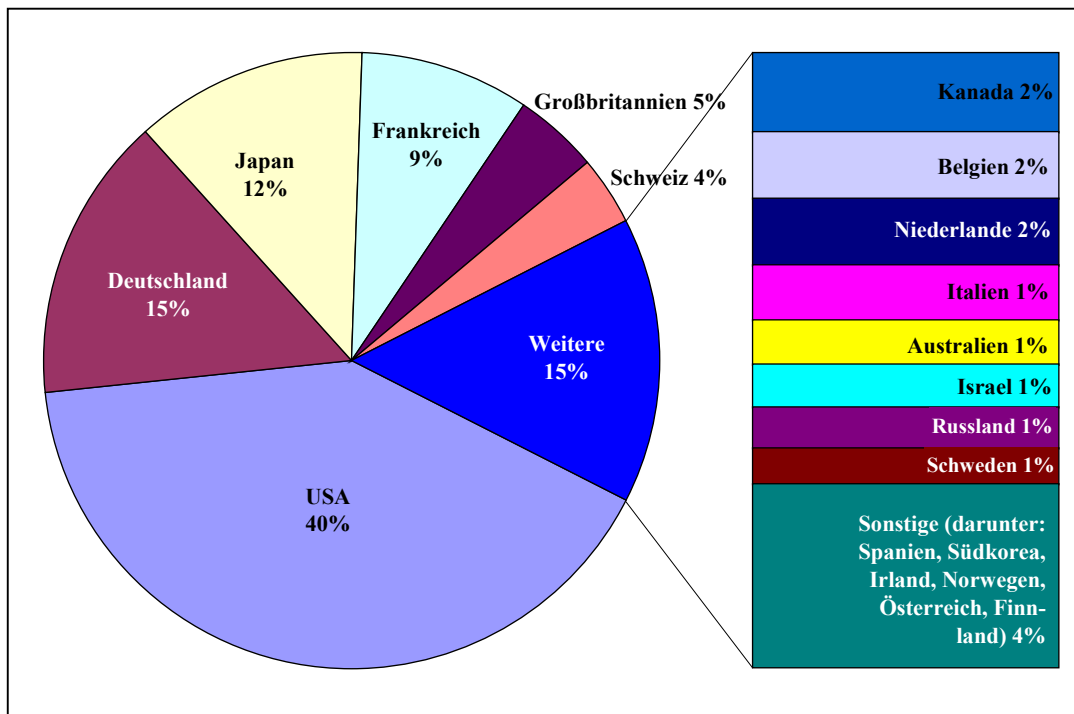
Auch anhand von Patentindikatoren lässt sich eine führende Position Deutschlands in der Nanotechnologie ableiten. Ein Ländervergleich in Bezug auf die Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt (EPA) für die 1990er-Jahre zeigt, dass Deutschland noch vor Japan, aber hinter den USA, zu den drei großen Patentanmeldern gehört (Abb. 5.2).

Betrachtet man die Patentanmeldungen als Indikator für technologische Leistungsfähigkeit und Innovationskompetenz, kann aus diesen Daten geschlossen werden, dass Deutschland zu den drei in der Nanotechnologie führenden Ländern zu zählen ist. Da eine entsprechende bibliometrische Datenbankanalyse wissenschaftlicher Publikationen zu ähnlichen Ergebnissen führt (Hullmann 2001), gilt dieses Ergebnis gleichermaßen für die Wissenschaft wie für die Technologie, wobei in der Technologie sogar ein deutlicher Abstand vor Japan festzustellen ist. Diese gute Position wird noch deutlicher, wenn man beachtet, dass Deutschland von der Einwohnerzahl her deutlich kleiner ist als Japan und die USA.

---

<sup>8</sup> Der folgende Abschnitt ist teilweise in wörtlichen Auszügen aus der Dissertation von A. Hullmann (2001) übernommen.

Abbildung 5.2: Nanotechnologische Patente am Europäischen Patentamt 1991 bis 1999: Ländervergleich



Quelle: Hullmann 2001

### 5.2.3.3 Technologiepolitische Förderposition

Angesichts der sehr guten Ausgangsposition für den internationalen Technologiewettbewerb stellt sich die Frage, ob die technologiepolitische Förderung einen förderlichen oder hemmenden Rahmen für die weitere Entwicklung der Nanotechnologie in Deutschland setzt. Dies soll zunächst quantitativ im Hinblick auf verfügbare Fördermittel im Weltmarktvergleich, und anschließend qualitativ im Hinblick auf Förderkonzepte und Hemmnisse geprüft werden.

Unveröffentlichte Analysen aus dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) besagen<sup>9</sup>, dass die finanzielle Förderung der Nanotechnologie in Deutschland entgegen „gerne gepflegter Vorurteile“ durchaus auf vergleichbarem Niveau wie in den USA und Japan erfolgt, wenn man unterschiedliche Förderstrukturen (z. B. die Förderfähigkeit von Overheadkosten sowie die unterschiedliche Verteilung der Fördersummen auf unterschiedliche Träger (in Deutschland auf Bund, Länder und die institutionelle Förderung der großen Forschungsorganisationen) berücksichtigt.

<sup>9</sup> Die Informationen wurden im Rahmen einer begleitenden Evaluationsstudie zur Förderung von sechs Kompetenzzentren der Nanotechnologie gegeben (Bührer et al. 2002).

Unter qualitativen Aspekten weist die deutsche Nanotechnologieförderung ebenfalls bemerkenswerte Besonderheiten auf, die sie als innovativ charakterisieren. Ausgehend von Technologie-Vorausschau-Studien Anfang der neunziger Jahre (vgl. z. B. die Studie „Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts“ aus dem Jahr 1993 (Grupp 1993), sowie erster deutscher Delphi-Bericht aus dem Jahre 1993 (Grupp et al. 1993)) wurde die Nanotechnologie schon sehr früh gefördert. Im Jahre 1998 mündete dies in der Ausschreibung eines Wettbewerbs für sechs Kompetenzzentren der Nanotechnologie. Damit wurde die Förderung auf zwei Beine gestellt: Finanzielle Forschungsprojektförderung sowie innovationsorientierte Vernetzungsförderung zwischen Wissenschaft und Industrie, wodurch die gute Ausgangsposition Deutschlands in der Nanotechnologie ausgebaut werden sollte. Die „International Technology Service Mission on Nanotechnology to Germany and the USA“, ein Vergleich der Nanotechnologie-Förderprogramme in den USA, Deutschland und England (Institute of Nanotechnology UK 2001) aus englischer Sicht schätzt das deutsche Förderkonzept als sehr Erfolg versprechend ein.

#### **5.2.3.4 Markt- und Nachfragepotenzial der Nanotechnologie**

Die wichtigsten Anwendungspotenziale der Nanotechnologie sind in Kapitel 5.2.1 dargelegt worden. Für diese Bereiche, die Prozesstechnologie sowie die Anwendungscluster der Elektronik, der Biotechnologie, der Material- und der Präzisionstechnologie sollen hier quantitative Marktabschätzungen wieder gegeben werden, soweit entsprechende Daten vorliegen<sup>10</sup>.

##### **Nano-Prozesstechnologien**

Die Prozesse, für die die Nanotechnologie schon kurz- bis mittelfristig Bedeutung gewinnen wird, repräsentieren nach Bachmann (VDI-TZ 1998) im Jahr 2001 einen Weltmarkt von ca. 50 Milliarden € (vgl. Tab. 5.2). Dabei werden die Marktpotenziale der Produktgruppen abgeschätzt, die für die hier angegebenen industriellen Prozesstechnologien eingesetzt werden.

Knapp die Hälfte davon entfällt auf ultradünne Beschichtungen insbesondere in der elektronischen Halbleitertechnik. Aber auch der Aufbau von Keramiken, Farben, Kosmetika usw. mit Hilfe von Nanopartikeln weist ein sehr großes Marktpotenzial von heute ca. 12 Milliarden € auf. Das Gleiche gilt für die Oberflächenbearbeitung (Glättung) von Waferoberflächen, Lagerschalen usw. Geräte zur Erzeugung lateraler Nanostrukturen in hochpräzisen Belichtungsmaschinen wie auch die Herstellung von Rastersonden für die Nanoanalytik haben dagegen mit unter 1,5 bzw.

---

<sup>10</sup> Die Daten gehen vor allem auf Angaben in der VDI-Broschüre zum Innovationsschub aus dem Nanokosmos zurück (VDI-TZ 1998), die nach 2000 nochmals aktualisiert wurden (VDI-TZ 2001b).

3 Milliarden € ein relativ weit geringeres Marktpotenzial, was jedoch nichts über ihre immense Hebelwirkung insbesondere für die Elektronikindustrie aussagt.

Tabelle 5.2: Direktes Marktpotenzial der Nanotechnologie als Prozesstechnologie

Anwendungen	Weltmarkt 2001 (Mrd DM)	Erläuterungen
Nanotechnologie insgesamt	105	IT-Komponenten, Analysegeräte, Optiken, Sensoren, Materialien usw. – Vorreiter: IT-Anwendungen
Ultradünne Schichten	45	Datenspeicherschichten, biokompatible Implantatbeschichtung, Glasbeschichtung
Nanomaterialien	25	Nanopartikel, Keramiken, Pigmente, Kosmetika usw.
Ultrapräzise Oberflächen	26	Waferoberflächen, Lagerschalen usw.
Laterale Nanostrukturen	3	Josephson-Kontakte, Lithographiergeräte, Röntgenoptiken
Nanoanalytik	6	Rastersondengeräte, Positioniersysteme, Koordinatenmessmaschinen, usw.

Quelle: VDI-TZ 1998

## Elektronik

Deutlich mehr als die Hälfte des direkten Marktpotenzials der Nanotechnologie (Nanoprozesse) mit einem Gesamtvolumen von ca. 50 Milliarden € (1999), d. h. mindestens 25 Milliarden €, dürfte derzeit auf Prozesse in der Wertschöpfungskette der Elektronikindustrie inkl. der Informationstechnik im weitesten Sinne (digitale Datenverarbeitung, Telekommunikation und Unterhaltungselektronik) entfallen. Über den Hebeleffekt der Aufwertung elektronischer Produkte durch nanotechnologische Innovationen werden dabei um eine Größenordnung größere Marktvolumina bewegt. Tabelle 5.3 gibt eine Übersicht über die Marktpotenziale der maßgebenden Produkte bzw. Produktkomponenten aus der Elektronik-Wertschöpfungskette.

Die Nanotechnologie hat ihr direktes Hauptanwendungsfeld in der Vorstufe zu den Chips (Prozessoren und Speicherchips) als Bauelementen der Elektronik. Der indirekte Hebeleffekt von der Vorprodukt- auf die Produkt- und Systemebene lässt sich aus Tabelle 5.3 ablesen. Vom Gesamtumsatz von über 1000 Milliarden US\$ (1999) im Weltmarkt für Elektronik insgesamt entfallen auf elektronische Produkte (z. B. PC und andere datentechnische Geräte) über 900 Milliarden US\$. Auf Chips entfallen nur ca. 100 Milliarden US\$, also ca. ein Zehntel des Gerätwertes. Es lässt sich also annehmen, dass das direkte Marktpotenzial der Nanotechnologie vor allem in den Herstellprozessen mindestens mit dem Faktor 10 multipliziert werden kann,

wenn man das indirekt von nanotechnologischen Innovationen bewegte Marktpotenzial abschätzen will.

Tabelle 5.3: Indirektes Weltmarktpotenzial der Nanotechnologie in der Elektronik

Produktgruppe	Weltmarktpotenzial (Mrd US\$)	
	1999	2004
Elektronik	1090	1801
- elektronische Geräte	935	1433
- Halbleiterchips	126	296
- Herstellgeräte für Chips	26	65
- Stepper	3	6,6
- Litho-Optiken	0,7	1,7

Quelle: VDJ-TZ 1998

Tabelle 5.3 enthält noch eine weitere Information: Die Nanotechnologie wird in Zukunft die Erweiterung der Elektronik auf die Photonik oder auch Optoelektronik begünstigen. Hier kündigt sich ein neuer Technologiezyklus auf der Basis des Lichts (Photons) anstatt des Elektrons als Träger der Information an. Dieser Markt ist derzeit mit 3 Milliarden US\$ noch relativ klein, wird aber in Zukunft stark wachsen.

### Biotechnologie

Ähnlich wie im Falle des Elektronikclusters liefert die Nanotechnologie den Hebel zur Erschließung des Zukunftsmarktes der Pharmazie. Das Marktvolumen der Nanopartikel als Grundstoffe für das Drug-Design dürfte dabei relativ klein sein. Das davon betroffene Marktpotenzial der Pharmazie (hier 380 Milliarden US\$, vgl. Bachmann 2000) ist dagegen sehr groß. Nach Bachmann dürfte grob geschätzt die Hälfte dieses Marktpotenzials durch Nanotechnologie eine wettbewerbsentscheidende Aufwertung erfahren.

Neben der Pharmazie als dem gewichtigsten Markt für Biotechnologie gibt es weitere Märkte wie z. B. die für Diagnostik- und Therapiegeräte (Herzschrittmacher, Diagnostikgeräte, Drug Delivery Systeme, „Lab-on-Chip-Systeme“) mit einem angenommenen Marktvolumen von 11 Milliarden € im Jahr 2002, die für den Marktcluster ebenfalls von großer Bedeutung sind, nicht jedoch ein vergleichbar großes Volumen wie die Pharmazie aufweisen.

## **Materialtechnologie**

Angesichts seines Querschnittscharakters stehen für diesen Cluster keine umfassenden Marktdaten zur Verfügung. Exemplarisch wird nur auf die erheblichen Marktpotenziale z. B. für Keramik (Weltmarkt 2000: 25 Milliarden US\$) oder für Membranen (Weltmarkt-Entwicklungspotenzial von einem heute noch vernachlässigbaren Ausgangsstand bis zu einem Marktvolumen in 20 Jahren von 20 Milliarden US\$) verwiesen (Bachmann 2000).

## **Präzisionstechnologie**

Die immensen Herausforderungen der Halbleiterindustrie mit ihren langfristig planbaren Roadmaps, der Durchbruch zu den atomar auflösenden Rastersonden und die Fortschritte bei ultrapräziser Oberflächen- und Beschichtungstechnik haben auch in der Präzisionstechnologie zu nanotechnologischen Fortschritten geführt, die sich in erweiterten Marktpotenzialen auch außerhalb der Mikroelektronik niederschlagen. Es lassen sich jedoch dafür gegenwärtig keine umfassenden Daten finden. Vielmehr können nur Daten für einzelne Produktgruppen angegeben werden.

Im Cluster Präzisionstechnik hat sich insbesondere der Markt für Sensoren mit einem Volumen von über 6 Milliarden US\$ schon im Jahr 1998 dynamisch entwickelt. Insbesondere die Automobiltechnik ist zum Entwicklungsmotor der Sensorik und der darauf aufbauenden Mikrosystemtechnik geworden (Bierhals 2000). Weitere Angaben gibt es für Analysesysteme mit einem Weltmarktvolumen von 4,6 Milliarden US\$ im Jahr 2000.

### **5.2.3.5 Zeitliche Perspektiven der Marktdiffusion**

Das Marktpotenzial bildet zwar den Rahmen für die künftige Bedeutung der Nanotechnologie, faktische Akzeptanz und Nachfrage entwickeln sich aber im Zuge der Marktdiffusion, wenn konkrete Produkte und Verfahren Marktreife erlangen. Zur Abschätzung der zeitlichen Marktdurchdringung werden hier zwei Ansätze verfolgt: Einmal die Auswertung vorgefundener Vorausschaustudien mit besonderer Blickrichtung auf nanotechnologische Prozesstechnologien, und zum Zweiten eine Betrachtung der Entwicklungsdynamik der vier hier betrachteten Industriecluster im Technologiezyklus.

### **Markteintritt nanotechnologischer Herstelltechnologien für die Mikroelektronik**

Erste Abschätzungen zum Markteintritt nanotechnologischer Herstelltechnologien für die Mikroelektronik gibt es in einer Bankenstudie, in der die Nanotechnologie als Objekt der Anlage von „venture capital“ unter kommerziellen Perspektiven

untersucht wird (Oppenheim 2001) sowie aus der breit angelegten Studie Delphi '98 (Cuhls et al. 1998).

Die Oppenheim-Studie orientiert sich an der Untergliederung der Nanotechnologie des VDI-Technologiezentrums von 1998 (VDI-TZ 1998). Über eine nicht näher spezifizierte schriftlichen Expertenfrage kommt die Studie zu dem Schluss, dass die fünf wichtigsten Nanoprozesstechnologien (ultradünne Schichten, ultrapräzise Oberflächenbearbeitung, Nanoanalytik, Nanooptoelektronik, Nanostrukturierung) sich im Zeitraum zwischen 2001 bis 2014 so weit zum industriellen Stand der Technik entwickeln werden, dass finanzielle Kapitalinvestitionen lohnend werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die insbesondere für die weitere Generationenfolge der Mikroelektronik-Roadmap benötigten Beschichtungs- und Oberflächenbearbeitungstechnologien sowie die begleitende Nanoanalytik zur Qualitätssicherung sich sehr schnell bis hinab zur Nanoskala weiterentwickeln werden. Der Durchbruch zur Optoelektronik und zur nanoskaligen Strukturierungstechnik, die wahrscheinlich einen Technologiesprung für die Elektronikindustrie fordert, wird erst in der zweiten Hälfte des laufenden Jahrzehnts bzw. an dessen Ende erwartet (Oppenheim 2001). Die Delphistudie von 1998 bestätigt diese Zeithorizonte im Grundsatz (Cuhls et al. 1998).

Aus beiden Studien ergibt sich gleichermaßen, dass der Marktdurchbruch der Nanotechnologie mittelfristig absehbar ist und der Markt dann über Jahrzehnte ausreifen wird.

### **Nanotechnologien im Technologiezyklus**

Nanotechnologische Herstellprozesse sind für den Konsument und Bürger nicht hinreichend transparent. Die Marktdiffusion von Herstelltechnologien bietet deswegen keinen hinreichenden Ansatz zur Abschätzung künftiger Akzeptanz und Nachfrage. Das erfordert wiederum den Rückgriff auf die Hebelrelationen der Nanotechnologie zu den wichtigsten technisch-industriellen Anwendungsklustern, in denen sich Akzeptanz und Nachfrage formieren werden. Abbildung 5.3 zeigt die Schlüsselsektoren der Elektronik, der Biotechnologie, der Material- und Präzisionstechnologie in unterschiedlichen Phasen des Technologiezyklus. Diese Einschätzungen wurden aus Materialien und Gesprächen mit Mitgliedern von Kompetenzzentren der Nanotechnologie (Bührer et al. 2002) gewonnen.

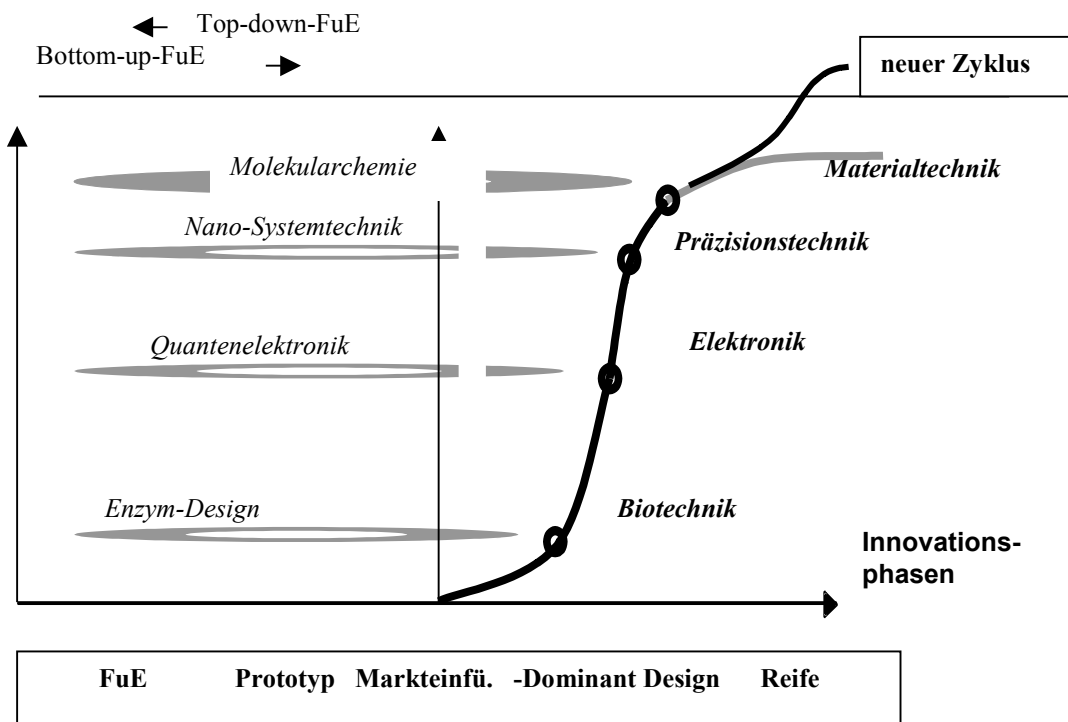
- Die Elektronikindustrie als dem größten Anwendungssektor befindet sich derzeit in der dynamischen Wachstumsphase der Marktdiffusion. Dieses Wachstum wird getragen von der „Top-down-Entwicklung“ der Mikroelektronik hin zur Nanotechnologie, d. h. der zunehmenden Mikrominiaturisierung bis an die Grenze der Nanoskala, bei der ein Technologiesprung zur „Bottom-up-Entwicklung“ der Nanoelektronik unvermeidbar sein wird, die heute noch in der vormarktlichen FuE-Phase angesiedelt ist. Die Nanotechnologie wird das weitere



Wachstum der Elektronikindustrie und deren industrielle Kontinuität mittelfristig beginnend im Zeitraum zwischen 2005 und 2010 zunehmend sichern.

- Die Biotechnologie hat ihren Markteintritt gerade durch ihre nanotechnologische Basierung z. B. in der Gentechnik hinter sich und befindet sich derzeit in einem frühen Stadium des Technologiezyklus, d. h. in der Phase beschleunigter Marktdurchdringung mit hohen Zuwachsraten auf noch niedrigem Niveau. Die Nanotechnologie trägt also den bevorstehenden Marktdurchbruch der Biotechnologie als künftiger Schlüsseltechnologie und Basis für industrielle Auf- und Umbrüche.
- Die Material- und die Präzisionstechnik sind in reifenden Märkten angesiedelt, die gerade durch die Nanotechnologie dynamische Impulse zum Start in einen neuen Technologiezyklus erhalten. In der Chemie baut dieser Impuls derzeit auf dem Einsatz von Nanopartikeln auf, in der Präzisionstechnik auf dem Impuls der Rastersondentechnik, die zunehmend auch manipulativ eingesetzt werden kann. Für beide Anwendungskluster der Nanotechnologie gab es schon Vorläufer in der klassischen Chemie (z. B. Sol-Gel-Technologie) und der Feinwerktechnik/Mikrosystemtechnik, die aber durch das neue molekulare Verständnis der technologischen Zusammenhänge erst systematisch genutzt werden können. Ob die Entwicklung primär von der traditionellen Großindustrie oder vom Auf- und Durchbruch junger Unternehmen getragen werden wird, kann erst im Zuge der Entwicklung beurteilt werden.

Abbildung 5.3: Nanotechnologien im Technologiezyklus



Zusammenfassend hat die Nanotechnologie in der molekularen Biotechnologie den Markteintritt schon vollzogen, steht aber noch vor dem breiten Marktdurchbruch. In der Materialtechnologie gibt es schon einen vorläufigen Marktdurchbruch für Anwendungen von Nanopartikeln, die eigentlich auf alten, aber noch nicht verstandenen Chemietechnologien (Kolloidchemie) beruhen und jetzt erst richtig beherrscht werden. Der breite Marktdurchbruch molekularer Materialtechnologie wird aber erst längerfristig einsetzen. In der Elektronik und der Präzisionstechnologie wird der Marktdurchbruch zur Nanotechnologie auch in zwei Schritten vollzogen werden: Zunächst wird im Zuge der „Top-down-Miniaturisierung“ herkömmlicher Mikrostrukturierungstechnologie in der zweiten Hälfte dieses Jahrzehntes die Grenze zur Nanotechnologie erreicht werden (z. B. mit der extrem ultravioletten Röntgenlithographie für die Mikroelektronik). Im folgenden Jahrzehnt wird dann der Schritt zur „Bottom-up-Nanoelektronik und Nanosystemtechnik“ vollzogen werden, in der anstatt immer weiter miniaturisierter Belichtungstechnik „echte“ Nanotechnologien, die die atomaren Selbstorganisationskräfte für den Aufbau von Schaltkreisen und Systemen nutzen, eingesetzt werden.

### **5.2.3.6 Zusammenfassung: Marktpotenzial mit Hebelwirkung**

Nanotechnologie, d. h. die Manipulierung technischer Funktionalität im atomaren Maßstab, ist nicht mehr eine ferne Zukunftsvision, sondern schon in der Gegenwart ein erheblicher Wirtschaftsfaktor. Das direkte Marktpotenzial ergibt sich aus den Anwendungsmöglichkeiten in prozesstechnischen Vorstufen der Wertschöpfungsketten bedeutender Industriezweige wie der Elektronik, der Bio-, Material- und der Präzisionstechnologie.

Die Märkte für Prozesstechniken, in die die Nanotechnologie maßgeblich eindringen wird, haben derzeit eine Größenordnung von ca. 50 Milliarden US\$ weltweit. Die weitaus wichtigste Rolle spielen dabei Schicht-, Oberflächen- und Strukturierungstechniken zur Herstellung mikroelektronischer Bauelemente (Prozessoren, Speicher und entsprechende Schreib-Lese-Systeme, deren Übergang in die Nanodimension anhand der Roadmaps der Halbleiterindustrie innerhalb der nächsten zehn Jahre schon gesichert abzuschätzen ist). Aber auch außerhalb der Elektronik gibt es derzeit große Marktpotenziale, die teilweise schon derzeit erschlossen werden (Nanopartikel in Farben, Lacken, Gläsern usw.).

Wichtiger als die direkten Marktpotenziale der Nanotechnologie sind ihre indirekten „Hebeleffekte“ auf in der Wertschöpfungskette nachgelagerte Marktcluster der Elektronik, der Biotechnologie (Pharma, Agrofood), der Materialtechnologie im Querschnitt der Wirtschaft und der Präzisionstechnik (Mikro- und Nanosystemtechnik). Hier ist ein Multiplikator von 10 bezogen auf das direkte Marktpotenzial der Nanotechnologie nicht unrealistisch, d. h. die Nanotechnologie kann als Schlüsseltechnologie für Weltmarktmarktpotenziale in der Größenordnung von über 500 Milliarden € angesehen werden.

### **5.3 Akzeptanz und Nachfrage als Standortfaktoren in der Nanotechnologie**

In Kapitel 5.2 wurde die Anwendungsbreite der Nanotechnologie als künftige Schlüsseltechnologie aufgezeigt, auf die volkswirtschaftliche Bedeutung angesichts eines sehr großen Markt- und Nachfragepotenzials hingewiesen und die gute Ausgangsposition von Deutschland als Industriestandort von Nanotechnologie beschrieben. Im Hinblick auf den Charakter als Querschnittstechnologie mit unübersichtlicher Anwendungsvielfalt wurde eine Untergliederung in vier Anwendungskluster vorgeschlagen (Elektronik, Bio-, Material- und Präzisionstechnologie), die sich einerseits leichter durch typische Anwendungsbeispiele und andererseits durch homogenere Akteurskonstellationen charakterisieren lassen. Im Anschluss daran soll nun der Frage der Akzeptanz und Nachfrage für Nanotechnologie und ihrer Determinanten nachgegangen werden mit dem Ziel, Hemmnisse für die Ausschöpfung des Nachfragepotenzials zu identifizieren und Handlungsoptionen für die künftige Förderung der Nanotechnologie zu ermitteln.

#### **5.3.1 Vorbemerkung**

Nanotechnologie unterscheidet sich von den anderen in dieser Studie untersuchten Technologien als Objekt von Akzeptanz und Nachfrage dadurch, dass es sich in weiteren Bereichen um eine noch ferne „Zukunftstechnologie“ handelt. Sie ist zwar in Umrissen durchaus schon erkennbar und mit Vorläufern schon am Markt, im eigentlichen Sinne wird sie aber erst in etwa zehn Jahren für Anwender und Nutzer spürbar werden. Die Frage der Akzeptanz und Nachfrage wird sich dann wahrscheinlich realistischer stellen als heute. Bis dahin wird sie vorwiegend ein Thema von Forschung und Entwicklung sowie der Spekulation über Visionen oder gar Utopien und deren Wirkungspotenzialen bleiben.

Die Besonderheit des langfristigen Vorlaufs bis zum breiten Marktdurchbruch gibt der Technologiepolitik die Chance, rechtzeitig kritische Anwendungspotenziale und -bedingungen der Nanotechnologie zu identifizieren und darüber in den Dialog mit beteiligten und betroffenen Akteuren zu treten. Die Abschätzung der künftigen Akzeptanz und Nachfrage stellt dabei eine besondere Herausforderung dar.

Das methodische Vorgehen wurde ausführlicher in Kapitel 2 dargestellt. Da es noch keine wissenschaftlich fundierten Untersuchungen der zu erwartenden Akzeptanz und Nachfrage für die Nanotechnologie gibt, stützt sich die Darstellung einerseits auf die Mediendebatte über Nanotechnologie und auf Gesprächskontakte mit daran beteiligten Akteuren. Zudem wurden verwandte Studien (z. B. zur Mikrosystemtechnik) unseres Instituts herangezogen, und Erkenntnisse aus der allgemeinen Technikakzeptanzforschung auf die Nanotechnologie übertragen. Darüber hinaus

wurden die entwickelten Thesen bei Veranstaltungen über Nanotechnologie sowie in Interviews und internen Workshops diskutiert und weiter entwickelt.

### 5.3.2 Chancen und Risiken

Als Einstieg in die Untersuchung werden zunächst die mit der Nanotechnologie in Verbindung gebrachten Chancen und Risiken aufgelistet. Das VDI-Technologiezentrum hat im Auftrag des BMBF eine Vorstudie zu den Chancen und Risiken der Nanotechnologie durchgeführt, die, obwohl nur auf wenigen Interviews bei naturwissenschaftlich-technischen Experten (keine Sozialwissenschaftler) basierend, einen guten Überblick über das potenzielle Wirkungsspektrum dieser Zukunftstechnologie gibt. Die Ergebnisse dieser Vorstudie werden hier, ergänzt um Angaben aus zwei weiteren Quellen, gekürzt in Tabelle 5.4 zusammengestellt und nicht näher kommentiert. Sowohl bei den Chancen als auch bei den Risiken handelt es sich um gravierende Wirkungspotenziale, die die Lebenswirklichkeit der Menschen weitreichend verändern können.

Tabelle 5.4: Chancen und Risiken der Nanotechnologie

<b>Wirkungsdimension</b>	<b>Chancen</b>	<b>Risiken</b>
<b>Technik</b>	Sprunghafte technische Fortschritte bei Produkten, Prozessen und Dienstleistungen	Unkenntnis technischer „Nebenwirkungen“
<b>Ökonomie</b>	Wachstumsimpulse, verbesserte und neuartige Produkte und Dienstleistungen, neue Arbeitsplätze, Wissen über genetische Ressourcen als reproduzierbarer Rohstoff der Zukunft	Verdrängung alter Industrien, Gefährdung von Arbeitsplätzen, Wirtschaftliche Aneignung der Geninformationen lebender Organismen durch Großunternehmen
<b>Ökologie</b>	Ressourcenschonung durch geringeren Materialverschleiß, Unabhängigkeit von knappen Rohstoffen, Gewichts- und Energieeinsparung im Verkehr, Dezentrale Produktion mit weniger Produktionsrisiken und Verkehr, Verringerung des Treibhauseffektes durch Nutzung der Solarenergie (Solarzellen und intelligente, steuerbare Materialien), Ersatz gefährlicher Stoffe, hochsensible Umweltkontrolle	Mögliche Recyclingprobleme bei neuen Materialien mit großer Stabilität
<b>Gesundheit</b>	Leistungsfähigere und schonendere Diagnostik und Therapie, höhere Lebenserwartung	Toxizität von Nanopartikeln, Genetische Gesundheitsüberwachung für Arbeitgeber und Versicherungen, Unabsehbare Folgewirkungen für die sozialen Sicherungssysteme bei Alter und Krankheit, Tendenz zur Eugenik

Fortsetzung Tabelle 5.4

<b>Wirkungsdimension</b>	<b>Chancen</b>	<b>Risiken</b>
<b>Individuum und Soziales</b>	Zunehmende individuelle Leistungs- und Konsumfähigkeit, bessere Lebensqualität, Ubiquitäre mediale Mobilität, Mediale Unterstützung bei Aufsichtspflichten (Kinder, Alte, für Häuser, Anlagen usw.)	Informationsüberflutung, Überforderung durch jederzeitige mediale Erreichbarkeit, visuelle und auditive Überwachung, Gefährdung von Datenschutz und Privatsphäre, Vereinsamung durch abnehmende Sozialkontakte
<b>Militär</b>	Zunehmende Sicherheit für technisch-industriell führende Staaten	Zugänglichkeit von Nanotechnologie für intelligente Terroristen
<b>Vision</b>	Die Schöpfung in Menschenhand	Verselbstständigte Technik (Roboterherrschaft)

Quellen: VDI-TZ (2001a); CAP (o.J.); Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen (2001)

Die technischen Fortschritte auf Prozess- und Produktebene sind die Basis für Erwartungen an Chancen und Risiken in Ökonomie, Ökologie, Gesellschaft usw. Sie wurden beispielhaft in Kapitel 5.2.1 über Anwendungspotenziale und -visionen dargestellt. Im Hinblick auf die nachfolgend analysierten Akzeptanz- und Nachfrage-determinanten ist es sinnvoll, Ergebnisse der Nanotechnologie danach zu unterscheiden, ob es sich um heute schon absehbare Technikentwicklungen und -visionen handelt, oder um spekulative Anwendungsvisionen, d. h. Technikentwicklungen im Sinne rein gedanklich fortentwickelter „Qualitätssprünge am Ende denkbarer technischer Fortschritte“.

### **5.3.3 Determinanten für die Akzeptanz der Nanotechnologie**

#### **5.3.3.1 Denkanstöße aus der aktuellen Mediendebatte**

Die USA sind die Vorreiter für eine öffentliche Debatte zur Nanotechnologie. In der Folge der mit einem Nobelpreis belohnten Erfindung des Rastertunnelmikroskops Mitte der achtziger Jahre und den visionären Veröffentlichungen von Drexler (1991) und Anderen entstand dort eine Diskussion, die ihren vorläufigen Abschluss in der Auflage des sozialwissenschaftlichen Begleitprogramms (NSF 2001) zur nationalen US-Initiative zur Förderung der Nanotechnologie (US-NNI 2000) fand. In Deutschland entzündete sich diese Diskussion plötzlich im Jahr 2000, als die amerikanische Debatte von der Frankfurter Allgemeinen Zeitung aufgegriffen wurde.

Mit seinem Artikel „Why the Future does not need us“ in der elektronischen US-Zeitschrift Wired (April 2000) hatte der Mitbegründer des amerikanischen Unternehmens Sun Microsystems, Bill Joy, unter Bezugnahme u. a. auf Drexler eine Debatte über die Risiken gegenwärtiger Schlüsseltechnologien vor allem zwischen Visionären, Fachwissenschaftlern und Vertretern aus Wirtschaft und Politik angestoßen. Durch die ausführliche Darstellung der Thesen Joy's im Feuilleton der Frankfurter Allgemeinen Zeitung im Juni 2000 wurde die Debatte auf Deutschland übertragen. In beiden Artikeln warnt Joy u. a. vor den Risiken künstlicher Nanomaschinen, deren Entwicklung er für die nächsten 20 Jahre prognostiziert. Als Hauptrisiko wird die nicht ausschließbare Möglichkeit der Selbstreplikation bzw. Vervielfältigung von Nanorobotern genannt. Deswegen wird an Verantwortungsträger in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik appelliert, auf entsprechende Technikentwicklungen und deren Förderung zu verzichten. Nanotechnologie sei leichter für zerstörerische als für konstruktive Zwecke nutzbar (Joy-Interview in der FAZ vom 13.06.2000: Forderung nach freiwilligem Verzicht auf gefährliche Nanoentwicklungen, Forderung eines internationalen Gremiums zur Abschätzung der Risiken der Nanotechnologie und entsprechender Richtlinien, Forderung, dass forschende Unternehmen Versicherungspolice zur Abdeckung eventueller Schäden abschließen sollten, Forderungen nach Sicherheitslaboratorien unter internationaler Kontrolle).

Der Anstoß aus der Frankfurter Allgemeinen Zeitung wurde in anderen Zeitungen und Zeitschriften aufgegriffen und führte zu einer Mediendebatte über Nanotechnologie. Für diese Studie wurden die Artikelbeiträge der Süddeutschen Zeitung sowie der Wochenzeitschriften Zeit, Spiegel und Stern in der Zeit von Mai 2000 bis Mai 2001 in frei zugänglichen Datenbanken recherchiert und analysiert.

In den analysierten Printmedien wurden im Untersuchungszeitraum von Mai 2000 bis Mai 2001 73 Artikel zur Nanotechnologie publiziert. Die thematischen Schwerpunkte liegen eindeutig bei der Biotechnologie und der Nanotechnologie allgemein. Anwendungspotenziale in der Material- und Präzisionstechnologie sowie vor allem der Elektronik als dem derzeit industriell treibenden Bereich stehen dagegen im Hintergrund der Berichterstattung. Das kontrastiert mit der Sicht der Nanotechnologie von Fachexperten, die aus heutiger Sicht gerade das Anwendungsfeld der Elektronik noch vor der Biotechnologie in den Vordergrund stellen. Es erklärt sich wahrscheinlich teilweise auch aus dem Anstoß für die Debatte durch den Bill Joy-Artikel. Es lässt aber auch die Präferenz der Medien für Sensationelles, für die polarisierende Darstellung von Chancen und Risiken erkennen. Dazu bietet die Biotechnologie, insbesondere die sich mit der Gentechnologie sprunghaft erweiternden medizinischen Möglichkeiten besonders gutes Material. Aber auch die Nanotechnologie insgesamt mit ihrem Potenzial zu fantastischen und grenzüberschreitenden Visionen bietet dafür Gelegenheit.

Tabelle 5.5: Publikationen zur Nanotechnologie in ausgewählten Printmedien nach Themenschwerpunkten

Thematische Schwerpunkte	Artikel	Alle vier Quellen	Süddeutsche	Zeit	Spiegel	Stern
	Anzahl	%	%	%	%	%
Nano-Biotechnologie	42	57	53	58	47	88
Nano-Materialtechnologie	6	9	10	8	5	12
Nano-Präzisionstechnologie	6	9	7		19	
Nano-Elektronik	4	5	3	8	10	
Nanotechnologie allgemein	15	20	27	26	19	
Summe	73	100	100	100	100	100

Die Berichterstattung konzentriert sich primär auf die neuen Anwendungs- und Wirkungspotenziale. Akzeptanz wird in 37 % der Artikel am Rande mit angesprochen, wobei in 30 % der Beiträge Akzeptanzkonflikte und in 7 % der Beiträge positive Akzeptanz erwartet werden.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass die Beiträge in den ausgewählten Printmedien

- (1) die Aufmerksamkeit auf Bio- und Gentechnologie lenken und diese somit als kritische Akzeptanzthemen herausheben und
- (2) kritische Aspekte in den Vordergrund stellen.

Diese Auswertung steht im Einklang mit Analysen der Medienberichterstattung zur Bio- und Gentechnik. Danach neigt das Fernsehen dazu, seriös recherchierte Inhalte und ausgewogene Bewertungen in eine polarisierende Darstellungsform zu kleiden, die Verheißungen und Bedrohungen technischer Entwicklungen (Wunderheilungen versus göttliche Strafen für verbotene Grenzüberschreitungen) in den Vordergrund stellt und an Urgefühle aus biblischen Schöpfungs- und menschlichen Horrormythen (Frankenstein) z. B. im Zusammenhang künstlicher Erschaffung menschenähnlicher Roboter appelliert (s. z. B. Maio 2001).

Die Analyse der Medien-Berichterstattung gibt folgende Hinweise auf mögliche Akzeptanz-Determinanten: Entweder ist in der Medien-Berichterstattung selber eine solche Determinante zu sehen, die verstärkend und polarisierend auf Technikakzeptanz wirkt oder die Medien-Berichterstattung ist als Spiegel gesellschaftlicher Reaktionen zu verstehen, die auch erkennbar macht, wo Wahrnehmungen von Experten und Gesellschaft (Laien) auseinander fallen. Beides spricht dafür, dass die

gesellschaftliche Akzeptanz von Technikentwicklungen wie der Nanotechnologie nicht determiniert ist, sondern von tief im Menschen verankerten, im Einzelnen nicht festgelegten, ambivalenten Gefühlsreaktionen bestimmt wird.

### **5.3.3.2 Denkanstöße von Fachexperten**

Die in den Jahren 2000 und 2001 geführte Mediendebatte über Nanotechnologie hat sich im Wesentlichen auf Beiträge von naturwissenschaftlich-technischen Fachexperten gestützt. Trotzdem kann diese Debatte nicht mit den Stellungnahmen von Fachexperten gleich gesetzt werden.

Typisch für die Beiträge der Fachexperten, die beim gegenwärtigen Stand der Nanotechnologie vor allem zum Wissenschaftssektor gehören, ist, dass sie technische Entwicklungsfortschritte und -ziele thematisieren. Diese Aussage stützt sich auf die Internetveröffentlichungen von sechs Kompetenznetzwerken der Nanotechnologie mit insgesamt ca. 400 Mitgliedern aus Wissenschaft und Wirtschaft (vgl. Bühner et al. 2002). Schon Fragen nach den Wirkungen im Sinne der oben aufgeführten Chancen und Risiken werden kaum angesprochen und noch weniger Fragen der Akzeptanz und Nachfrage. Antworten der Fachexperten auf diese Fragen im Bereich der Nanotechnologie lassen sich deswegen nur indirekt erschließen oder erfordern das direkte Gespräch jenseits veröffentlichter Beiträge.

Zur Illustration dieser Aussagen sei auf Kapitel 5.2.1 verwiesen. Dort werden mit Nanotechnologie künftig realisierbare Anwendungsperspektiven aufgezeigt. Die dabei auftretende unübersichtliche Anwendungsvielfalt wird dort geordnet nach Anwendungsklustern (Elektronik, Bio-, Material- und Präzisionstechnologie) sowie nach absehbaren Anwendungsentwicklungen und -visionen einerseits und spekulativen bis utopischen Anwendungsvisionen, über deren prinzipielle Machbarkeit heute kein abgesichertes Urteil möglich ist.

Fachexperten berichten also beispielsweise über die Perspektiven der immer dichteren Schaltungsintegration auf Rechnerchips und über den dazu wahrscheinlich notwendigen Paradigmenwechsel von der Elektronik zur Photonik mit Licht statt Elektronen als Träger kleinster Informationseinheiten. Weitere Beispiele wären die absehbaren Visionen neuronaler Vernetzung menschlicher Nerven mit technischen Telekommunikationsnetzen (Bioelektronik) oder technischer Roboterhände zur Handhabung nanotechnologischer Objekte (Bearbeitung, Montage, Transport). Die damit zusammen hängenden Wirkungsperspektiven in Technik, Ökonomie, Ökologie usw. stehen für die Fachexperten nicht im Vordergrund. Öffentliche Stellungnahmen zu diesen Themen werden erst dann gemacht, wenn die öffentliche Unterstützung für die weitere Forschung in Frage gestellt erscheint. Dies darf bei den



Reaktionen auf die Veröffentlichungen von Bill Joy unterstellt werden<sup>11</sup>. Allerdings beziehen sich diese Reaktionen zumeist nur auf die provokativen Wirkungshypothesen der amerikanischen Visionäre, wie sie von Bill Joy artikuliert wurden, d. h. auf die Perspektive sich selbst unkontrolliert vermehrender und verselbständigender Roboter, deren Automatenintelligenz der menschlichen Intelligenz in absehbarer Zukunft überlegen sein könnte – auch im Hinblick auf eigenständige Entscheidungen, wobei Fragen nach Entscheidungsgrundlagen im menschlichen Fühlen, Wollen und Denken nicht angesprochen werden.

### **Ergebnis der Expertendiskussionen<sup>12</sup> im Anschluss an die öffentliche Debatte über Nanotechnologie, Gentechnik und Robotik**

Die gegenwärtige Diskussion der Fachexperten zur Nanotechnologie leidet darunter, dass es kaum eine Brücke zwischen weitsichtig systemorientierten und vorgeblich ethisch motivierten Visionären und deren medialer Verwertung einerseits, und an schrittweisen Technikfortschritten interessierten, oft prozessorientierten Realforschern andererseits als Basis für pragmatische Technologiebewertungen in der Öffentlichkeit und Politik gibt (Polarität der Experteneinschätzungen). Es lassen sich folgende Sichtweisen unterscheiden:

- Die optimistische Welt aus der Sicht der **Fachexperten für Nanotechnologie**: der technische Fortschritt erweitere primär die menschlichen Fähigkeiten und Akzeptanzfragen stellten sich nur in Bezug auf Nebenwirkungen, die prinzipiell als überwindbar gelten,
- Die über Verantwortungsethik steuerbare Welt aus der Sicht der gesellschaftlichen **Facheliten** (z. B. naturwissenschaftlich-technisch orientierte Teilnehmer öffentlichkeitswirksamer Konferenzen): Nanotechnologie biete in der Tat erhebliche ambivalente Nutzen- und Risikopotenziale, wie sie schon immer mit technologischen Sprüngen verbunden waren, die aber bei verantwortungsbewusstem Umgang durch gesellschaftliche Eliten die Akzeptanz nicht zu beeinträchtigen bräuchten,
- Die existenziell bedrohte Welt aus der Sicht der **Visionäre**: Nanotechnologie biete das Potenzial zur Verselbständigung der Technik und biete auch unterhalb dieser Schwelle eine Vielzahl unwägbarer Risiken, die diese Technik ethisch unter Verdacht stelle und nur unter strengster Aufsicht akzeptabel mache. Dadurch wird nahe gelegt, dass Verantwortungsträger ihre Entscheidungen an ih-

---

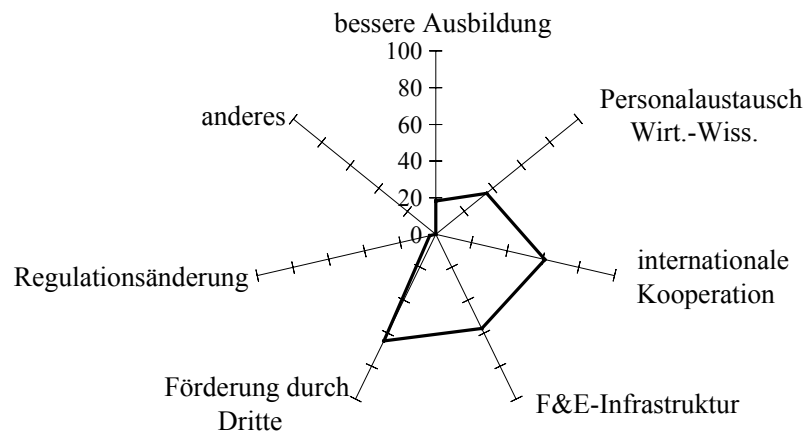
<sup>11</sup> Eine gute Übersicht über die kontroversen Stellungnahmen wird in der Dokumentation der Konferenz des Wissenschaftszentrums Nordrhein-Westfalen vom November 2000 zum Thema „Mensch oder Roboter – Wem gehört die Zukunft“ gegeben (Wissenschaftszentrum NRW 2000).

<sup>12</sup> Hier sind die Ergebnisse der Gespräche mit 12 Experten für Nanotechnologie zusammengefasst, die teils im Zuge der oben genannten Veranstaltungen, teils gesondert als Interviews geführt wurden. Neun der Gesprächspartner waren der naturwissenschaftlich-technischen Disziplin zuzurechnen, drei der den Disziplinen der Politologie und Theologie.

rem Erkenntnisvorsprung orientieren sollten mit der Annahme, dass die gesellschaftliche Akzeptanz dem Vorbild der Eliten folgen wird.

Abbildung 5.4 beleuchtet den Gegensatz zwischen Fachexperten und Visionären deutlich. Bei diesem Ergebnis aus der Delphi'98 Umfrage geht um die Bedeutung von politischer Regulierung der nanotechnologischen Entwicklung im Hinblick auf deren Wirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. Die Antworten der befragten Fachexperten wird in dem Bericht folgendermaßen wiedergegeben: „...mehr als  $\frac{1}{4}$  der Befragten (halten) die Verstärkung des Personalaustausches zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, der internationalen Kooperation und der Förderung von FuE-Infrastruktur und FuE-Finanzierung für notwendig; selten wird die Verbesserung der Ausbildung und praktisch nie der Bereich der Regulierung angesprochen.“ Dieses Ergebnis kontrastiert stark mit den Forderungen der Visionäre um Bill Joy nach überstaatlicher Regulierung im Umgang mit der Nanotechnologie.

Abbildung 5.4: Maßnahmen zur Entwicklung der Nanotechnologie



Quelle: BMBF (1998)

Dieses Ergebnis lässt sich so interpretieren, dass Fachexperten den Themen Regulierung und Akzeptanz kaum Aufmerksamkeit schenken und sie technischen Fortschritt positiv erleben, wohingegen kritische Visionäre umgekehrt davon ausgehen, dass Nanotechnologie ohne Regulierung zu inakzeptablen und nicht mehr steuerbaren Fernwirkungen führt.

Für beide Sichtweisen gilt, dass Akzeptanz linear aus Technik-Wirkungspotenzialen abgeleitet wird und somit implizit die Technikentwicklung selber als wichtigste und objektivierbare Determinante von Akzeptanz verstanden wird. Bei der Sicht der „Facheliten“ wird diese Linearität relativiert, indem prinzipielle Ambivalenz techni-

scher Wirkungspotenziale bejaht wird, wobei die Technikentwicklung jedoch als steuerbar und verantwortbar erlebt wird.

### **5.3.3.3 Denkanstöße aus Neurobiologie und Künstliche-Intelligenz-Forschung**

Im individuellen Gespräch mit Vertretern von Forschungsrichtungen wie Neurobiologie oder Künstlicher Intelligenz, die selber mit kritischen Hinterfragungen ihrer Forschungsthemen konfrontiert sind, entstehen Denkanstöße, die nicht nur Akzeptanzmodelle im Sinne einfacher linearer Technik-Wirkungs-Rationalität, sondern die darüber hinaus auch ethisch-normative Akzeptanzmodelle in Frage stellen.

Determinanten gesellschaftlicher Akzeptanz werden aus dem professionellen Selbstverständnis naturwissenschaftlicher Fachexperten nicht übersehen, aber es entspricht der Denkweise von Biologen und Künstliche-Intelligenz-Forschern, wenn man die Bildung von Akzeptanzmustern analog zu Überlebensmustern der biologischen Selbstorganisation modellieren würde, die auch den Aufbau des Nervensystems verständlich machen. Die Verhaltensmuster für das biologische Überleben seien dadurch charakterisiert, dass sie nicht nach eindimensionaler Wirkungslogik (Ursache-Wirkung) optimiert seien, sondern nach realitätsgerechter Komplexitätsbewältigung, die vorgebliche Irrationalitäten bzw. unverstandene Unordnung und Überkomplexität (Chaos) der Realität durch redundanten und fehlertoleranten Aufbau des Gehirns und des Nervensystems generell kompensieren.

Gegen die linearen und normativen Akzeptanzmodelle wird mit folgenden Widersprüchlichkeiten argumentiert:

- Gegen lineare Technik-Wirkungsvorausschau: Die häufig geäußerte Erwartung, über genetische Erkenntnisse Krankheitsmuster einfach identifizieren und verändern zu können, entspricht angesichts der Komplexität und Indeterminiertheit auch genetischer Krankheitsbedingungen nicht den wissenschaftlichen Erfahrungen. Gene würden nicht Krankheitsdeterminanten, sondern nur Krankheitsdispositionen repräsentieren. Diese Dispositionen seien darüber hinaus in der Regel nicht einzelnen Genen, sondern komplexen, schwer identifizierbaren Genkombinationen zuzuordnen, die ihrerseits wiederum erst im Zusammenwirken mit menschlich-seelischen und Umweltentwicklungen wirksam würden. Diese biologische Komplexität und Indeterminiertheit spricht sowohl gegen die Annahme linear determinierter Wirkungsfolgen der Nanotechnologie als auch gegen ebenso einfach linear reagierende Akzeptanzmuster der Menschen, also gegen das einfache, lineare Technik-Wirkungs-Modell. Diese Einschätzung spricht auch dagegen, die optimistische Akzeptanz bei technologischen Fachexperten und die pessimistische Akzeptanzverweigerung der Visionäre als Frühindikatoren künftiger Akzeptanz der Nanotechnologie anzusehen.

- Gegen normativ-ethische Akzeptanzmodelle: Normativ-ethisch argumentierende Kritiker grenzüberschreitender nanotechnologischer Entwicklungspotenziale (z. B. pränataler Eugenik) erwarten, dass auf Grund ihrer Werthaltungen Menschen solche Entwicklungen nicht akzeptieren. Die Anschauung der Organisation lebendiger Organismen und auch des menschlichen Gehirns legt eher nahe, dass Akzeptanzverweigerung als Überlebensstrategie zu verstehen ist und ethische Grenzüberschreitungen nur dann Akzeptanz in Frage stellen, wenn sie als bedrohlich wahrgenommen werden. So werde bereits heute in Ansätzen eine gesundheitsbezogene Selektion praktiziert, die „im Prinzip“ der Vision **eugenischer Selektion**, orientiert am gesunden Norm-Mensch, nahe kommt, ohne dass hierfür die Nanotechnologie erforderlich sei.
- Gegen langfristig präventive Akzeptanzvorausschau: Die technischen Erkenntnisse der Biologie legen nahe, langfristige Risiko- bis Katastrophenvisionen im Hinblick auf biologisch-natürliche Selbstregulierungsprozesse zu relativieren. Dies betrifft insbesondere die Vision sich selbst replizierender Nanoroboter, die die ganze zivilisatorische Welt in graue Asche zerlegen könnten. Das eingängige Argument lautet, dass es der natürlichen Logik entsprechen würde, dass auch der technische Durchbruch zu selbst vermehrungsfähigen Robotern technische Selbstregulierungsoptionen eröffnen würde, die frühzeitige Katastrophenvisionen stark relativieren würden.
- Gegen objektive Determinantenmodelle: Das Studium von Lebewesen und insbesondere des Gehirns scheint bei Naturwissenschaftlern eine Ernüchterung gegenüber der Überlegenheit rationaler, insbesondere eindimensionaler Logik auszulösen. Der Vergleich der übersichtlichen Strukturen höchstintegrierter Chips der Informationstechnik mit chaotisch anmutenden Strukturen der Vernetzung von Gehirnzellen macht die Unterschiede anschaulich. Der Grund für den zunächst unübersichtlichen Aufbau der Nervenvernetzung wird darin gesehen, dass die Optimierung gerade dem Überleben bei unvorhersehbaren und in ihrer Komplexität nicht vorhersehbaren Ereignissen gilt, die als typisch für Lebensprozesse gelten. Das Gehirn bietet über den chaosfähigen Aufbau Redundanzen mit vielfältigsten Reaktionsmöglichkeiten, deren Realitätseignung über Lernprozesse optimiert werden. Das Gehirn bietet also keine ex ante optimierten-, sondern anpassungs- und lernfähige Strukturen und Prozesse, deren lernende Optimierung sich über Generationsfolgen hinweg weiterentwickelt. Der Lernprozess ist dabei weniger an objektiven Wahrheiten, sondern eher an intersubjektiven Erfahrungsmustern orientiert. Akzeptanz würde sich nach diesem Vorbild nicht als Reaktion auf fern liegende Technik-Wirkungsdiagnosen herausbilden, sondern als Reaktion auf intersubjektive Wahrnehmungsmuster, wenn die technischen Wirkungen real ins Leben treten.

Am Beispiel der Abbildung menschlichen Verhaltens in Systemen künstlicher Intelligenz zeigt sich, dass „rationales“ Expertenverhalten in seiner berechenbaren „Linearität“ viel leichter abgebildet werden kann als das Alltagsverhalten z. B. von

Verkehrsteilnehmern. Alltagsintelligenz ist also möglicherweise als wesentlich komplexer und leistungsfähiger auch in Akzeptanzfragen anzuerkennen als Expertenintelligenz, weil sie auch Reaktionsmuster für unvorhersehbare und überkomplexe Situationen bietet.

Die Würdigung der Alltagsintelligenz kann auch zu einer Umdeutung irrationalen Verhaltens führen. Irrationalität könnte danach als Kompetenz zur Reduktion größter und widersprüchlicher Informationskomplexität angesehen werden, die mit der menschlichen Logik noch nicht modelliert werden kann.

Als Ergebnis dieser plausiblen Analogiebildung zwischen biologischer Lebensorganisation und Akzeptanzbildung lässt sich festhalten, dass Menschen Nanotechnologie als Auslöser komplexer, mit normaler Alltagsintelligenz nicht wirklich verstehbarer Wirkungszusammenhänge wahrnehmen werden, vor deren Akzeptanz sie folgende Reaktionen ablaufen lassen:

- Prüfung aktueller Betroffenheit (umgangssprachlich: Schauen wir mal..., denn fernliegende Technikwirkungen werden weder als determiniert noch als überschaubar angesehen),
- Reduktion der Technik-Wirkungskomplexität über intersubjektiv fortentwickelte Erfahrungsmuster (Erfahrung und Kommunikation) zur Bildung subjektiver Technik-Wahrnehmungen,
- Prüfung der „subjektiven Technik-Wahrnehmungen“ auf Chancen und Bedrohlichkeiten (Überlebensstrategie).

Unter Berücksichtigung der vorangestellten Mediendebatte ist zu erwarten, dass die dort angebotene Polarisierung und Emotionalisierung einen wichtigeren Beitrag zur Vereinfachung der subjektiven Technikwahrnehmung leistet als die von Technikexperten angebotenen, widersprüchlichen Erklärungen mit Objektivitätsanspruch.

Als Denkanstöße zu den Bildemechanismen von Einstellungen und Werturteilen gegenüber der Nanotechnologie lässt sich hier festhalten:

- (1) Sie bilden sich erst bei aktueller und konkreter Betroffenheit,
- (2) Sie bilden sich unter dem Einfluss intersubjektiver Erfahrungsmuster und Kommunikation (inkl. Medienkommunikation), die der Komplexitätsreduktion unüberschaubarer Technikwirkungen dienen,
- (3) Gesellschaftliche Erfahrungs- und Kommunikationsmuster als Determinanten von Akzeptanz bilden sich in Kommunikations- und Lernprozessen fort, so dass Akzeptanz nicht als feste Größe prognostiziert, sondern nur als prozesshaftes Reaktions- bzw. Kommunikationsmuster zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft für konkrete Kontexte der Technikanwendung abgeschätzt werden kann.

- (4) Akzeptanz beruht auf subjektiven Technik-Wahrnehmungen (Komplexitätsreduktion), nicht auf objektiven Technik-Wirkungen.
- (5) Akzeptanz wird eher nach biologisch-pragmatischen und gefühlsmäßig verankerten Überlebensmustern als nach ethischen oder rationalen Vorgaben geprägt.

#### **5.3.3.4 Vergleich mit der sozialwissenschaftlichen Technikakzeptanzforschung**

Der Vergleich der Denkanstöße aus den vorangegangenen Abschnitten mit sozialwissenschaftlichen Erkenntnissen ist nur eingeschränkt möglich, weil keine sozialwissenschaftlichen Akzeptanzstudien zur Nanotechnologie bekannt sind<sup>13</sup>. Ersatzweise wird einmal eine Stellungnahme eines Sozialwissenschaftlers auf dem Gebiet der Technik-Geneseforschung, der an der öffentlich geführten Nanodebatte beteiligt war (WZ-NRW 2001), herangezogen und zum Anderen wird ein Vergleich mit den Ergebnissen der allgemeinen Technik-Akzeptanzforschung der Sozialwissenschaft angestellt.

Im einem Vortrag von Rammert auf der Konferenz „Mensch oder Roboter – Wem gehört die Zukunft? Antworten auf Bill Joy“ des Wissenschaftszentrums Nordrhein-Westfalen (WZ-NRW 2001) klingt eine sozialwissenschaftliche Sicht an, wonach die Bildung von Technik-Akzeptanz beim Bürger weniger als Ergebnis logischer Erkenntnisse zu verstehen ist, sondern sich weitgehend aus subjektiven Reaktionen auf Technik nach deren vorbewusster Filterung über persönliche Erfahrungs- und Kommunikationsmuster und kulturspezifische Wahrnehmungsmuster, über persönliche Gefühle und Interesse, über gesellschaftliche Leitbildern usw. ergibt, wobei solche Leitbilder ihrerseits über das Bildungssystem, die Medien, über Kulturnormen usw. vermittelt werden.

Diese Argumentation baut eine Brücke zu den Denkanstößen aus Neurobiologie und Künstlicher-Intelligenz-Forschung, nach denen die Bildung von Einstellungen und Werturteilen als „Mechanismus der Komplexitätsreduktion“ durch Einordnung von Technikwahrnehmungen in intersubjektive Wahrnehmungsmuster erklärt werden könnte. Das schließt die Ablehnung des linearen Technik-Wirkungs-Akzeptanz-Modells ein.

Rammert verstärkt die Argumentation gegen das objektiv verstandene lineare Fachexperten-Denken noch dadurch, dass er aus sozialwissenschaftlicher Sicht darauf hinweist, dass die Technikgenese auch der Nanotechnologie selber schon partikulären Interessen- und vorbewussten Motivationslagen unterliegt, die Technikexperten

---

<sup>13</sup> Das wird durch eine Vorstudie des VDI-TZ zur Planung einer Innovations- und Technikanalyse (VDI-TZ 2001a) bestätigt.

zu einer berufs- und interessenbedingten Blindheit gegenüber Technikwirkungen und -akzeptanz führen, einem Phänomen, das von der breiten Öffentlichkeit auch als solches wahrgenommen wird.

Auch der Vergleich der Denkanstöße der neurobiologischen – und der Künstliche-Intelligenz-Forschung mit den Ergebnissen der allgemeinen Technikakzeptanzforschung weist Parallelen auf, wonach der emotionalen Dimension von Technik, Werthaltungen und Zeitgeist sowie Mechanismen der Komplexitätsbewältigung (z. B. Glaubwürdigkeit und Vertrauen) neben der kognitiven Bilanzierung von Nutzen und Risiken große Bedeutung zukommen (vgl. Kap. 9.2.3). Somit sind neben objektiven Technikeinflüssen subjektive und intersubjektive Wahrnehmungs- und Kommunikationsmuster als maßgebende Determinanten für Technikbewertungen zu berücksichtigen.

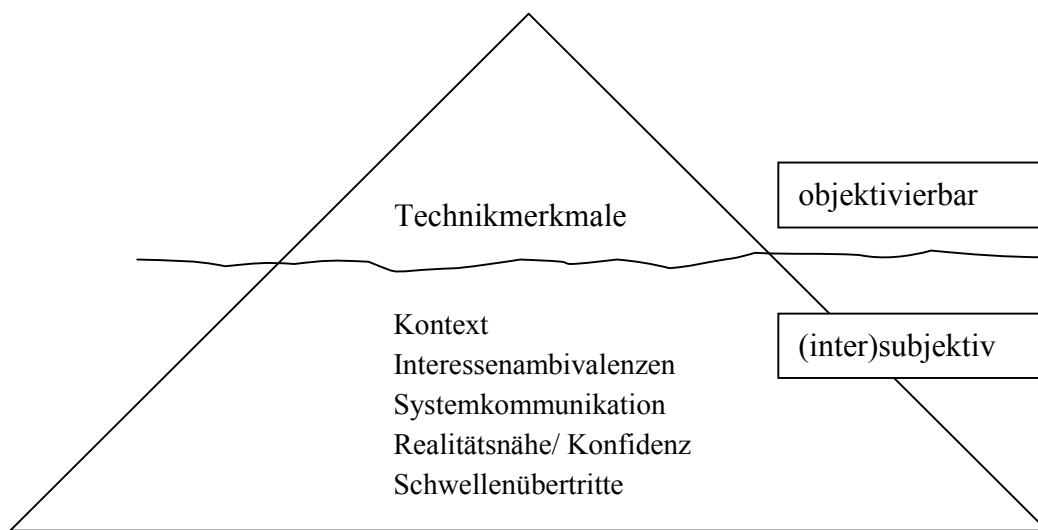
### **5.3.3.5 Zusammenfassung „Akzeptanzdeterminanten der Nanotechnologie“**

Angesichts der weitgehenden Übereinstimmung zwischen den Denkanstößen aus Gesprächen mit naturwissenschaftlich-technischen Experten und der sozialwissenschaftlichen Sicht sollen hier auch für die Nanotechnologie die Determinanten für Technikakzeptanz (vgl. Kap. 9.2) zu Grunde gelegt werden, ergänzt um die beiden Aspekte der „Realitätsnähe/Konfidenz<sup>14</sup>“ und „Schwellenübertritte“, um spezifisch für die Nanotechnologie deutlich zu machen, dass Konflikte in Bezug auf Akzeptanz wahrscheinlich erst dann entstehen, wenn Nanotechnologie vor der konkreten Einführung steht und Sprünge von Quantität zu neuer Qualität (z. B. von mehr Gesundheit zu Eugenik) auslöst, d. h. umgangssprachlich „wenn ein Fass überläuft“. Abbildung 5.5 verdeutlicht die Zusammenhänge als „Eisbergmodell“: die sichtbaren und möglicherweise objektivierbaren Technikmerkmale stellen demnach nur die Spitze des Eisbergs dar und die eher unsichtbaren, subjektiv bestimmten Akzeptanzdeterminanten unter der Oberfläche der bewussten Einstellungen spielen eine nicht zu unterschätzende Rolle.

---

<sup>14</sup> Bei Konfidenz spielt Vertrautheit eine große Rolle; sie basiert auf Erfahrung und Evidenz (Siegrist 2001).

Abbildung 5.5: Eisbergmodell für Akzeptanzdeterminanten



### 5.3.4 Kritische Anwendungsfelder für Akzeptanz und Nachfrage

Aus den zuvor beschriebenen Determinanten geht hervor, dass sich Einstellungen und Bewertungen von Technik nicht abstrakt auf Technologie beziehen, sondern auf konkret erfahrbare Technik in bestimmten Anwendungssituationen – Technik wird also in einen breiten lebensweltlichen Kontext eingebettet. Für die Nanotechnologie liegen jedoch noch keine empirischen Studien zu Einstellungen in der Bevölkerung gegenüber dieser Technologie vor. Da Nanotechnologie nur einem geringen Anteil der Bevölkerung überhaupt bekannt und bewusst ist (European Commission 2001), ist es wahrscheinlich, dass sich bei einer Untersuchung zum gegenwärtigen Zeitpunkt Einstellungen gegenüber der Nanotechnologie wahrscheinlich erst im Augenblick der Befragung herausbilden würden. Um trotzdem einen zumindest explorativen Ausblick auf die künftige Akzeptanz der Nanotechnologie zu geben, werden hier zwei Vorgehensweisen vorgestellt:

- Explorative Vorausschau der Akzeptanz für Nanotechnologie anhand von Anwendungsbeispielen mit Hilfe der Determinanten Technikmerkmale, Zeitkontext, subjektive Ambivalenzen, soziale Systemkommunikation, Realisierungsnähe bzw. Vertrautheit und existenzielle Schwellenübertritte (vgl. Abb. 5.5).
- Abschätzung der Akzeptanz- und Nachfragedynamik in Akteurs-Arenen der Nanotechnologie, die Tendenzaussagen ermöglichen und Ansatzpunkte zur weiteren Absicherung in künftigen Akzeptanzstudien zur Nanotechnologie bieten.



### 5.3.4.1 Akzeptanzvorausschau an Anwendungsbeispielen

Die Durchsicht der verschiedensten Veröffentlichungen auf Anwendungsbeispiele der Nanotechnologie (z. B. Bühner et al. 2002; BAKS 2001; Malinowski und Bachmann 2001; VDI 1998, 2001a, b; US-NNI 2000; NSF 2001) führt zu dem Ergebnis, dass Beispiele einerseits in sehr unterschiedlicher Detaillierung und Qualität und andererseits mit hoher Wiederholungsrate gegeben werden.

Es gibt eine Fülle von Beispielen für technische Fortschritte, die im Einzelnen im Hinblick auf ihre Akzeptanz in der Bevölkerung wahrscheinlich wenig kritisch sind. Das gilt in der Elektronik für eklatante Fortschritte der Chipintegration, in der Biotechnologie für Bio-Chips, in der Materialtechnologie für Nanopartikel als Ausgangsstoffe für funktionale Oberflächenveredelung und in der Präzisionstechnologie für Nanomotoren als umfunktionierte Rastersonden-Mikroskope. Das gilt auch für die in den Veröffentlichungen der Wissenschaftler dominierenden Fortschritte der Nano-Prozesstechnik, die sich schon der Namensgebung der in Deutschland geförderten Kompetenzzentren der Nanotechnologie niedergeschlagen haben<sup>15</sup> (Chipherstellung, Oberflächen- und Schichttechnologie, Nanolaserherstellung, Nanokatalyse usw.). Für diese Vielfalt von Anwendungsbeispielen erwarten viele Fachexperten positive Akzeptanz, u. a. deshalb, weil über den Einsatz dieser Produkte und Verfahren betriebliche Entscheider zu befinden haben (vgl. auch Kap. 4), während der Bevölkerung kaum bewusst sein dürfte, welche industriellen Produktionsprozesse und Vorprodukte wesentlich auf der Nanotechnologie basieren.

Um Anwendungsfelder der Nanotechnologie zu identifizieren, die möglicherweise durch die Bevölkerung kritisch gesehen werden, erscheint es sinnvoll, anstatt in der Wertschöpfungskette bei den endproduktfernen nanotechnologischen Prozessen und Komponenten zu verharren, weiter hinten bei nanotechnologisch aufgewerteten Produkten und Systemen zu suchen. Deswegen werden hier exemplarisch einige Beispiele aufgegriffen, die endproduktnäher oder systemtechnischer angelegt sind, in denen die Nanotechnik also nur einen kleinen, aber funktional wichtigen Anteil hat. An diesen Beispielen lassen sich die Perspektiven der Akzeptanz für Nanotechnologie entsprechend der oben ermittelten Determinanten anschaulich machen. Alle Beispiele werden dem sozialwissenschaftlichen Begleitforschungsprogramm zur US-National-Nano-Initiative (NSF 2001) entnommen, das einen breiten Überblick gibt.

---

<sup>15</sup> Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert seit 1998 sechs Kompetenzzentren für Nanotechnologie, deren Namen nach den Prozessen der Nanoanalytik, der ultrapräzisen Oberflächenbearbeitung, der ultradünnen funktionalen Schichttechnologien, der lateralen Nanostrukturierung, der Nanooptoelektronik und der Funktionalisierung nanoskaliger Chemieprozesse gewählt wurden.

### **Beispiel 1: Telepräsenz**

Der technische Fortschritt zu höchstintegrierter (Opto-)Elektronik in Verbindung mit höchstleistungsfähiger Funktechnik zu preiswerten Massentechnologien ermöglicht die Vision der allgegenwärtigen, auch visuellen Telepräsenz. Eine örtlich vollkommen dezentralisierte Multimedia-Aufnahme/Wiedergabe-Netzwerkinfrastruktur ermöglicht jedem Menschen den Netzanschluss in max. einem Meter Entfernung und kann realitätsgerechte Präsensillusion in der Wiedergabe erzeugen (NSF 2001, S. 75, 85).

Die Akzeptanzfrage für dieses Beispiel wird sich erst in vielen Jahren stellen, weil für einen derartigen Verbreitungsgrad informationstechnischer Infrastruktur viele Jahre Vorlauf notwendig sind, selbst wenn das technische Entwicklungspotenzial schon heute absehbar ist. Über Wirkungen subjektiver Ambivalenzen und eingeschliffener Systemkommunikationskulturen auf Akzeptanz kann ohne empirische Studien nichts ausgesagt werden. Inwieweit bei der Telepräsenz Schwellenübertritte wahrgenommen werden, dürfte in engem Zusammenhang mit dem Kontext stehen, in dem diese Technik zum Einsatz kommen könnte: die „Telepräsenz-Infrastruktur“ birgt ein erhebliches Kontrollpotenzial, das zur Realisierung der Vision „Big Brother Is Watching You“ führen könnte. Das würde für westlich-liberale, individualisierte Gesellschaften wohl einen Schwellenübertritt von „Freiheit durch Kommunikation“ zu „Unfreiheit durch Kontrolle“ bedeuten und zur Ablehnung dieser Anwendung führen. In Gesellschaften mit gesichertem Schutz der Individualsphäre hingegen könnte Telepräsenz als technischer Fortschritt für die Lösung der Verkehrsprobleme und als Ausweitung individueller Freiheitsräume wahrgenommen und akzeptiert werden.

Wegen der langen Zeiträume bis zur Realisierung dieser Nanotechnologieanwendung „Telepräsenz“ dürfte für ihre Bewertung auch der in der Zukunft herrschende Zeitgeist von Bedeutung sein, denn die Bewertung der Mikroelektronik hat sich in der jüngeren Vergangenheit (auch) in Abhängigkeit vom Zeitgeist stark gewandelt: In den 1970er-Jahren wurde die Mikroelektronik in Deutschland unter dem Schlagwort „Jobkiller“ angegriffen, weil der Verlust der Vollbeschäftigung nach den Wiederaufbaujahren der Bundesrepublik das öffentliche Bewusstsein bestimmte. In den 1990er-Jahren war zwar die Arbeitslosigkeit auf einen mehrfachen Wert der 1970er-Jahre gewachsen, das öffentliche Bewusstsein wurde jedoch stärker vom Thema der Globalisierung und des internationalen Wettbewerbs bei Aufkommen der „New Economy“ bestimmt, wobei die Mikroelektronik eher zum Symbol für den Aufbruch ins Internet-Zeitalter wurde und zunehmend als Mittel zur Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit verstanden wurde (vgl. Kap. 9.2.3.2). Ob diese Aufbruchstimmung anhält oder durch zeitgeistliche Wandlungen im Zuge international wachsender Sicherheitsbedürfnisse und innerstaatlicher Sicherheitskontrollen, der Veralterung der Industriegesellschaften und ähnlicher Trends abgelöst wird, lässt sich nicht vorhersagen.

**Beispiel 2: Neuronal vernetzter Mensch**

Mit Hilfe der Nanotechnologie wird eine Schnittstelle zwischen technischen Elektronik-Netzen und dem menschlichen Nervensystem hergestellt. Sie lässt sich beispielsweise zur medizinischen Diagnostik und Therapie oder zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Kommunikation ohne Computer-Peripherie nutzen (NSF 2001, S. 77).

Bei der kognitiven Bilanzierung von Nutzen und Risiken dürfte dem zu erwartenden Nutzen insbesondere im medizinischen Bereich und die daran zu knüpfenden Heilserwartungen eine große Bedeutung zukommen. Gesundheitliche Risiken könnten dadurch verringert werden, dass bei der Kommunikation zwischen Herstellern einerseits und Verbrauchern bzw. Patienten andererseits eine wohl informierte Ärzteschaft als Vermittler eingeschaltet ist. Trotz dieser positiven Aspekte kann diese Anwendung in starkem Maße Emotionen und Werte (z. B. Abgrenzung zwischen Mensch und Maschine, Enhancement des Menschen) berühren, die bei bestimmten Gruppen insgesamt zur Ablehnung führen könnte.

**Beispiel 3: Lebensverlängerung durch Human-Gentechnik**

Durch wesentliche Fortschritte in der Diagnostik menschlicher Gene sowie der gezielten Veränderung des menschlichen Erbgutes kann das Leben von Individuen signifikant verlängert werden (NSF S. 10ff).

An diesem Beispiel wird die Ambivalenz besonders deutlich. Auch hier sind derart sprunghafte technische Fortschritte zu erwarten, dass einerseits tief im Menschen verankerte Heils- und Allmachterwartungen angesprochen werden. Andererseits stoßen gerade diese Anwendungen der Gentechnik zugleich auf massive Ablehnung, insbesondere weil damit gleichzeitig praktisch-gesundheitliche bis hin zu mythologischen Angschwelen der Menschen überschritten werden.

Berücksichtigt man neben diesen direkt nachvollziehbaren Akzeptanzfaktoren wie Heilserwartung und Angst auch indirekte Effekte wie Auswirkungen auf das Gesundheits- und Rentensystem und Konfliktpotenziale, die aus finanziell bedingten ungleichen Zugangsmöglichkeiten zu den Heilungspotenzialen entstehen (Zweiklassenmedizin), wird schnell deutlich, dass die Akzeptanz essenziell von der gesellschaftlichen Kommunikationskultur bei der Einführung und der rechtlichen Rahmensetzung für die Technik abhängen wird.

#### **Beispiel 4: Nanokatalysatoren**

Mit Hilfe der Nanotechnologie werden Nanokatalysatoren hergestellt, die auf Grund ihrer ungleich größeren relativen Oberflächen im Vergleich zu herkömmlichen Katalysatoren wesentliche Energieeinsparungen ermöglichen (NSF 2001, S. 109).

Der technische Nutzen dieser Anwendung ist klar und auch die subjektiv und gesellschaftlich beeinflussten Determinanten lassen keine Ablehnung erwarten. Ein möglicher Schwachpunkt für die Akzeptanz könnte in der Herstellung und Entsorgung solcher Katalysatoren liegen. Möglicherweise kann es – in Analogie zu Produktionsstätten der Großchemie oder Müllverbrennungsanlagen – zu Nachbarschaftskonflikten mit den Anwohnern entsprechender Produktionsanlagen kommen, die Beeinträchtigungen auf Grund eventueller Nanopartikelemissionen aus diesen Anlagen befürchten könnten. Folgende Faktoren begünstigen solche Konflikte: das Wissen über mögliche negative Wirkungen von Nanopartikeln auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt ist noch gering, doch können diese zurzeit nicht ausgeschlossen werden. Somit ist auf behördlicher und politischer Ebene Handeln unter Unsicherheit erforderlich. Eine typische Konfliktlinie betrifft dabei die Frage, ob das Vorsorgeprinzip anzuwenden ist oder Maßnahmen in Abhängigkeit von nachweislich aufgetretenen Schäden getroffen werden sollen. Zu der objektiv unsicheren, schmalen Datenlage kommt eine wesentliche emotionale Komponente hinzu: Nanopartikel sind sinnlich nicht erfahrbare und werden daher als eine nicht wahrnehmbare, aber ggf. allgegenwärtige Bedrohung empfunden. Eine Nachprüfbarkeit für Bürger ist nicht ohne weiteres gegeben. Dadurch wird Misstrauen in Behörden und Anlagenbetreiber begünstigt, dass dort „etwas verschleiert wird“, insbesondere dann, wenn zuvor – nanotechnologieunabhängig – ein entsprechendes Verhalten bei Behörden und Anlagenbetreibern beobachtet wurde und kein entsprechendes soziales Vertrauen in diese Akteure vorherrscht.

#### **Beispiel 5: Nanoroboter**

Mit Hilfe der Nanotechnologie werden Roboter in der Größe von Bakterien hergestellt, die zu Tausenden in die Blutbahn injiziert werden, um Herzinfarkt begünstigende Ablagerungen in den Adern zu entfernen bzw. Medikamente gezielt an ihrem Wirkort abzugeben (NSF 2001, S. 78).

Bei solchen Robotern handelt es sich nicht um selbstvermehrungsfähigen Nanobots, wie sie von Visionären der Nanotechnologie prominent in die öffentliche Debatte eingebracht wurden (vgl. Kap. 5.x), sondern um Kleinstmaschinen ähnlich den Millionen kleinsten Transistoren auf Chips, aber mit mechanischer statt elektronischer Funktionalität. Es ist gut denkbar, dass auch bei diesen Blutbahn-Robotern großen Heilserwartungen große Befürchtungen entgegen stehen und erhebliche Ambivalenz zwischen Akzeptanz und Ablehnung hervorrufen können. Hier soll

aber vorwiegend darauf verwiesen werden, dass diese Anwendung noch so weit in der Zukunft liegt, dass Spekulationen über Akzeptanz noch nicht sinnvoll sind.

Zusammenfassend ergibt sich, dass drei (Telepräsenz, neuronal vernetzter Mensch, Blutbahnroboter) und die Bewertung dieser Anwendungen auch stark vom dann herrschenden Zeitgeist und den Kontextbedingungen beeinflusst werden dürften. Für die nähere Zukunft lassen sich für die – generell wahrscheinlich als akzeptabel eingestufte Anwendung der Nanokatalysatoren – Nachbarschaftskonflikte im Umfeld von Produktionsanlagen vermuten sowie eine sehr ambivalente Beurteilung der Erbgutdiagnostik, die bereits heute im Zusammenhang mit der Gentechnik sehr kontrovers diskutiert wird. Bei der Vorausschau auf mögliche künftige Bewertungsmuster anhand der gewählten Beispiele gingen wir von der Prämisse aus, dass Akzeptanz in solchen Anwendungsfällen, in denen Nanotechnologie einfach die Kontinuität des gewohnten technischen Fortschritts z. B. der Mikroelektronik sichert, wahrscheinlich auf Grund der Vertrautheit mit vergleichbaren Anwendungen nicht in Frage gestellt sein wird, sofern sich nicht wesentliche Rahmenbedingungen ändern. Sie zeigen aber auch den großen Einfluss veränderter Zeitgeistkontexte, subjektiver Ambivalenzen und gesellschaftlicher Kommunikationsformen.

#### **5.3.4.2 Akteursarenen als Meta-Determinanten**

Um den Zusammenhang zwischen Akzeptanz und Nachfrage besser abschätzen und gleichzeitig die Aussagekraft von Beispielen besser verallgemeinern zu können, wird in diesem Kapitel ein weitergehender Ansatz gesucht, der davon ausgeht, dass der Schlüssel für die Vorausschau künftiger Akzeptanz und Nachfrage nicht allein in der Technik-Wirkungs-Logik, sondern bei den institutionalisierten Mechanismen des Zusammenspiels von Akteursgruppen in der Anwendung der Nanotechnologie liegt.

Aus den Expertengesprächen im Rahmen dieser Studie, der Erfahrung der Innovationsforschung (vgl. z. B. Kuhlmann 1998) und einem internen Workshop hat sich die Anregung ergeben, das Konstrukt von Akteursarenen zur Untersuchung der Akzeptanz- und Nachfragedeterminanten heran zu ziehen. Akteursarenen bilden den institutionellen Rahmen für Akzeptanz- und Nachfragedynamiken. Sie können als Meta-Determinanten für die Nachfrage nach Nanotechnologie betrachtet werden. Wenn ihre inneren „Systemdynamiken“ des Zusammenspiels von Technik – Wirkung – Akzeptanz im Systemkontext beschrieben werden können, dann erlaubt dies zumindest eine szenarische Vorausschau auf künftige Akzeptanz und Nachfrage.

Akzeptanz und Nachfrage werden maßgeblich von den Akteuren beeinflusst, die Nanotechnologie entwickeln, vermarkten und nutzen bzw. die genug Macht und Einfluss haben, um ihre Interessen an der Nanotechnologie durchzusetzen. Im Zusammenhang gesehen bilden diese Akteure eine Arena mit gemeinsamen Wahr-

nehmungsmustern, Spielregeln und Rahmenbedingungen, unter denen sich die Muster für Akzeptanz und Nachfrage ausprägen.

Kuhlmann (1998, S. 67ff.) beschreibt solche Akteursarenen als quasi hybride Sozialsysteme, deren Akteure originär aus verschiedenen Akteurssystemen stammen, d. h. aus in sich homogeneren Systemen der Wissenschaft, der Wirtschaft und ihrer Branchen oder der Politik mit ihren verschiedenen Administrationen. Arenen ver-sinnbildlichen also plastisch das Aufeinandertreffen von Akteursgruppen mit unterschiedlichen Interessenlagen und Durchsetzungsmöglichkeiten. Es ist damit zu rechnen, dass derartige Arenen durchaus eine institutionelle Stabilität und Identität über längere Zeiträume entwickeln, die sie auch als Metadeterminanten künftiger Akzeptanz und Nachfrage geeignet erscheinen lassen.

Akteursarenen und technisch-industrielle Cluster sind verschiedene Begriffe für ähnliche Sachverhalte. Der Clusterbegriff fasst aus ökonomischer Perspektive Wertschöpfungsketten sowie daran beteiligte Branchen und Märkte mit großer wechselseitiger Abhängigkeit und ähnlichen Nachfragebedingungen zusammen. Der Arenabegriff fokussiert für die gleiche Akteurskonstellation mehr auf die Dynamik der sozialen Durchsetzung und der Akzeptanz.

#### **5.3.4.3 Akzeptanz und Nachfrage für Elektronik, Bio-, Material- und Präzisionstechnologie**

Im Folgenden werden für die vier für die Nanotechnologie relevanten technisch-industriellen Cluster der Elektronik, der Biotechnologie, der Material- und Präzisionstechnologie Akteurskonstellationen skizziert, die als wichtige Determinanten für Nachfrage in den Arenen künftiger Nanotechnologie einzuschätzen sind. Es wird dabei die Vermutung zu Grunde gelegt, dass eine solche Abgrenzung im Hinblick auf Anwendungskontexte und gesellschaftliche Kommunikationsformen sinnvoll ist. Tabelle 5.6 gibt eine Übersicht, welche Akteursgruppen die Akzeptanz- und Nachfragedynamik der Arenen maßgeblich beeinflussen, wobei dunklere Schraffur für höheren Einfluss steht.

Tabelle 5.6: Akteursarenen der Nanotechnologie als Meta-Determinanten der Nachfrage

Arenen mit Anwendungsbeispielen	Akteursgruppen					
	Wissenschaft	Wirtschaft Anbieter	Wirtschaft Anwender	Politik Regulierung	Intermediäre	Endnutzer Gesellschaft
<b>Elektronik</b> IC-Prozesstechnik, single electron transistor, Optoe. Chips, Laser-TV, Lichtrechner Telepräsenz in ubiquitären Multimedienetzen	Universitäten HFG, FhG, WLG... Interdisziplin. Nanokompetenzzentren	Elektronik- und IT-Industrie	IT-Industrie Kfz-Elektronik u. a. Industrien	Deregulierung FuE-Förderung	VentureCapital	
<b>Biotechnologie</b> Diagnose-/Dosierchips Neuronale Mensch-Maschine-Vernetzung (Pränatale) Erbgut-Diagnose und -Manipulation Agro-Food-Gentechnik	Universitäten MPG, HFG, FhG... Interdisziplin. Nanokompetenzzentren	JTU, Pharmakonzerne Agro-Food-Industrie	Pharmakonzerne Agro-Food-Industrie IT-Industrie	FuE-Förderung Regulierung	Gesundheitssystem inkl. Krankenkassen, VentureCapital	Konsument Patienten
<b>Materialtechnologie</b> Nanopartikel/-beschichtung Nanokatalysatoren Material-Selbstorganisation als Prozesstechnik	Universitäten MPG, HFG, FhG Interdisziplin. Nanokompetenzzentren	JTU Chemiekonzerne	Industrie	tech.-wiss. Behörden FuE-Förderung	Verbände	Nachbarn
<b>Präzisionstechnologie</b> Nanomotoren und -getriebe Montage-/ Systemtechnik Nanoroboter, Nanomaschinen	Universitäten MPG, HFG, FhG Interdisziplin. Nanokompetenzzentren		Autoind. IT-Industrie Anwender	FuE-Förderung	VentureCap	
SCHATTIERUNGSLEGENDE		maßgeblicher Einfluss	erheblicher Einfluss	geringer Einfluss		

Die Thesen gemäß Tabelle 5.6 lauten:

- In der industriell schon reifen *Elektronik* dominiert die globalisierte Anbieterindustrie, die sich selber nach dem sogenannten „Moor’schen Gesetz“ unter einem enormen Innovationsdruck setzt, wonach elektronische Bausteine, Hardware-systeme und die entsprechende Softwareprodukte fast im Jahresrhythmus ihr Leistungsvermögen verdoppeln müssen. Deregulierung beschränkt die Rolle der Politik und auch der Konsumenten. Die Endnachfrage folgt dem Angebotsdruck. Akzeptanz wird durch die Aufbruchstimmung der „New Economy“ gruppenspezifisch gesteigert, wobei mit einer Polarisierung zwischen begeisterten, eher jungen und aufstrebenden Nutzern und zurückhaltenden, oft älteren und/oder von der Nutzung finanziell und bildungsmäßig ausgeschlossenen Nichtnutzern zu rechnen ist. Denkbare Akzeptanzkonflikte auf Verbraucherseite wirken sich in der derzeitigen Nachfragedynamik kaum aus. International marktmächtige Anbieter wie z. B. Intel und Microsoft haben es geschafft, Mechanismen zu institutionalisieren, die ein Ausscheren aus der schnellen Folge neuer Technikgenerationen (Angebotspush) mit Ausschluss aus der Arena, also mit Außenseitertum sanktionieren. Entscheidend im gegenwärtigen Kontext ist die eher angebotsseitige Akzeptanz der Nanotechnologie bei der Wissenschaft und vor allem bei den Herstellern von Endprodukten der Datenverarbeitung, der Unterhaltungselektronik und der Telekommunikation. Es ist davon auszugehen, dass dort, schon wettbewerbsbedingt, eine hohe Akzeptanz für Nanotechnologie vorliegt.
- In der industriell noch jungen *Biotechnologie* wird die Entwicklung noch aus dem Wissenschaftssektor angetrieben. Junge Technologieunternehmen treiben die Generierung wissenschaftlich-technischen Wissens voran; weltmarktorientierten Großunternehmen der Pharmabranche erschließen sich dieses Wissen über strategische Kooperationen. Dabei spielen auch politische Akteure mit nationaler Orientierung (Regulierung und Technologieförderung) und Intermediäre wie Versicherungen, Banken sowie auch die Konsumenten bzw. Patienten eine wesentlich stärkere Rolle als in der Elektronik. Somit gibt es eine wesentlich breitere Akteurskonstellation ohne klare Dominanz, wobei nationale Rahmensetzung die internationale Arena in nationale Unter-Arenen aufspalten. Diese tendenziell instabile Nachfragedynamik in Verbindung mit großer Ambivalenz zwischen Hoffnung und Angst prädestinieren die Nanobiotechnologie für Krisen bei Akzeptanz und Nachfrage und indizieren politischen Krisen-Präventionsbedarf.
- In der *Materialtechnologie* als klassischer Arena der Chemiebranche gibt es ein traditionell institutionalisiertes, weltmarktoffenes Akteurszusammenspiel zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und politischer Regulierung. Die Konsumenten spüren davon wenig, weil die Nanoprodukte überwiegend als Vorprodukte in industrielle Endprodukte eingehen. Akzeptanz seitens der Endverbraucher spielt also für die Nachfrage eine untergeordnete Rolle. Die Nachfragedynamik ordnet sich industrieller Strategie und Akzeptanz unter.



- In der *Präzisionstechnologie* erkennen Schlüsselindustrien wie die Autoindustrie oder auch die informationstechnische Industrie zunehmend den Wert der Mikro- und Nanosystemtechnik als technologischer Sprung im Vergleich zu den klassischen Vorläufern in Feinmechanik, der Mess-, Steuer- und Regeltechnik, der Sensortechnik und der Optoelektronik. Dies erweitert das Anwendungsfeld der Präzisionstechnologie substanziell. Daraus resultiert ein erheblicher industrieller Nachfragesog, bei dem die Konsumenten wiederum zwar profitieren, aber weniger aktiv beteiligt sind. Auch hier spielt die Akzeptanz der Endverbraucher keine entscheidende Rolle. Die Akzeptanz bei industriellen Anwendern entwickelt sich zunehmend, wobei der Standort Deutschland als „lead market“ gegenüber konkurrierenden Weltmarktregionen gilt (BMBF 2002, Bierhals 2000).

Zusammenfassend ist zu betonen, dass derzeit für die Entwicklung der Nanotechnologie weniger die Akzeptanz der Endverbraucher entscheidend ist als die Akzeptanz in der Wirtschaft und im derzeitigen Frühstadium insbesondere der Wissenschaft. In diesen Akteursgruppen gibt es derzeit keine Anzeichen für Ablehnung der Nanotechnologie. Als Ausnahme ist die Akteursarena der Biotechnologie zu betrachten, in der klare Anzeichen für kritische Akzeptanz bis Ablehnung im Gesundheitssystem und bei den Verbrauchern erkennbar sind. Für den Bereich der Materialchemie werden Industrieansiedlungen für Nanotechnologie kritisch sein. Für die Präzisionstechnologie dürften vorausschauende Akzeptanz- und Nachfrageabschätzungen wegen der zeitlichen Ferne des möglichen Markteintritts noch am unsichersten sein.

Es ist zu beachten, dass die getroffenen Aussagen explorativen Thesencharakter haben und sich auf die Erfahrungen des Projektteams in der Innovationsforschung in Verbindung mit Anregungen aus Expertengesprächen stützen.

#### **5.3.4.4 Nachfragehemmnisse außerhalb der Akzeptanzproblematik**

Zurzeit hängt die Ausschöpfung der in Kapitel 5.2 beschriebenen erheblichen Nachfragepotenziale der Nanotechnologie weniger von der generellen Akzeptanz der Nanotechnologie ab, sondern vor allem von wichtigen anderen Nachfragefaktoren. Dazu lassen sich generell Faktoren wie die Einkommensentwicklung und die Entwicklung der Position der deutschen Industrie im internationalen Innovationswettbewerb rechnen. In der Elektronik-Arena wird der Nanostandort Deutschland vor allem dann profitieren, wenn gegenüber der „Leadposition“ amerikanischer und japanischer Unternehmen und Märkte aufgeholt wird. In der Bio-Arena wird der Nanostandort Deutschland profitieren, wenn das institutionelle Zusammenspiel zwischen Wissenschaft und kleinen Technologie-Vorreiterunternehmen mit großen Konzernen und Finanz-Intermediären sowie mit nationaler Regulierung im Weltmarktvergleich überdurchschnittliche Anreize für Innovation und ökonomische Stabilität bietet. Darüber hinaus verweist eine Vorstudie für eine Innovations- und Technikanalyse (VDI-TZ 2001a) auf mögliche Innovationshemmnisse wie:

- Unkoordinierte Forschung und Entwicklung in einem Feld wie der Nanotechnologie, das ohne interdisziplinäre Forschung nicht denkbar ist,
- Nachwuchsengepässe für qualifiziertes Personal in Wissenschaft und Industrie,
- Mangelnde Grundlagenforschung in Unternehmen zur Sicherung der Anschlussfähigkeit an die sprunghaften Entwicklungen der Nanotechnologie,
- Hohe Kosten der Entwicklung,
- Alternativentwicklungen, die auf bekannten technologischen Paradigmen aufbauen und den Marktdurchbruch der Nanotechnologie zeitlich hinaus schieben,
- Verstöße gegen Umwelt- und Gesundheitsauflagen.

Die Hinweise sind explorativ und beantworten die Frage nach Innovationshemmnissen nicht erschöpfend. Vielmehr sind sie explizit als Anstoß für weitergehende systematische Forschungsvorhaben zu verstehen.

## 5.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Exploration im Feld der Nanotechnologie hat ergeben, dass kein einfacher linearer Zusammenhang in der Reihenfolge von Akzeptanz, Nachfrage und Standortvorteilen erkennbar wird. Vielmehr haben sich Hinweise darauf ergeben, dass Akzeptanz weniger als Determinante von Standortvorteilen und Wettbewerbsfähigkeit, als ursächlicher Nachfrage- und Standortfaktor zu verstehen ist. Vielmehr erscheint Akzeptanz als Indikator dafür, inwieweit die Institutionen eines Innovationssystems den Herausforderungen, die die neue Technologie stellt, gerecht werden können (Schoser 2001, S. 260). Mangelnde Akzeptanz ist somit ein Symptom institutioneller Irritationen für individuelle und soziale Orientierungsmuster bei der Nachfrageentwicklung, die in der Folge auch Standortrisiken zur Folge haben kann. Anstatt der Annahme eines einfach linearen Modellzusammenhanges scheint die Annahme eines komplexeren Modells angemessener, das Akzeptanz, Nachfrage und Standorteffekte selber als Folge von deren Einbettung in Innovationssysteme bzw. Akteursarenen und deren institutionelle Mechanismen erklärt.

In einem solchen Modell, das dem Denken der evolutorischen Innovationstheorie, insbesondere der Institutionenökonomik entspricht (s. Kapitel 5.4.2) sind Akzeptanz-Irritationen vorwiegend in (technologischen) Umbruchsituationen, also z. B. in der Startphase (neues technologisches Paradigma) und der Reifephase von Technologie-Lebenszyklen (in Erwartung neuer technologischer Paradigmen), zu erwarten. In Zeiten kontinuierlicher Technologieentwicklung nach Durchsetzung dominanter Designs für Produkte und Anwendungen und institutionelle Rahmenbedingungen (Arena-Mechanismen) sind weniger Akzeptanzprobleme zu erwarten.

Dieses Modell legt nahe, die Fragen nach Akzeptanz, Nachfrage und Standortvorteilen differenziert nach überschaubaren Zeiträumen (unter Annahme kontinuierlicher Entwicklungen) und längerfristigen Entwicklungen (unter Zulassung von Durchbrüchen der Nanotechnologie sowie neuer Anwendungen und institutioneller Marktverhältnisse) zu untersuchen.

Für den überschaubaren Zeitraum hat sich dabei Folgendes ergeben:

- Die sich in Technikeinstellungen ausdrückenden Präferenzen und Abneigungen der Bürger wirken sich kaum auf die faktische Nachfrage nach Nanotechnologie aus als einer Schlüsseltechnologie, die in der Regel am Anfang der Wertschöpfungskette eingesetzt wird, und die für den Endverbraucher abstrakt bleibt.
- Innerhalb der wirtschaftlichen Wertschöpfungskette lässt sich der Zusammenhang zwischen Akzeptanz und Nachfrage schwer prüfen. Nachfrageentscheidungen gelten zwar eher als rational im Hinblick auf eine Kosten-Nutzen-Abschätzung. Inwieweit dies zutrifft, lässt sich gerade in Deutschland aus dem Vorgängerbeispiel der „Mikroelektronik“ anzweifeln, wo die in mehreren Branchen deutlich verspätete Adoption (z. B. Uhrenindustrie, Werkzeugmaschinensteuerungen) in den siebziger und achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts gravierende Industriekrisen ausgelöst hat.
- Der Zusammenhang zwischen Nachfrage und Standortvorteilen erscheint auf den ersten Blick direkter als der zwischen Akzeptanz und Nachfrage. Dabei ist zunächst an Unterschiede der Marktgröße und den entsprechenden „economies of scale“ z. B. zwischen den USA und Deutschland zu denken. Möglicherweise könnte auch eine größere Offenheit der Amerikaner für technische Innovationen eine Rolle spielen. Dafür gibt es jedoch in Bezug auf die Nanotechnologie keine direkten Belege.

Plausibel erscheint es, Erklärungen im Zusammenhang des Leitmärkte-Konzepts (BMBF 2002) anzunehmen. Danach würden sich

- in der Elektronik-Arena Standortnachteile ergeben, solange die Technologie- und Marktführung in den USA und Japan liegt,
  - in der Bio-Arena unübersichtliche Standortvorteilsverteilungen ergeben mit tendenziellen Vorteilen wiederum für die USA,
  - in der Material-Arena möglicherweise sogar Vorteile aus einer traditionellen Führungsrolle der deutschen Chemie am Weltmarkt ergeben und
  - in der Präzisions-Arena durchaus Standortvorteile erwarten lassen, weil die derzeit prägendste „Lead-Industrie“ Deutschlands, die Autoindustrie, als Anwendungsinnovator den technischen Fortschritt in der Nanopräzisionstechnik tragen wird.
- Kurzfristig wird technologiepolitischer Handlungsbedarf vor allem in der Bio-Arena erkennbar, in der die Nanotechnologie derzeit schon als neues technologi-

ches Paradigma im Marktdurchbruch steht und in der weltweit nach neuen institutionellen Einbettungen insbesondere im Hinblick auf technologische Führung und dazu gehörige Muster der Vernetzung von Wissenschaft, Wirtschaft, Finanzierung, Gesundheitswesen und staatlicher Regulierung sowie auf ethische Verträglichkeit gesucht wird.

- Der breite Marktdurchbruch der Nanotechnologie auch mit völlig neuen Anwendungen außerhalb der Kontinuität ist erst längerfristig zu erwarten. Die Entwicklung von Akzeptanz, Nachfrage und Standortvorteilen wird dann unter veränderten Kontexten bzw. in institutionell veränderten Akteurs-Arenen stattfinden und lässt sich heute höchstens szenarisch voraus schauen (was Gegenstand künftiger Forschungsprojekte sein könnte).

#### **5.4.1 Hemmnisse in Bezug auf Akzeptanz und Nachfrage**

Diese Untersuchung hat ein großes und nach Anwendungen breit verteiltes Nachfragepotenzial für die künftige Schlüsseltechnologie der Nanotechnologie ergeben (Kap. 5.2). In Kapitel 5.3 wurden begründete Thesen über die zu erwartende Akzeptanz und Nachfrage und deren Determinanten heraus gearbeitet. Insgesamt hat sich dabei der Eindruck ergeben, dass gute Voraussetzungen bestehen, das Nachfragepotenzial auszuschöpfen und die gute Ausgangsposition Deutschlands im internationalen Innovationswettbewerb zu halten. Das gilt im Wesentlichen für alle vier Akteursarenen Elektronik, Bio-, Material- und Präzisionstechnologie. Grundsätzliche Vorbehalte dürften unter heutigen Rahmenbedingungen nur in begrenzten Anwendungsfeldern, insbesondere in der Biotechnologie, relevant sein. Die nachrangige Einschätzung möglicher Akzeptanzhemmnisse außerhalb der Biotechnologie gilt jedoch nur für die gut überschaubare Zukunft. Auf längere Sicht werden insbesondere auf dem Gebiet der Elektronik so weitgehende Anwendungspotenziale sichtbar, u. a. auch durch die beginnende Vernetzung mit der Biotechnologie, dass sich die Frage nach Akzeptanzhemmnissen völlig anders darstellen kann.

Beim derzeitigen Entwicklungsstand der Nanotechnologie könnten jedoch Nachwuchsmangel und unzureichende Interdisziplinarität Hemmnisse darstellen, die auch als unzureichende Nachfrage (nach Nanotechnologie als attraktivem Berufsfeld mit Perspektive, nach Erkenntnissen aus anderen Disziplinen als essenzielle Voraussetzung für Erkenntnisfortschritt) aufgefasst werden können. Beide Hemmnisse scheinen seitens der deutschen Technologiepolitik erkannt worden zu sein. Die übergreifend sichtbar werdende technologiepolitische Konzeption der Förderung von interdisziplinären Forschungszentren und Kompetenznetzwerken unter Einschluss der forschenden Industrie zielt genau auf diese Schwachstelle (Bührer et al. 2002). Darüber hinaus sollen diese Kompetenzzentren explizit auch auf eine besser informierte öffentliche Kommunikation über Nanotechnologie hinwirken und damit auch den wissenschaftlichen Nachwuchs interessieren. In einem engli-

schen Gutachten zum Vergleich der Förderung von Nanotechnologie in den USA, England und Deutschland wird die deutsche Politik als vorbildlich hingestellt (UK 2001).

#### **5.4.2 Akzeptanzprobleme als Indikatoren institutioneller Umbruchsituationen – ein evolutorisches Denkmodell**

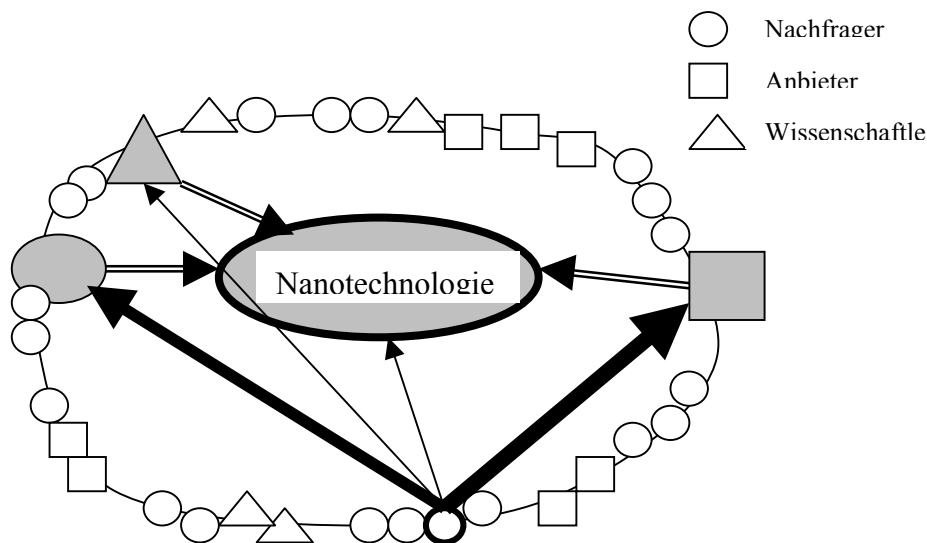
Die Aussage, dass Akzeptanz für die Nachfrage nach Nanotechnologie und die daraus resultierenden Standortvorteile eher unwichtig ist, wird dem Verlauf der Untersuchung nur teilweise gerecht. Es erscheint unrealistisch, Technikakzeptanz bei der Suche nach Standortdeterminanten vernachlässigen zu können. Deswegen wird hier nach einem weiterführenden Denkansatz oder einer Umdeutung des Verständnisses von Akzeptanz gesucht.

Akzeptanzbildung wurde nach den Erkenntnissen der Neurobiologie und der Erforschung künstlicher Intelligenz als hochleistungsfähiges Orientierungsmuster der Alltagsintelligenz des Menschen verstanden, das der Leistungsfähigkeit logischen Expertendenkens weit überlegen ist. Die Leistungsfähigkeit ergibt sich daraus, dass die Alltagsintelligenz des Menschen bei schwer verständlichen Entwicklungen beispielsweise der Technik darauf verzichtet, Zusammenhänge verstehen zu wollen. Anstatt dessen orientiert sie sich an Erfahrungen und Autoritäten, d. h. eben gerade nicht an direkten Ursache-Wirkungsbeziehungen und entsprechenden Expertenbehauptungen.

Dieses Orientierungsmuster liefert eine Erklärungsmöglichkeit für das weiter vorne als „Eisbergmodell“ benannte Verständnis von Akzeptanz, wonach direkte Nutzen-Risiko-Bilanzen zur Bewertung neuer Technologie von ambivalenten Kontext-, System- und Vertrauenserfahrungen überlagert werden. Bildlich lässt sich eine solche Akzeptanzbildung folgendermaßen darstellen (Abb. 5.6).

Wesentlich ist dabei, dass die Akzeptanzbildung der Normal-Nachfrager sich gar nicht primär am Objekt der Nanotechnologie und deren Nutzungs- und Risikopotenzialen orientiert (auch nicht an diesbezüglichen Expertenaussagen), sondern entweder daran, welche Reaktionen der Anbieter nahe legt (Technology Push), oder daran, wie herausgehobene Referenz-Nachfrager oder deren Agenten (z. B. ADAC oder Stiftung Warentest oder ein Konzern – z. B. der Autoindustrie – als Referenz-Nachfrager für Zulieferanten) reagieren, sofern die Normal-Nachfrager an deren Vertrauenswürdigkeit und/oder Macht glauben (vgl. Kap. 9.2.3.3).

Abbildung 5.6: Orientierungsmuster der Akzeptanzbildung



Es leuchtet sofort ein, dass der alltagsintelligente Nachfrager dieses Orientierungsmuster nicht von Fall zu Fall völlig neu entwirft, sondern dass er dafür ein Gewohnheitsmuster zur Rationalisierung anstrebt. Die Chance dazu bieten ihm stabile Institutionen, deren Zweck gerade darin besteht, stabile Verhaltensmuster in der Gesellschaft mithilfe von Anreizen und Sanktionsdrohungen durchzusetzen (Annecke 2001).

Quasi-Monopolisten wie Intel und Microsoft, die die schnelllebige Generationenfolge für neue Hard- und Software der Informationstechnik durchgesetzt haben, können als solche dominante Leit-Institutionen in der Elektronik-Arena gelten. In der Bio-Arena fungiert möglicherweise die Ärzteschaft als Leitinstitution, wenn es denn angesichts der einflussreichen Akteursvielfalt überhaupt dominante Leitinstitutionen gibt. In der Materialchemie vertraut der Bürger möglicherweise auf die tradierte Einbettung der Chemie in die staatliche Risikoaufsicht. Bei der noch fern liegenden Nanopräzisionstechnik wird möglicherweise der Autoindustrie die Rolle der Leitinstitution zuwachsen, wenn die gegenwärtige Qualitätsstrategie der deutschen Autoindustrie das Vertrauen weiter festigt.

Dieser Denkansatz weist Bezüge zur evolutiven Innovationstheorie auf. Annecke (2001) stellt seine Dissertation unter das Thema „Technischer Fortschritt und institutioneller Wandel“ und fasst darin die von Dosi (1983) und anderen erarbeiteten Grundlagen der evolutiven Ökonomie unter spezieller Fokussierung auf die Institutionenökonomie zusammen. Danach wird der technische Fortschritt inklusive der dabei auftretenden Techniksprünge in den nationalen Innovationssystemen durch die jeweils charakteristischen Systeminstitutionen kanalisiert. Diese

tradierten Institutionen und ihre Anpassungsfähigkeit an Technologiesprünge begründen Standortvorteile oder –nachteile und eröffnen spezifische, häufig national geprägte Entwicklungskorridore für Innovationen.

Dieses institutionenorientierte Modell für Standortvorteile legt es nun nahe, Akzeptanzbildung in neuer Weise umzudeuten: Technikakzeptanz ist dann zu verstehen als eine Haltung der Offenheit gegenüber neuer Technik, in der stabile Leitinstitutionen den Normal-Nachfragern keine Einwände (oder Chancen für Einwände) gegen die neue Technik signalisieren. Zugespitzt könnte Akzeptanz als Indikator für stabile Verhältnisse interpretiert werden. Akzeptanz wäre dann nicht Ursache für Standortvorteile, sondern nur eine Ausdrucksform (Indikator) für stabile institutionelle Einbettungen der Technikentwicklung.

Die Stabilität der institutionellen Einbettung des technischen Wandels ist ein gefährdetes Phänomen. Sie kann durch wettbewerbliche Auf- und Überholmanöver ausländischer Innovationssysteme insbesondere bei sprunghaftem Technologiewandel in Frage gestellt werden, d. h. durch innovativere und am Weltmarkt erfolgreichere institutionelle Arrangements. In der Nano-Bio-Arena lässt sich verfolgen, wie unterschiedliche institutionelle Arrangements des Zusammenwirkens von Wissenschaft, Wirtschaft und Unternehmensgründungen, Beteiligungskapital, staatlicher Aufsicht, Gesundheitswesen usw. im internationalen Wettbewerb stehen und um Dominanz im Sinne einer „Lead-Market-Institutionalisierung“ ringen (Peter 2002).

Akzeptanzprobleme würden nach einem solchen Verständnis von „Akzeptanz als Indikator stabiler Verhältnisse“ aufkommende Instabilitäten anzeigen. Akzeptanzprobleme wären dann nicht als Ursachen für Standortnachteile, die man z. B. mit Aufklärungskampagnen beseitigen müsste, zu begreifen. Vielmehr müssten sie im Sinne von „Kassandra-Signalen“ ernst genommen werden, weil sie Infragestellungen institutioneller Positionen, auch institutioneller Leitpositionen ankündigen. Damit verbunden wären sie als Alarmsignale zu verstehen, die politischen Handlungsbedarf, beispielsweise zur Moderation der nationalen Akteurs-Arena, nahe legen.

Zusammenfassend lässt sich Akzeptanz umdeuten als Symptom institutioneller Irritationen und Standortrisiken anstatt als Ursache von Standorthemmnissen. In diesem umgekehrten Verständnis wird Akzeptanz nicht als Standortfaktor, sondern als Indikator für die Vorausschau von Standortrisiken interpretiert. So lässt sich Akzeptanz nutzen als Instrument zur Fokussierung technologiepolitischen Handelns auf Schwerpunkte institutioneller Anpassungsfriktionen. Bei positiver Akzeptanz besteht kein Handlungsbedarf. Akzeptanzprobleme als Frühindikatoren legen dagegen die Initiative zu technologiepolitischen Diskursen mit den beteiligten Akteuren der betroffenen „Arena“ nahe.

### 5.4.3 Forschungslücken und Empfehlungen

Fragen der Akzeptanz und Nachfrage sind bislang noch nicht spezifisch für die Nanotechnologie untersucht worden. Andererseits schenkt die jüngere Innovationsforschung gerade den Zusammenhängen technischen und institutionellen Wandels im Rahmen nationaler, sektoraler und regionaler Innovationssysteme erhöhte Aufmerksamkeit. Daraus wird hier der Schluss gezogen, dass sich die Chance bietet, die sozialwissenschaftliche Technikakzeptanz-Forschung und die Innovationsforschung insbesondere im Hinblick auf die Einbettung von Akzeptanz und Nachfrage in institutionelle Arrangements stärker zusammen zu führen und auf die Vorausschau künftiger Akzeptanz und Nachfrage für Nanotechnologie zu fokussieren.

Dies erscheint insbesondere deswegen lohnend, weil Vorbehalte gegenüber der Nanotechnologie als Frühindikator dafür gewertet werden können, dass die formellen und informellen Organisationen und Institutionen des Innovationssystems die Herausforderungen, die durch die Nanotechnologie gestellt werden, nicht angemessen bewältigen kann. Leitmärkte dürften sich hingegen dadurch auszeichnen, dass sich die Dynamik des wissenschaftlich-technischen Fortschritts entfalten kann, ohne dass es zu erheblichen gesellschaftlichen Konflikten über seine Folgen kommt. Angesichts der Eignung von Akzeptanzforschung zur Frühindikatorik künftiger Standortprobleme bietet es sich an, die Akzeptanzbildung in der Nanotechnologie frühzeitig zu erforschen.

Die Explorationen in dieser Studie haben ergeben, dass Akzeptanz für Nanotechnologie weniger eine kurzfristig drängende Thematik darstellt als eine langfristige Herausforderung. Kurzfristig erscheint es wichtiger, Nachfrage- und Wettbewerbshemmnisse wie Nachwuchsmangel und unzureichende interdisziplinäre Forschungsorganisation zu beseitigen. Die deutsche Bildungs- und Technologiepolitik hat diese Hemmnisse erkannt und Aktivitäten eingeleitet.

Für die Langfristperspektive ist deutlich geworden, dass Akzeptanzbildung für Nanotechnologie zwar kurzfristig eher unkritisch verläuft, sich langfristig unter anderen Anwendungskontexten jedoch völlig anders entwickeln kann. Wenn die Ausschöpfung des Nachfragepotenzials der Nanotechnologie langfristig gewährleistet werden soll, sind folgende Forschungsempfehlungen zu geben:

- Langfristig orientierte Akzeptanzforschung für Nanotechnologie als künftiger Schlüsseltechnologie sollte explizit, ähnlich wie in den USA (vgl. NSF 2001) zum begleitenden Forschungsprogramm zur Technologieförderung gemacht werden.
- Im Unterschied zum amerikanischen Ansatz sollte dabei der Schwerpunkt nicht einseitig auf „Wirkungsforschung“ gelegt werden, weil Nutzen-Risiko-Bilanzierungen, die wissenschaftlich-rationale Abwägungen betonen, nur eines unter mehreren Elementen sind, die die Bevölkerung in ihr Werturteil über Technik-



anwendungen einfließen lässt. Eine Fokussierung auf diesen Aspekt liefe Gefahr, ebenfalls wichtige Determinanten zu vernachlässigen.

- Akzeptanzforschung für Nanotechnologie sollte auch nur bedingt als Meinungsforschung konzipiert werden, weil realistische Akzeptanz-Stellungnahmen erst unter realistischen Einführungsperspektiven neuer Anwendungen zu erwarten sind. Allerdings empfehlen sich durchaus als Längsschnitt angelegte Paneluntersuchungen, die Einblicke in die längerfristige Akzeptanzbildung erlauben werden.
- Akzeptanzforschung sollte vielmehr eine Kombination von szenarischen Ansätzen, Sozillaborsimulationen und Analogieforschungen anstreben. Szenarien z. B. für die Entwicklung der Akzeptanz in Akteursarenen können den Wandel von Anwendungskontexten erfassen. Sozillaborsimulationen ermöglichen es, mit Menschen bzw. Akteursgruppen vertiefte Gespräche zu führen und Reaktionen zu testen, Analogieuntersuchungen zu schon abgelaufenen Schlüsseltechnologiezyklen ermöglichen in Verbindung mit Sozillaboransätzen die Verhaltensdeterminanten von Akteuren zu erfassen. Beispielsweise könnte die gewandelte Wahrnehmung der Mikroelektronik in den letzten dreißig Jahren (vom Jobkiller zur Basis der New Economy bei stark zunehmender Arbeitslosigkeit) gute Aufschlüsse über den Zusammenhang von Kontextwandel und Akzeptanz geben.
- Dabei sollte im Sinne Vertrauen erweckender Systemkommunikation auch „kritischen“ Institutionen Geld zur Verfügung gestellt werden, um FuE zu betreiben.
- Interessant wäre auch die Erforschung der Auswirkungen der Medienkommunikation auf Akzeptanzbildung im Spannungsfeld „von Medien als Spiegel der gesellschaftlichen Seele“ oder „Medien als Verstärker und Polarisierer von Akzeptanz-Konflikten“.

Übergreifend zu diesen Einzelempfehlungen erscheint ein Vergleich der institutionellen Rahmenbedingungen für Akzeptanz in Deutschland mit denen in den USA, Japan und England interessant. Dabei wäre die These zu prüfen, ob es insbesondere den USA gelingt, Nanotechnologie im Bewusstsein der Menschen mit Aufbruchstimmung zu assoziieren, anstatt mit Risiken, wie diese Assoziationen im Bildungssystem veranlagt sind und inwieweit daraus Empfehlungen auf die spezielle Situation Deutschlands übertragen werden können.

Da sich Akzeptanz für Nanotechnologie nur in der Biotechnologie als eine kurzfristige Herausforderung heraus gestellt hat, bietet es sich an, weiterführende Forschungsprojekte auf diese Arena der Nanotechnologie zu fokussieren.

## 5.5 Zitierte Literatur

- Anneck, J. P. (2001): Technischer Fortschritt und institutioneller Wandel – Eine evolutionäre Analyse der Fähigkeiten einer Volkswirtschaft zur Adaption grundlegenden technischen Fortschritts. Köln
- Bachmann, G. (2000): Märkte für Nanotechnologie. in : [www.kompetenznetze.de](http://www.kompetenznetze.de)
- Bachmann, G.; Zweck, A. (2001): Novitäten aus der Microwelt. In: Wechselwirkung, Mai/Juni 2001
- Bierhals, R.; Cuhls, K.; Hüntrup, V.; Schünemann, M.; Thies, U.; Weule, H. (2000): Mikrosystemtechnik – Wann kommt der Marktdurchbruch? In: Schriftenreihe des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI), Heidelberg
- Brammer, R. (2001): Zehn hoch minus neun – vom Aufbruch in den Nanokosmos. Sendung Deutschland Radio vom 10.06.2001 ab 15.05h
- Bührer, S.; Bierhals, R.; Heinze, T.; Hullmann, A. (2002): Die Kompetenzzentren der Nanotechnologie in der Frühphase der Bundesförderung – Ein Bericht der begleitenden Evaluation. Endbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, Februar 2002
- Bundesakademie für Sicherheitsfragen (BAKS) (2001): Seminar „Gentechnik, Nanotechnik und Robotik“. 15.–16. 02. 2001, Berlin
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (1998): Zukunft nachgefragt – Neues zum Delphi '98, Nr. 1
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2001): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2000. Zusammenfassender Endbericht. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2001): Status Nanotechnologieförderung. Workshop F&E-Strategien in der Nanotechnologie. 16./17. Mai 2001, Bonn (unveröffentlichtes Vortragsmanuskript)
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2002): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2001. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung
- Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM) (Hrsg.) (2001): Wege in die Informationsgesellschaft. Status Quo und Perspektiven Deutschlands im internationalen Vergleich. Berlin, Frankfurt.
- Centrum für angewandte Politikforschung an der Ludwig Maxilian Universität München (CAP) (o.J.): Evolution in Menschenhand – Die gesellschaftliche Dimension der Bio- und Gentechnik. Arbeitspapier. München
- Cuhls, K.; Blind, K.; Grupp, H. (1998): Delphi '98 – Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Studie des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Karlsruhe
- Dosi, G. (1983): Technological Paradigms and Technological Trajectories. in: Long Waves in the World Economy, London (zitiert nach Annecke 2001)
- Drexler, K. E. (1992): Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation. New York

- Drexler, K. E.; Peterson, C.; Pergamit, G. (1991): *Unbounding the future – The Nanotechnology Revolution*. New York
- Drexler, K. E.; Peterson, C.; Pergamit, G. (1994): *Experiment Zukunft: die nanotechnologische Revolution*, Bonn u. a. Orte als Übersetzung des Originals Drexler u. a. (1991): *Unbounding the future*
- Ernst & Young (2001): *Eighth Annual European Life Sciences Report 2001 – Integration*. Cambridge, UK
- European Commission (2001): *Europeans, science and technology. Eurobarometer 55.2*. Brussels: Directorate-General for Press and Communication, Public Opinion Sector
- Evangelische Akademie der Pfalz (Veranstalter) (2001): *Gentechnik, Nanotechnik, Robotik*. Enkenbach
- Friedewald, M.; Rombach, H. D.; Stahl, P.; Broy, M.; Hartkopf, S.; Kimpeler, S.; Kohler, K.; Wucher, R. (2001): *Softwareentwicklung in Deutschland. Eine Bestandsaufnahme*. In: *Informatik Spektrum* 24/2001, S. 1-10
- Geissler, E. (1998): *Vaccines and the Prevention of Biological Warfare and Bioterrorism*. Paper presented at the Third International Symposium on Science for Peace, 8-13 November, Jerusalem
- Grupp, H. (Hrsg.) (1993): *Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts*. Heidelberg: Physica Verlag
- Grupp, H.; Breiner, S.; Cuhls, K.; Jaeckel, G.; Georgieff, P.; Koschatzky, K.; Reiß, T.; Schmoch, U. (1993): *Deutscher Delphi-Bericht zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik – Im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie*
- Hanseatisches Wertpapierhandelshaus AG (HWAG) (Hrsg.) (2001): *Nanotechnologie II (Nanobiotechnologie) u. III (Werkstofftechnik)*, Research Studie
- Harnischfeger, M.; Kolo, C.; Zoche, P. (1998): *Mediennutzung der Zukunft im privaten Sektor*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI
- Hinze, S.; Reiß, T.; Dominguez-Lacasa, I.; Wörner, S. (2001): *Einfluss der Biotechnologie auf das Innovationssystem der pharmazeutischen Industrie. Bericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Z25*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI
- Hullmann, A. (2001): *Internationaler Wissenstransfer und technischer Wandel – Bedeutung, Einflussfaktoren und Ausblick auf technologiepolitische Implikationen am Beispiel der Nanotechnologie in Deutschland*. Dissertation, Göttingen
- Institut für Technikfolgenabschätzung (ITA) (2001): *Sonderheft aus Anlass der 1. Österreichischen TA-Konferenz zum Thema Technikfolgenforschung in Österreich (Zusammenfassung der Präsentationen)*, Juni 2001, Wien
- Institute of Nanotechnology UK (2001): *The International Technology Service Missions on Nanotechnology to Germany and the USA, Supported by. Department of Trade and Industry – Biotechnology and Biological Sciences Research Council, Engineering and Physical Sciences Research Council, United Kingdom*
- Joy, B. (2000): *Warum die Zukunft uns nicht braucht: Die mächtigsten Technologien des 21. Jahrhunderts – Robotik, Gentechnik und Nanotechnologie – machen den Menschen zur gefährdeten Art*. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* vom 6.6.2000
- Kaku, M. (1998): *Zukunftsvisionen: Wie Wissenschaft und Technik des 21. Jahrhunderts unser Leben revolutionieren*, München

- Kimpeler, S. (2000): Ethnizismus als kommunikative Konstruktion. Operational-konstruktivistische Diskursanalyse von Medienangeboten. Wiesbaden: DUV
- Kimpeler, S. (2001): Das Innovationssystem Information und Kommunikation in Deutschland. Illustriert an den Bereichen Internet, Mobilkommunikation und Datensicherheit. Endbericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Karlsruhe: Fraunhofer ISI
- Kuhlmann, S. (1998): Politikmoderation – Evaluationsverfahren in der Forschungs- und Technologiepolitik, Baden-Baden
- Kurzweil, R. (2000): Der Code des Goldes: Meine Antwort auf Bill Joy. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 17.6.2000
- Legler, H. u. a. (2000): Innovationsstandort Deutschland: Chancen und Herausforderungen im internationalen Wettbewerb, Landsberg/Lech
- Maio, G. (2001): Klonen im Fernsehen. In: BioWorld, 6-2001
- Malinowski, N.; Bachmann, G. (2001): Winzig im Maßstab und riesig in der Sprengkraft – Die Nanotechnologie zwischen Fortschrittshoffnung und übertriebenen Erwartungen. In: Frankfurter Rundschau v. 26.05.2001, S. 7
- Markl, H. (2001): Was ist dran an den Schreckensbildern? In: Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Mensch oder Roboter – Wem gehört die Zukunft? Antworten auf Bill Joy. In: Das Magazin, 12. Jahrgang, Ausgabe 1/2001
- National Science and Technology Council, Committee on Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology (US-NNI 2000): National Nanotechnology Initiative – the Initiative and its Implementation Plan. Washington, USA
- National Science Foundation (ed.) (NSF)(2001): Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology. Arlington, Virginia, USA
- Oppenheim, S. (Hrsg.) (2001): Mikrosystemtechnik und Nanotechnologie Schlüsseltechnologien für Deutschland (veröffentlichte Bankenstudie)
- Peter, V. (2002): Institutionen im Innovationsprozess – eine Analyse anhand der biotechnologischen Innovationssysteme in Deutschland und Japan. Heidelberg
- Philip, A. et al. (Rand 2001): The Global Technology Revolution – Bio/ Nano/ Materials Trends and their Synergies with Information Technology by 2015, Santa Monica, Arlington
- Rammert, W. (2001): Nicht nur natur- und technischwissenschaftliche Experten sind bei Wissenschaftsdebatten gefragt. In: Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2001): Mensch oder Roboter – Wem gehört die Zukunft? Antworten auf Bill Joy. In: Das Magazin, 12. Jahrgang, Ausgabe 1
- Renn, O.; Zwick, M. M. (1997): Risiko- und Technikakzeptanz. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag
- Schulenburg, M. (1995): Nanotechnologie – die letzte industrielle Revolution. Frankfurt, Leipzig
- Sloterdijk, P. (2001): Reichtum muss Selbstachtung erzeugen. In: Wirtschaftswoche Nr.30 vom 19.07.2001
- VDI-Technologiezentrum (VDI-TZ) (1998): Innovationsschub aus dem Nanokosmos. In: Zukünftige Technologien Nr. 28, Düsseldorf

- VDI-Technologiezentrum (VDI-TZ) (2001a): Innovations- und Technikanalyse (ITA) Nanotechnologie, Vorstudie. Düsseldorf
- VDI-Technologiezentrum (VDI-TZ) (2001b): Nanotechnologie – Innovationsschub aus dem Nanokosmos (Aktualisierte Broschüre von 1998). Düsseldorf
- Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (WZ-NRW) (2001): Mensch oder Roboter – Wem gehört die Zukunft? Antworten auf Bill Joy. In: Das Magazin, 12. Jahrgang, Ausgabe 1/2001
- Zentrum für TA beim Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat (TA-Med) (2001): Thema „Nanotechnologie in der Medizin“ – Ausschreibung einer Technology Assessment-Studie



## **6. Analyse des Technologiefelds „Informations- und Kommunikationstechnologie“**

### **6.1 Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung**

Das Aufkommen neuer Informations- und Kommunikationstechnologien und damit einhergehend das Entstehen neuer Medien und neuer Kommunikationsinstrumente bringen Veränderungen der Informationsselektion und -wahrnehmung mit sich, die sich letztendlich auch auf zukünftige Wissensstrukturen einer Gesellschaft auswirken. Das Internet stellt auf dem Weg von der Industrie- zur Informations- bzw. Wissensgesellschaft eine Schlüsseltechnologie dar, die nicht nur zu weitreichenden strukturellen Veränderungen im Telekommunikationssektor führt, sondern auch die Innovationsprozesse weiterer Industrie- und Dienstleistungssektoren prägt. Auch für Deutschland gilt, dass im Zuge der wirtschaftlichen und kulturellen Globalisierung sowie der Restrukturierung der internationalen Arbeitsteilung Standortvorteile gesichert werden müssen. Wichtigster Faktor des Standortvorteils in einer globalen Informationsgesellschaft ist eine moderne Infrastruktur, die nicht nur eine möglichst hohe Mobilität von Gütern und wirtschaftlichen Akteuren gewährleistet, sondern zusätzlich ein Kommunikationsnetz bietet, das lokalen Wirtschaftseinheiten den Zugang zu dem globalen wirtschaftlichen Handeln ermöglicht. Den Kern dieser Infrastruktur bildet das Internet.

Das Technologiefeld „Internet“ umfasst diejenigen technologischen Innovationen, die im Zuge der weltweiten Computervernetzung auf Basis des gemeinsamen TCP/IP-Protokolls entstanden sind. Unter den verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten des Internet interessierten für die vorliegende Studie insbesondere Anwendungen der Transaktion, da sie von wirtschaftlicher Relevanz für den Standort Deutschland sind. Typische Anwendungen mit noch unterschiedlichem Reife- und Diffusionsgrad sind Transaktionen im Bereich der öffentlichen Verwaltungen (E-Administration), kommerzielle Angebote für Konsumenten oder Geschäftskunden (klassisches E-Commerce), sowie Tausch-Angebote innerhalb bestimmter Interessensgruppen (Peer-to-peer-Transaktionen). Im Folgenden werden alle drei Transaktionsarten als E-Commerce bezeichnet. Die Angebote befinden sich zwar noch in der Entwicklungs- und Pilotphase und sind auch größtenteils noch nicht-kommerzieller Natur, jedoch handelt es sich technisch und wirtschaftlich gesehen auch um Transaktionsprozesse mit einer Kosten-Nutzen-Struktur. Entsprechend konzentriert sich die vorliegende Analyse auf Internet-Transaktionen des elektronischen Handels: E-Commerce.

Auf Grund der absehbaren Konvergenz von Internet und Mobilkommunikation wird im Folgenden auch der Bereich der Mobilkommunikation und dabei wiederum insbesondere der M-Commerce genauer untersucht.

Jedes der beiden Technikfelder wird kurz charakterisiert und anschließend unter Berücksichtigung der Akteure und der Marktbedingungen eine Auswertung vorhandener Akzeptanz-Studien durchgeführt.

## **6.2 Charakterisierung des Technologiefeldes**

### **6.2.1 Internet**

Das Internet entstand beginnend in den Siebzigerjahren auf der Basis des TCP/IP-Protokolls zur Datenübertragung. Seine Netzarchitektur und die Form der Datenübertragung sind bis heute weitgehend unverändert geblieben. Durch Entwicklungen auf den Gebieten der Optoelektronik, Chipstechnologie und Software-Anwendungen wurde der Fortschritt in der Datenübertragung beschleunigt (Pelzel 2001, S. 13). Die höchste Innovationsdynamik ist im Bereich der Mobilfunkdienste zu verzeichnen, was ihnen eine besondere Stellung für die Entwicklungen der Telekommunikationsmärkte zukommen lässt. Im Vergleich zu anderen Kommunikationstechnologien weist das Internet den kürzesten Technologiezyklus auf: Erst 35 Jahre nach der Erfindung des Telefons, 25 Jahre nach der Erfindung des Fernsehens und 13 Jahre nach der Erfindung des Mobilfunks wurde jeweils eine weltweite Marktdurchdringung von 25 % erreicht (Pelzel 2001, S. 14; ITU). Das Internet hingegen hat diese Marke der Marktdurchdringung bereits nach acht Jahren geschafft (Pelzel 2001). Adoption, Assimilation und Akkomodation als die drei Phasen der Innovation (Scholl 2001) sind demnach für die Internetnutzung schneller erfolgt als für andere IuK-Technologien zuvor.

#### **6.2.1.1 Aktuelle Nutzerstruktur des Internet**

Die Anzahl der privaten Internetzugänge als wichtigste Voraussetzung für eine breite Internetnutzung zeigt, dass Deutschland im internationalen Vergleich der *Haushalte mit Internetanschluss* mit 27,1 % unter dem EU-Durchschnitt (28,4 %) liegt (Tab. 6.1).

Ein Vergleich der Internet-Nutzerdichte in Prozent der Bevölkerung ergibt ein anderes Bild: Deutschland liegt mit 29,2 % weit über dem EU-Durchschnitt (12,4 %), jedoch hinter den USA (34,7 %) und Japan (30,4 %) (Abb. 6.1).

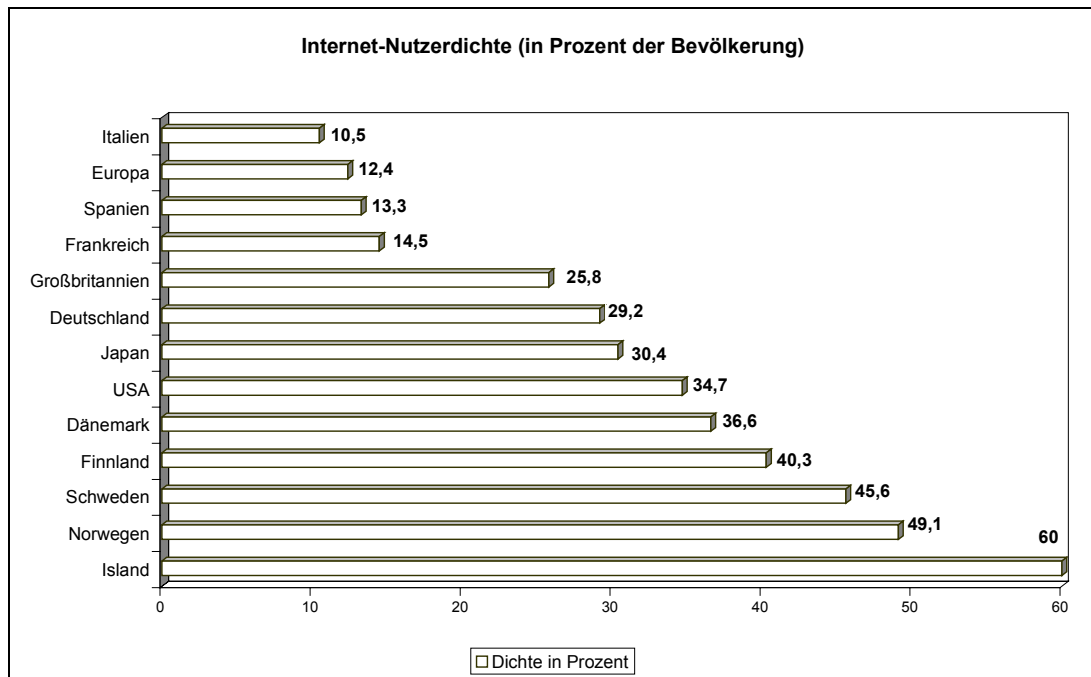


Tabelle 6.1: Anteil der Haushalte mit Internet-Verbindung in Ländern der EU (2000)

Land	% Haushalte mit Internet-Verbindung
NL	54,8
S	53,8
DK	51,6
FIN	43,5
USA	41,5
UK	40,9
A	38,0
L	36,3
IRL	35,5
B	29,2
EU Gesamt	28,4
D	27,1
I	23,7
F	19,0
P	18,1
E	15,7
EL	11,7

Quelle: Eurobarometer 53/2000, Information Society Statistics, eurostat

Abbildung 6.1: Internet-Nutzerdichte ausgewählter Länder im Vergleich (2000)



Quelle: ITU 2001; Monitoring Informationswirtschaft, 3. Faktenbericht 2001

Die deutlich unterschiedlichen Werte in Tabelle 6.1 und Abbildung 6.1 erklären sich durch eine Verschiebung bezüglich des Nutzungsortes: In 1997 nutzten noch 59 % aller Nutzer das Internet hauptsächlich vom Arbeitsplatz aus, heute haben 78 % (46 % ausschließlich) eine Zugangsmöglichkeit zu Hause (von Eimeren et al. 2001). In Deutschland sind 60 % der Büroarbeitsplätze mit einem Internetanschluss ausgestattet (Troll 2000). In privaten Haushalten können mehrere Personen einen Zugang nutzen, was die Zahl der Nutzer überproportional zur Zahl der Zugänge erhöht. Dennoch zeigt Tabelle 6.1 deutlich, dass in Deutschland bei den privaten Anschlüssen im europäischen und internationalen Vergleich Nachholbedarf herrscht und dass noch ungenutzte Potenziale der Internetnutzung vorhanden sind. Gleiches gilt auch für die soziodemografische Verbreitung der Internetnutzung (Tab. 6.2): Frauen als Nutzer sind noch unterrepräsentiert, holen aber stark auf. Ältere Generationen sind ebenfalls nur gering vertreten. Entsprechend der Ausbildung und der Berufstätigkeit der Nutzer deckt die „Internetbevölkerung“ vor allem kaufkräftigere Schichten ab.

Tabelle 6.2: Soziodemografische Struktur der Online-Nutzer 2001 (in %)\*

Nutzer insgesamt		100
Geschlecht		
	männlich	59
	weiblich	41
Alter		
	14-19	13
	20-29	22
	30-39	24
	40-49	21
	50-59	13
	60 +	6
Schulbildung		
	Volks-/Hauptschule	19
	weiterführende Schule	34
	Abitur	24
	Studium	22
Berufstätigkeit		
	in Ausbildung	65
	berufstätig	21
	Rentner/nicht berufstätig	14

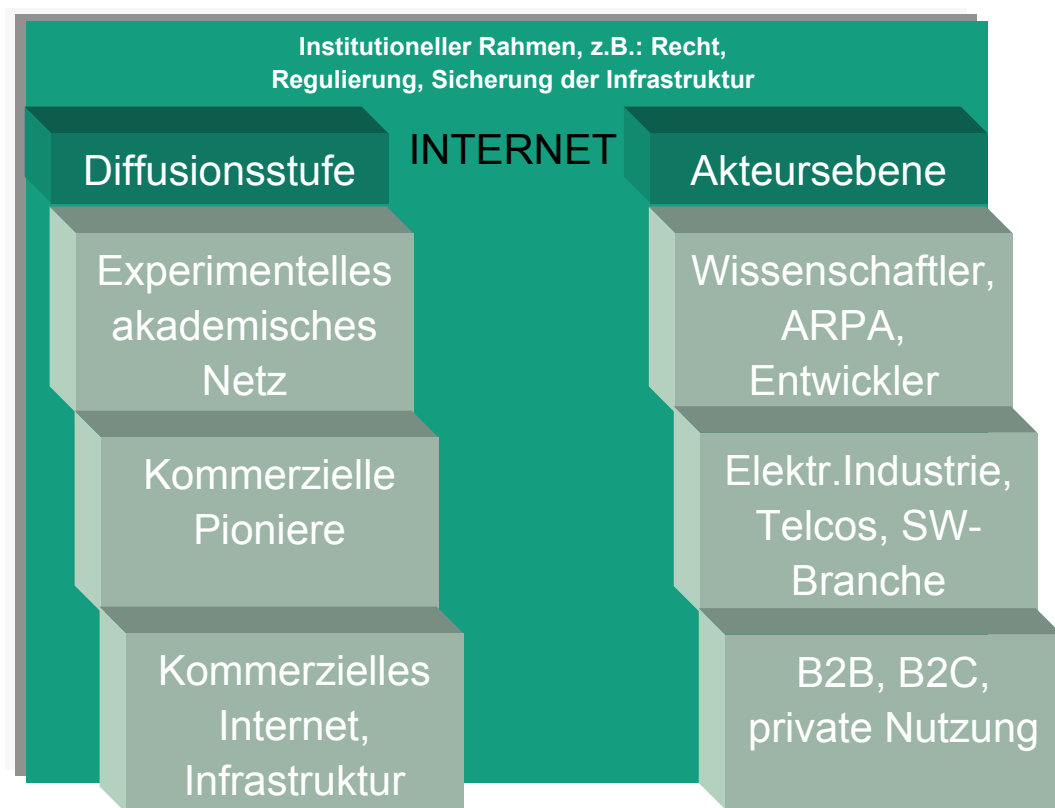
\* Basis Online-Nutzer

Quelle: van Eimeren et al. 2001: 383; ARD/ZDF-Online Studie 2001

### 6.2.1.2 Arten der Internetnutzung

Trotz der langen Geschichte der Internet-Diffusion ist weiterhin ein starkes Wachstum zu beobachten, bei dem sich der Charakter des Netzes ändert, wie man an der zunehmenden Zahl der Internetdienste, der Nutzungswerkzeuge und der Struktur der „Internetindustrie“ erkennen kann. Das heutige Internet ist das Ergebnis eines kontinuierlichen Entwicklungs- und Aushandlungsprozesses, in den die Vorstellungen und Erwartungen unterschiedlicher Entwickler-, Nutzer- und Anbietergruppen eingeflossen sind (Abb. 6.2).

Abbildung 6.2: Diffusionsstufen und Akteursebenen der Internet-Nutzung



Das Internet ist ein virtuelles Akzeptanzobjekt, dem erst über die Anwendung Nutzerakzeptanz zukommt (Hasse 1998, S. 191). Für unterschiedliche Anwender und Nutzer erfüllt das Internet diverse Funktionen, bei denen die vier Kategorien Informationsmedium, Kommunikationsmedium, Gemeinschaftsmedium (Partizipation) und Transaktionsmedium unterschieden werden können (Tab. 6.3). Einzelne Anwendungen sind dabei nicht immer eindeutig zuzuordnen, sondern können je nach Situation und Intention der Nutzung unterschiedliche Funktionen erfüllen. In einem Chat-Forum kann man z. B. sowohl soziale Beziehungen pflegen, als auch nützliche Informationen einholen oder Mitteilungen verbreiten.

Tabelle 6.3: Vier Funktionen des Internet und mögliche Anwendungen

Funktion	Anwendung
Information	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstdarstellungen von Firmen, Institutionen, Personen,</li> <li>• Datenbank-Recherche,</li> <li>• Suchmaschinen,</li> <li>• Online-Publikationen,</li> <li>• E-Learning</li> </ul>
Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-Mail,</li> <li>• Online-Foren,</li> <li>• Chat-Foren,</li> <li>• Mailing-Listen,</li> <li>• Online-Werbung und Marketing</li> </ul>
Partizipation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foren,</li> <li>• Intranet,</li> <li>• Mailing-Listen,</li> <li>• E-Voting</li> </ul>
Transaktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Online-Versand von digitalen Produkten (Audio, Video, Texte),</li> <li>• Web-Casting,</li> <li>• Online-Payment,</li> <li>• E-Banking,</li> <li>• E-Government</li> </ul>

Wegen des weiterhin dynamischen Wachstums der Internetnutzung, insbesondere bei privaten Haushalten, kann davon ausgegangen werden, dass das Internet als Informations- und Kommunikationsmedium eine hohe Akzeptanz innerhalb der deutschen Bevölkerung genießt. So sind die zentralen Gründe zur Anschaffung eines Internetzugangs in privaten Haushalten das Informieren (88 %) und Kommunizieren (78 %) (Van Eimeren et al. 2001, S. 386). Das Internet wird somit funktional-pragmatisch genutzt. Dennoch gibt es Bereiche, insbesondere bei der Nutzung des Internet als Transaktionsmedium, die trotz erheblicher Anstrengungen der Anbieter aus Wirtschaft und Verwaltung bislang ein Nutzungsdefizit aufweisen. Im Folgenden soll daher der Frage nachgegangen werden, wie es zu diesem Widerspruch einer scheinbar hohen Akzeptanz und eines gleichzeitigen Nutzungsdefizits in der privaten Nutzung kommt.

## 6.2.2 E-Commerce

Eine vollständige elektronische Abwicklung des Geschäftsprozesses ist nur bei wenigen, voll digitalen Gütern möglich (z. B. Software, Audio, Video). Ein Großteil der E-Commerce-Geschäfte erfolgt jedoch mit physischen Gütern. So erfolgt z. B. die Produktinformation, Bestellung und Zahlungsanweisung elektronisch, die Auslieferung des Gutes findet nach wie vor klassisch über Post-/Güterverkehrswege statt (z. B. Online-Buchhandel, Textilversand). Güter mit geringen Transaktionskosten und Güter, für die bereits vor der Online-Nutzung ein funktionierendes Versandsystem aufgebaut wurde (z. B. Software, Bücher, Blumen) eignen sich daher besser für E-Commerce als Güter, bei denen z. B. ein physischer Kontakt erwünscht ist (z. B. Bekleidung). Wenn daher E-Commerce mehr als nur ein ökonomisches Nischenphänomen sein soll, muss eine Definition auch eine nur teilweise elektronische Abwicklung von Geschäftsprozessphasen beinhalten (vgl. Riehm und Orwat 2001). Somit umfasst E-Commerce alle Transaktionen eines Marktes, durch die der Austausch von wirtschaftlichen Gütern (Produkte, Dienstleistungen und Anrechte) begründet wird und die Bestellung elektronisch erfolgt<sup>16</sup>. Diese Definition berücksichtigt, dass die Nutzung des Internets zur Information über Produkte, auch wenn anschließend auf konventionelle Weise „offline“ gekauft wird, auch schon einen verkaufsfördernden Nutzen bringt.

Charakteristisch für die Entwicklung des E-Commerce ist das Entstehen neuer Dienstleistungen wie Infrastrukturdienste, generische Dienste (EDI, Sicherheit, Zahlungsverkehr, Logistik) und E-Commerce-Service im engeren Sinne (Katalog, Verzeichnis, Verhandlung, Werbung, Marktforschung).

Das Internet bildet als digitale Plattform die notwendige Infrastruktur für E-Commerce, um die verschiedenen Geschäftsphasen abzuwickeln. Klein und Szyperski unterscheiden hierzu nach Markttypen (als elektronische Nachbildung traditioneller Markttypen wie E-Markets, Malls, Auktionen, etc.), Marktprozessen und Marktphasen (Informationsphase, Vereinbarungsphase, Abwicklungsphase) sowie nach dem Grad der elektronischen Unterstützung in diesen Phasen. Zur Marktstruktur-Entwicklung bedarf es fördernder Rahmenbedingungen und Standardisierungen, die weiter unten erläutert werden. Entscheidend für den E-Commerce ist die Transaktionsphase. Ihr Erfolg kann durch den Einsatz von IuK-Technologien in den übrigen Phasen unterstützt werden. Dabei wird deutlich, dass die weiteren Phasen kommunikativer bzw. sozio-kultureller Natur sind: Informationsgewinnung, Interaktion,

---

<sup>16</sup> Riehm und Orwat (2001: 3) grenzen E-Commerce somit ab von Begriffen wie E-Business, Tele-Shopping oder E-Government: „E-Business umfasst insbesondere elektronisch unterstützte Prozesse innerhalb von Unternehmen, Tele-Shopping fehlt (*noch, Anm. d. Verf.*) die Eigenschaft des interaktiven Mediums und beim E-Government spielen nur in begrenztem Umfang Tauschprozesse wirtschaftlicher Güter gegen Entgelt eine Rolle“.

Community-Bildung. Sie erfüllen alle eine diskursive Funktion und ermöglichen den Marktzugang und die Handelsprozesse der Akteure.

Der Grad der technologischen Entwicklung ebenso wie die Zugangsmöglichkeit für potenzielle Marktteilnehmer ist Voraussetzung für eine funktionierende Infrastruktur. Die Entwicklung der Infrastruktur und ihrer Kosten hängt von diversen Faktoren ab:

- Telekommunikationskosten im internationalen Vergleich,
- Globale Infrastrukturkosten in gesamter Komplexität,
- Institutionelle Einbettung und Regulierung,
- Dichte und Qualität der traditionellen Handelsinfrastruktur (komparative Vorteile).

Die Entwicklung des E-Commerce profitiert von Netzwerkeffekten (positive Netzwerkexternalitäten, z. B. durch Zuwachs des individuellen Nutzens mit der Gesamtzahl der Anwender und der (Weiter-)Entwicklung von Organisationsstrukturen (z. B. Innovationsallianzen, Verbundprojekte, Netzwerke)).

#### **6.2.2.1 Anwendungen des E-Commerce**

Beim E-Commerce wird zunächst zwischen der privaten Nutzung (Konsum), der geschäftlichen Nutzung (Business) und dem Einsatz des Internet in der öffentlichen Verwaltung (Administration) unterschieden, an denen jeweils Nutzer aus den Bereichen Verbraucher, Unternehmen bzw. Verwaltung beteiligt sein können. Daraus ergeben sich neun Typen von E-Commerce-Aktivitäten (Tab. 6.4). Ihre Gemeinsamkeit liegt in der Verwendung des Internet als Transaktionsplattform und ihrer Tendenz, immer mehr Phasen der Geschäftsprozesse digital abzuwickeln. Die einzelnen Typen sind unterschiedlich stark entwickelt und kommerzialisiert.

Eine zukünftig besonders große Bedeutung kommt den Anwendungen Telearbeit, Telebanking, Online-Datenbanken, Billing-Systeme, Interaktive Lernprogramme, Interaktive Behördengänge, Interaktives Reisebüro, Interaktive Qualifizierungsprogramme, Teleshopping, E-Health und Video/Audio-on-Demand zu. Von nachrangiger Bedeutung sind Interactive Movie, Elektronische Zeitung und interaktive Gameshows (Harnischfeger et al. 1999).

In den letzten Jahren entwickelte sich das Internet als Plattform des E-Commerce von einer Expertentechnik über eine Technik für professionelle Pioniere hin zu einem in vielen Haushalten verbreiteten Kommunikationsmedium. Die private Nutzung des Internet konzentriert sich noch stark auf die Informations- und Kommunikationsfunktion des Mediums, was darauf hindeutet, dass eine Akzeptanz zum Einsatz von E-Commerce zumindest für diese Teile der Geschäftsprozesse vorhanden ist. Nun steht der nächste Entwicklungsschritt bevor: Von einem Kommunika-

tionsmedium zu einem Transaktionsmedium. Der private Endnutzer als Nachfrager kann in drei Arten von Online-Transaktionen beteiligt sein. Es gibt Transaktionsprozesse zwischen privaten Nutzern, die sich in der Regel innerhalb einer Peer-Group mit spezifischen Interessen (z. B. Musik- oder Spiele-Interessierte) finden. Des Weiteren finden klassische E-Commerce-Prozesse statt, wenn Konsumenten online bei einem Händler oder Hersteller Waren bestellen, die entweder auf dem herkömmlichen Zustellungsweg oder digital im Netz versendet werden. Eine dritte Form ist die Transaktion von Daten zwischen öffentlichen Verwaltungsstellen und Bürgern, z. B. zur Abgabe der Steuererklärung oder für kommunale Meldeverfahren (vgl. Tab. 6.4).

Im Geschäftsbereich wird in allen Branchen verstärkt IuK-Technologie eingesetzt, um Produktions- und Geschäftsprozesse zu digitalisieren, Daten zu verwalten und das Billing, Kundenmanagement und Wissensmanagement zu optimieren. Der Einsatz von E-Business- und E-Commerce-Lösungen ist trotz hoher Investitionskosten zum wichtigsten Wettbewerbsfaktor geworden. Hier sind auch die höchsten Wachstumspotenziale zu erwarten. Immer mehr Unternehmen digitalisieren ihre Geschäftsprozesse, sei es zu ihren Geschäftspartnern (B2B) oder zum Kunden (B2C). Dies umfasst die elektronische Abwicklung der Beschaffung (E-Procurement), den Online-Vertrieb der Produkte, den Online-Transfer sowie das E-Business. E-Business umfasst dabei die Online-Abwicklung von Geschäftsprozessen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dazu gehören Intranet- und Internet-Anwendungen zum E-Procurement, Wissensmanagement, Data-Warehousing, Training und Qualifizierung, Personalmanagement, PR und Marketing, E-Commerce und Kundenpflege.

Der Einsatz des Internet in der Öffentlichen Verwaltung nimmt ebenfalls an Bedeutung zu, jedoch weniger für die im klassischen E-Commerce so bedeutsame Transaktionsphase. Öffentlichen Stellen kommt eher eine Vorbild- und Anregungsfunktion zu, den Prozess der Diffusion zu unterstützen, indem das Internet mehr und mehr in Alltagshandlungen der Bürger integriert und das Vertrauen in die Technik und Anwendung gefördert wird. Angebote, die von öffentlicher Seite erfolgen können, sind (vgl. Büllingen und Stamm 2001, S. 87, Kubicek et al. 1999):

- Teledemokratie und Partizipation,
- Regionale E-Business-Plattformen,
- Elektronische Bürgerbüros,
- Implementationen von Workflows,
- Sicherheitsdienste,
- Öffentliche Dienste wie Meldewesen, Gebühren, Antragswesen, Genehmigungsverfahren,
- Digitalisierung der Datenverwaltung,

- Kommunales und regionales Informationsmanagement (www, Call-Center),
- Öffentliches Gesundheitswesen (Telemedizin),
- Elektronische Lern- und Qualifikationsangebote,
- Facility-Management,
- Intranet-Anwendungen (Telearbeit, Mobile Dienste).

Tabelle 6.4: E-Commerce: Formen und Akteure

		Nachfrager		
		Consumer	Business	Administration
Anbieter	Consumer	<b>C2C</b> z. B. Auktionen, Internet-Kleinanzeigen	<b>C2B</b> z. B. Jobbörsen von Arbeitssuchenden	<b>C2A</b> z. B. Steuerabwicklung
	Business	<b>B2C</b> z. B. Bestellung eines Kunden in Internet-Mall, E-Banking	<b>B2B</b> z. B. Bestellung bei Zulieferer per EDI, E-Payment	<b>B2A</b> z. B. Steuerabwicklung, E-Payment
	Administration	<b>A2C</b> z. B. Abwicklung von Unterstützungsleistung	<b>A2B</b> z. B. Beschaffungsmaßnahmen	<b>A2A</b> z. B. Transaktionen öffentlicher Institutionen

### 6.2.2.2 Akteure

Die Akteure des elektronischen Handelsplatzes setzen sich aus Anbietern und Nachfragern der Teilbereiche Konsum, Business und Administration zusammen (vgl. Tab. 6.4). Die Akteure unterscheiden sich weiterhin hinsichtlich ihrer Bedeutung im Diffusionsprozess.

Zu den Anbietern gehören Netzbetreiber, die eine vertikale Integration weiterer Wertschöpfungsstufen anstreben, und zunächst die Infrastruktur ermöglichen. Hinzu kommen Distributoren (Medien-Unternehmen, Finanzdienstleister, Software-Unternehmen), die die Netzstruktur nutzen, um ihre Leistungen und digitalen Produkte zu präsentieren und zu vertreiben. Zudem gibt es Anbieter, die eine Host- und Serverleistung mit einer Dienstleistung kombinieren und als Internet-Service-Provider (ISP) oder Application-Service-Provider (ASP) über Portale personalisierbare bzw. individualisierbare Innovationen liefern. Neben den Infrastruktur-Anbietern gibt es eine Reihe von Endgeräte-Herstellern und Händlern sowie Software-Produzenten und Content-Anbietern.



Auf der Nachfrageseite wird zwischen geschäftlicher und privater Nutzung sowie der Administration unterschieden.

### **6.2.2.3 Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen**

Die Angebote des E-Commerce im Technikfeld Internet umfassen als Produkte Hardware, Software und Dienstleistungen sowohl im Bereich der Infrastruktur als auch im Bereich der Anwendungen. Entsprechend der Phasen bzw. Funktionen der Angebote handelt es sich um eine Kombination von Technologie und Dienstleistung in Form von Transaktionssystemen, Beratungssystemen oder Informationssystemen.

Die Infrastruktur besteht aus Kommunikationsnetzen des Backbone (Fernnetz) und des Local Loop (Orts-/Anschlussnetz). Für beide Netzebenen gelten unterschiedliche Anforderungen, was zu entsprechend differenzierten Geschäftsmodellen, Technologien und Wettbewerb führt. Beiden Netzen gemeinsam sind jedoch eine Zunahme der Kapazitäten, ein Anwachsen der zu transportierenden Datenmengen, die Entwicklung zur Breitbandübertragung, eine räumliche Verteilung der Leistungsfähigkeit und zunehmende Mobilität (Büllingen und Stamm 2001, S. 15).

Das Fernnetz weist einen dynamischen Wettbewerb auf, auf dem auch in Zukunft laut Expertenmeinung die Nachfrage gesichert scheint (Büllingen und Stamm 2001, S. 62ff). Technologische Innovationen und Wettbewerb führen zu Preissenkungen. Ausreichende Kapazitäten der Übertragungsgeschwindigkeit und -menge ermöglichen Dienstleistungen wie ASP (Application-Service-Providing) und Data-Warehousing (vgl. Günther et al. 2000).

Im Bereich der Ortsnetze und Zugangstechnologien werden vorhandene Netze weiter aus- und neue Netze aufgebaut. Kapazitätsengpässe werden damit mittelfristig beseitigt. Durch die Existenz verschiedener Zugangsnetze ist ein starker Wettbewerb zu erwarten. Zudem ist eine Kopplung von Zugangstechnologie und nachgefragter Anwendung zu erwarten, was die Marktchancen bestimmter Anbieter erhöhen kann. Auf Grund langfristig sinkender Gewinnerwartungen für Zugangsdienste werden Provider zunehmend Service-Dienste in das Angebot aufnehmen müssen (Büllingen und Stamm 2001, S. 69).

Die (globalen) Telekommunikationsmärkte unterliegen zurzeit enormen Strukturveränderungen, geprägt von Preis- und Infrastrukturwettbewerb sowie der Einführung neuer Dienstleistungen. In Deutschland weist das Wettbewerbsumfeld einige kritische Entwicklungen auf. Im Bereich der Fernnetze hat der Infrastrukturwettbewerb für neue Next Generation Carrier den Marktzutritt ermöglicht. Aufgrund des hohen Preiswettbewerbs und der internationalen Ausrichtung zeichnen sich aber bereits Überkapazitäten ab, was mittelfristig trotz stark zunehmenden Datenverkehrs nicht zu einer Knappheit der Fernübertragungskapazitäten führt (vgl. Büllingen und Stamm 2001).

Für den Ortsnetzbereich gilt, dass der Wettbewerb aufgrund neuer Zugangstechnologien wie Breitbandkabel, WLL, Satellitentechnik, Powerline oder UMTS der Infrastrukturwettbewerb in den nächsten Jahren zunehmen wird (Büllingen und Stamm 2001). Als Übertragungstechnologien werden voraussichtlich die Alternativen ADSL, CATV und UMTS an der Spitze stehen. Es besteht de facto noch immer ein Ortsnetz-Monopol der Deutschen Telekom, obwohl der deutsche Telefonmarkt schon 1998 für weitere Anbieter geöffnet wurde. Eine Folge sind die, zwar im europäischen Vergleich relativ niedrigen, jedoch von Nutzern als hoch empfundenen Internetzugangskosten in Deutschland. Die Zugangsgebühren zu Providern und TK-Kosten deutscher Nutzer belaufen sich auf zusammen 34,12 US\$<sup>17</sup>, der europäische Durchschnitt liegt bei 41,99 US\$. Innerhalb Europas sind die Zugangskosten höher als in den USA (21,43 US\$) (OECD 2001).

Ende 2000 wurde die Deutsche Telekom von der Regulierungsbehörde verpflichtet, eine Großhandelspauschale für den Ortszugang einzuführen. Das ermöglicht weiteren Anbietern, eine Flatrate für einen taktungebundenen Internet-Zugang anzubieten. Dabei wird nicht mehr die Verweildauer sondern entweder die übertragene Datenmenge oder eine Monatspauschale abgerechnet. Erfahrungen in den USA haben gezeigt, dass die Einführung einer Flatrate die Internetnutzung enorm ansteigen lässt<sup>18</sup>. Das Beispiel Napster zeigt, dass durch die Flatrate-bedingte längere Online-Zeit der User selbst zum Inhalteanbieter werden kann.

Marktregulierende Maßnahmen und eine Optimierung der Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Entwicklung des E-Commerce konzentrieren sich auf eine Erleichterung und Absicherung der Geschäftsprozesse, eine Gewährleistung der Datensicherheit und eine ausreichende Standardisierung der Geschäftsprozesse. Dazu gehören Standards des Zahlungsverkehrs (SET), Sicherheitslösungen oder eine de facto Standardsetzung auf Grund der Marktmacht einzelner Unternehmen. Angesichts der Dynamik der technischen Entwicklungen spielen traditionelle Standardisierungsgremien wie ISO zurzeit nur eine untergeordnete Rolle. Weitere Ziele sind die Rechts- und Planungssicherheit hinsichtlich Steuern und Abgaben und Maßnahmen zur Kostensenkung. Der Regierung obliegt die Gewährleistung einer flächendeckenden E-Versorgung, gleichbedeutend eines Infrastruktursicherungsauftrages (Holznagel et al. 2001, S. 12).

Daraus ergeben sich die Prinzipien der Verfügbarkeit, Erschwinglichkeit, Qualitätssicherung und Medienkompetenz zur Gewährleistung einer modernen IuK-Infrastruktur. Sinnvolle Maßnahmen sind Public Access Points, Ausbildungsmaßnah-

---

<sup>17</sup> 20 Stunden zu Spitzenzeiten, OECD 2001.

<sup>18</sup> So hat die Nutzungsdauer des Internetdienste-Anbieters AOL in den USA durch die Flatrate-Einführung von 6,4 Std./Monat in 1995/96 auf 22,5 Std./Monat in 1997/98 zugenommen.

men, Nutzungsanreize, Senkung der Nutzungskosten und die Ausweitung des Flatrate-Angebots.

Einige bereits eingesetzte Maßnahmen sind die Initiativen „Schulen ans Netz“, „Initiative D21“, „Aktionsprogramm der Bundesregierung“, „E-Commerce-Initiative des BMWi“, „Internet für Alle“ oder entsprechende Initiativen auf EU-Ebene (eEurope, PAP-Public Access Points).

### 6.2.3 M-Commerce

Die erwartete Konvergenz von Internet- und Mobilkommunikation ist eng gekoppelt an zwei entscheidende technologische Weiterentwicklungen:

- (1) Die Einführung des GSM<sup>19</sup>-Nachfolgers UMTS<sup>20</sup> in 2002, dessen Lizenz-Versteigerung im Sommer 2000 in Deutschland für Bieter-Rekorde gesorgt hat. Während die Übertragungsrate des aktuellen Mobilfunkstandards GSM nur zum Telefonieren und SMS-Versand ausreicht und leitungsvermittelte Datenübertragung bietet, soll die nächste Mobilfunkgeneration mit UMTS durch ihre höheren Übertragungsleistungen neue Anwendungsmöglichkeiten schaffen. UMTS ist eine paketorientierte Datenübermittlung nach dem Prinzip des Internet Protokolls (IP) und auf der Basis von Breitbandtechnologie. Die anvisierten Übertragungsraten liegen bei 144 Kbit/s bis zu 2 Mbit/s, je nach Zelltyp (global, regional, lokal). Im Vergleich dazu ermöglicht GSM nur 9,6 Kbit/s. Der Übergang von der zweiten (2G) zur dritten (3G) Mobilfunkgeneration wird stufenweise erfolgen, weshalb die hybriden 2,5 G-Technologien zum Einsatz kommen. Dabei werden Übergangstechnologien angeboten, die neue Dienste in herkömmliche Infrastrukturen integrieren. Neben HSCSD<sup>21</sup> und EDGE<sup>22</sup> ist GPRS<sup>23</sup> eine Übertragungsvariante, die bereits eine Übertragung auf ISDN-Niveau ermöglicht. UMTS soll noch im Laufe des Jahres 2002 europaweit eingeführt werden. Dazu bedarf es des Aufbaus eines komplett neuen Mobilfunknetzes, das laut staatlicher Vorgaben ab 2006 mindestens die Hälfte der Einwohner versorgen soll.

---

<sup>19</sup> GSM = Global System for Mobile Communication.

<sup>20</sup> UMTS = Universal Mobile Telecommunication System.

<sup>21</sup> HSCSD = High Speed Circuit Switched Data, eine leitungsvermittelte Datenübermittlung mit einer Übertragungsrate von 56 Kbits/s.

<sup>22</sup> EDGE = Enhanced Data Rates for GSM Evolution, eine paketorientierte Datenübertragung zu 384 Kbit/s.

<sup>23</sup> GPRS = General Packet Radio Service, zu 115 KBit/s eine paketorientierte Datenübermittlung.

- (2) Der einheitliche Standard des WAP<sup>24</sup>-Protokolls, das die Mobiltelefone zu internetfähigen Endgeräten werden lässt. Der vom WAP-Forum entwickelte einheitliche und offene Standard für mobile Internet-Dienste ist nicht an einen bestimmten Mobilfunk-Standard (z. B. GSM, TDMA, DECT, UMTS) gebunden. Zur Unterstützung dieses Standards haben sich mittlerweile nahezu alle großen Hersteller von tragbaren Geräten bekannt.

Bisher ist der große Erfolg von WAP allerdings nicht eingetreten. Trotz der verhaltenen Nachfrage nach internetfähiger Mobiltechnologie wird erwartet, dass in den nächsten Jahren auf Grund der oben skizzierten technologischen Weiterentwicklungen zu einer Konvergenz von Internet und Mobilkommunikation kommen wird. Indem das Internet um die Lokalisierungs- und Personalisierungsfunktionen mobiler Endgeräte ergänzt wird, wird ein direkter, mobiler Zugriff auf Datennetze des Internet möglich („Pervasive Computing“). Da digitale Kommunikation einen stark wachsenden Markt darstellt, ist davon auszugehen, dass die mobile Form des E-Commerce („M-Commerce“) im Mittelpunkt des wirtschaftlichen Interesses stehen wird. Dabei werden mobile Endgeräte wie Handys oder PDAs<sup>25</sup> für kommerzielle Zwecke genutzt. Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt der folgenden Untersuchung auf M-Commerce.

### 6.2.3.1 Akteure

Im Bereich des M-Commerce finden sich die gleichen Marktstrukturen wie im E-Commerce, nur dass hier technisch gesehen ein mobiles Funknetz betrieben wird. Genutzt wird M-Commerce sowohl von privaten Endkunden als auch von Geschäftskunden. Neben den Netzbetreibern finden sich auf der Anbieterseite die Gerätehersteller, Infrastrukturanbieter, Dienstleister und Content-Produzenten. Sämtliche großen Anbieter von Telekommunikationsleistungen sind, z. T. über strategische Allianzen an Mobilfunkanbietern beteiligt oder unterhalten ihre entsprechenden Geschäftsbereiche. Die Phase der 2,5 G-Mobilfunktechnik ermöglicht den Netzbetreibern, Service-Anbietern und Geräte-Herstellern, neue Techniken, Inhalte und Abrechnungsarten zu testen und zu modifizieren und so mit erfolgreichen Modellen in die dritte Generation zu starten. Durch den schrittweisen Übergang zur nächsten Mobilfunkgeneration 3 G können sich auch die Netzbetreiber, die keine UMTS-Lizenzen ersteigert haben, an der Weiterentwicklung des Mobilfunks beteiligen. Auf Grund der Vielseitigkeit der möglichen multimedialen Inhalte entwickeln viele Anbieter, allen voran die großen Telcos, mehrdimensionale Ge-

---

<sup>24</sup> WAP = Wireless Application Protocol, ermöglicht die Darstellung von Internet-Inhalten im Handy-Format.

<sup>25</sup> PDA = Personal Digital Assistant. Dabei handelt es sich um mobile Endgeräte, die personalisierte Funktionen wie Kalender, Notizen, und Adressverwaltung erfüllen. Durch die stetig steigende Leistungsfähigkeit dieser Geräte können immer größere Datenmengen gespeichert und somit immer mehr Funktionen erfüllt werden.

schäftsmodelle, indem sie gleich auf mehreren Stufen der Wertschöpfungskette agieren. Auf diese Weise versuchen sie die hohen Lizenzausgaben, Entwicklungs- und Infrastrukturkosten zu kompensieren.

### **6.2.3.2 Anwendungen des M-Commerce**

Für die mobile Datenkommunikation ergibt sich eine breite Palette an zukünftigen Anwendungen (Tab. 6.5). Beispielanwendungen von WAP sind:

- Kommunikation: E-Mail und Online-Chat an jedem Ort
- Brokerage: Aktienkurse abfragen, Aktienhandel
- Mobile Banking: Kontoabfragen und Zahlungsaufträge
- Allgemeine Informationen: Wetter, Verkehrslage, Kino, Termine
- Shopping: Kauf von Büchern, Musik, Tickets, Preisvergleiche
- Mobile Organizer: Zugriff auf Kalender und Adressen
- Navigation: Routenplaner, Reiseführer
- Haus-Automatisierung: Fernsteuerung von Geräten

Private Nutzer können durch den Einsatz mobiler Endgeräte und Anwendungen personalisierte und lokalisierte Informationen erhalten sowie mobil Einkäufe tätigen, Bestellungen aufgeben oder Zahlungsaufträge erteilen. Selbst Haushaltsgeräte, Werkzeuge und Automobile können mit Micro-Chips ausgestattet und an das Datennetz angeschlossen werden, um z. B. aus der Ferne, über das Internet oder mit dem Handy gesteuert zu werden.

Einsatzbereiche mobiler Datenkommunikation im geschäftlichen Umfeld ermöglichen die Optimierung von Geschäftsprozessen im Management und im Außendienst sowie Supply-Chain-Management (Diebold 2001). Mit Hilfe von z. B. W-LAN oder Bluetooth-Access Points über ein Kabel-LAN lassen sich relativ große Funknetze, z. B. in Unternehmen, Flughäfen, Messen etc. aufbauen.

Das so genannte MMS (Multimedia-Messaging) vereint sämtliche dieser Anwendungen und beruht auf den bewährten und profitablen Modellen VoiceMail und SMS, ergänzt um Bildübertragung, Video- und Audio-Streaming. Es fungiert als IP-basierte Lösung für die Übertragung von Multimediadaten unterschiedlicher Größe über verschiedene mobile Endgeräte hinweg. Die Anwender sollen lediglich eine Weiterentwicklung von Sprachdiensten und SMS wahrnehmen, auch wenn dahinter eine erhebliche technologische Weiterentwicklung steckt (Porat 2001). Als Basis dient innerhalb des Netzes der Betreiber eine skalierbare und offene Plattform, auf der die Inhalte (= Content) und Dienste (= Services) bereitstehen.

Tabelle 6.5: Zukünftige Anwendungen mobiler Datenkommunikation

Nachrichtenübermittlung	Spiele
Informationsbeschaffung	Banking
Telematik	Ticketing
Telemetrie	Broking
Personal Digital Assistance	Reservierungen
Payment	Informationsmanagement
Shopping	Billing
E-Salary	Werbung
Healthcare	Job-Dispatch
Auktionen	Customer Relation Management
Sicherheit	E-Procurement
Audio/Video	Wireless Application Service Providing (WASP)

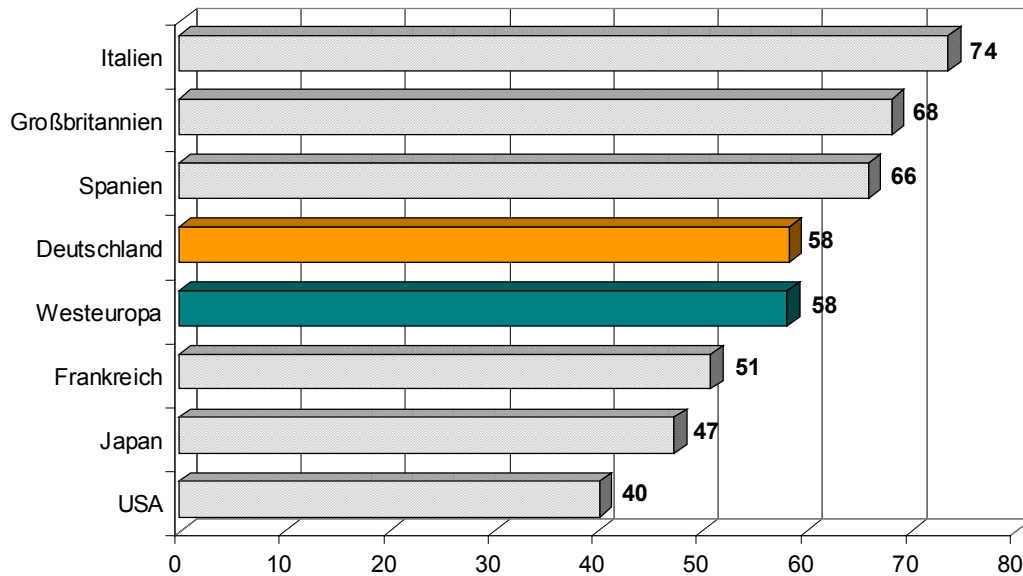
Quelle: Kollmann 2001

### 6.2.3.3 Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen

Das Wachstum der mobilen Märkte hängt hauptsächlich von der Leistungsfähigkeit der Mobilfunktechnologie und der jeweiligen mobilen Applikation ab (Diebold 2001). Der Wettbewerb auf dem Mobilfunkmarkt hat sich, im Gegensatz zum Festnetzmarkt, in den letzten 10 Jahren überwiegend positiv entwickelt (VATM). Die Mobilkommunikation zählt weltweit zu den am schnellsten wachsenden Märkten. In naher Zukunft werden weltweit mehr Mobilfunkteilnehmer als Festnetzteilnehmer erwartet. Zurzeit befindet sich der Mobilfunkmarkt in einer Konsolidierungsphase, bei einigen Anbietern stagnieren bereits die Teilnehmerzahlen (Telecom Handel 19/01).

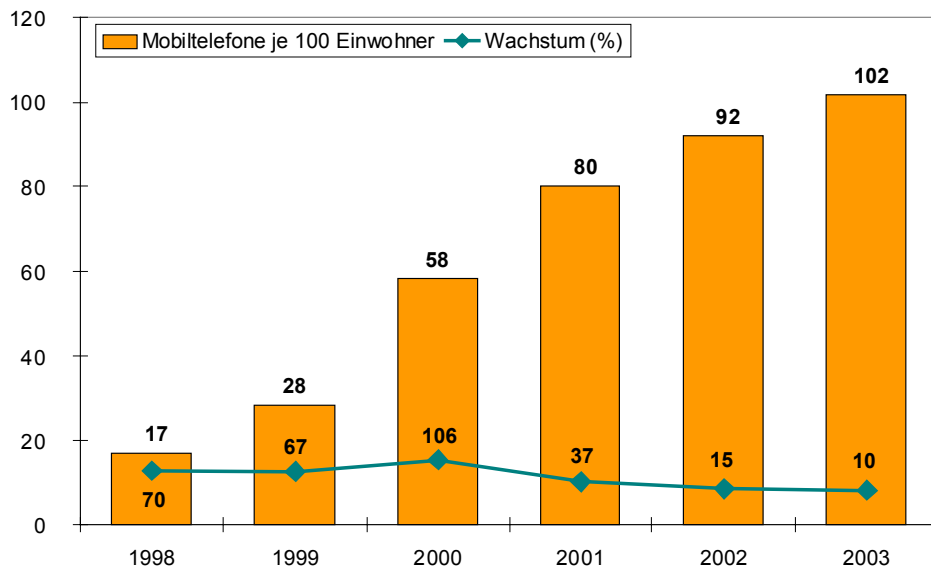
Trotz des insgesamt zu beobachtenden Wachstums der Mobilkommunikation gibt es in den einzelnen Ländern große Unterschiede hinsichtlich der Anzahl der Mobilfunkteilnehmer, d. h. bei der jeweiligen Marktpenetration, sowie bei der Art der Ausgestaltung der regulatorischen Rahmenbedingungen. So weisen laut Statistik der International Telecommunication Union (ITU) die skandinavischen Länder mit ca. 70 % die weltweit höchsten Mobilfunkpenetrationsraten auf. Großbritannien, Schweiz und die Bundesrepublik Deutschland liegen mit ca. 60 % bis 50 % im Mittelfeld, während sich die Vereinigten Staaten mit einer Verbreitungsrate von ca. 40 % im unteren Drittel befinden (Abb. 6.3).

Abbildung 6.3: Mobiltelefone je 100 Einwohner 2000



Quelle: Bitkom 2001/EITO

Abbildung 6.4: Verbreitung der Mobiltelefone in Deutschland ('01-'03 geschätzt)

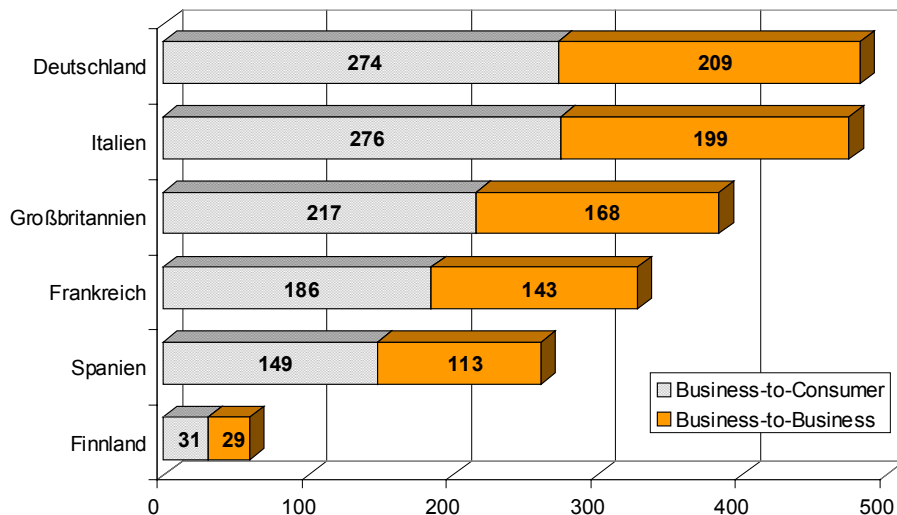


Quelle: Bitkom 2001/EITO

Auf Grund der bisher weiten und schnellen Verbreitung der mobilen Endgeräte in Europa (vgl. Abb. 6.3 und 6.4) und des in 2001 zu verzeichnenden SMS-Booms

wird für M-Commerce von Experten, Analysten und Anbietern ein großer Erfolg vorhergesagt (Porat 2001; Durlacher Research). Abbildung 6.5 zeigt die aktuellen Umsätze mit M-Commerce. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland zwar vorne, hat aber sein Potenzial noch nicht ausgeschöpft.

Abbildung 6.5: M-Commerce Umsätze 2000\*



\* (in Mio DM)

Quelle: Bitkom 2001; EITO

Zwar ist die Verbreitung mobiler Endgeräte sehr hoch, führt jedoch nicht direkt zu einer Zunahme des M-Commerce. Noch wird das Handy vornehmlich als Kommunikationsmittel zur Übertragung von Sprach- und Textnachrichten genutzt. Die noch zögerliche Nutzung weiterer M-Commerce-Angebote ist u. a. auf eine mangelnde Akzeptanz zurückzuführen, welche weit unter den Prognosen liegt (vgl. Kollmann 2001). Das verunsichert die Netzbetreiber, die enorm hohe Investitionen leisten. So wurden in Deutschland 50 Milliarden € für UMTS-Lizenzen ausgegeben, weitere geschätzte 5 Milliarden € pro Netz (IZT et al. 2001, S. 95) sind noch für den Aus- und Aufbau der Netzinfrastruktur zu leisten. Fast alle Unternehmen der Telekommunikationsbranche schreiben wegen der hohen Investitionen rote Zahlen und Geschäftspläne werden kaum eingehalten. Einige Unternehmen sind in existenzielle Finanzierungsschwierigkeiten geraten.

Mobile B2B-Märkte können nicht völlig getrennt von B2C-Märkten gesehen werden, da sie sich technologisch und psychologisch gegenseitig beeinflussen (Diebold 2001). Die technischen Standards für UMTS sind zwar gesetzt, jedoch wird der geschäftliche Erfolg mittlerweile auf Grund der enormen Investitionen stark angezweifelt. Auch fehlt noch ein einheitliches Zahlungsmodell für mobile Endgeräte und Schutzmaßnahmen auf Zertifikat-Basis. Dieses und die Unübersichtlichkeit des Marktes für Endkunden hemmen die Akzeptanz erheblich (Schmidt 2001).



#### 6.2.3.4 Risiken und Konfliktpotenziale

In Deutschland, und auch in Nachbarländern wie z. B. der Schweiz, Großbritannien und Spanien wird zurzeit eine öffentliche Diskussion geführt, die zwar mit der Nutzung von M-Commerce nicht direkt zu tun hat, jedoch die Akzeptanz dieser Technologie belastet: Die Debatte um die Strahlenbelastung der Mobilfunk-Sendemasten (e-Smog).

Die Umstellung auf UMTS hat in Deutschland den Bau von weiteren Mobilfunkstationen zur Folge, da jeder der Anbieter laut Vertrag 50 % des Gebiets der Bundesrepublik abzudecken hat. Damit soll gewährleistet werden, dass sich die Anbieter nicht nur auf Ballungszentren konzentrieren, sondern auch Randgebiete in die Versorgung integrieren. Zur vollen Abdeckung sind bis zu 30.000 neue Basisstationen notwendig (IZT et al. 2001, S 63). Gegen diese Maßnahmen bestehen seitens verschiedener Interessengemeinschaften gesundheitliche und ökologische Bedenken. Zwar ist die Frage gesundheitlicher Risiken durch Basisstationen und Mobilfunkgeräte noch ungeklärt, klar ist jedoch, dass die Strahlenbelastung der Bevölkerung durch elektromagnetische Wellen steigt. In den meisten Ländern orientieren sich Gesetze und Verordnungen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern und ihrer Grenzwertfestsetzung zwar an den Empfehlungen der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) bzw. dem Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC), so z. B. auch die Bundesrepublik Deutschland sowie Schweden, Großbritannien und die Vereinigten Staaten. Es gibt aber auch Länder mit wesentlich strengerer Grenzwertfestsetzung bzw. wesentlich schärferem Vorsorgewert (d. h. vorsorgeorientiertem Gesundheitsschutz), so z. B. Italien oder die Schweiz. Dies deutet darauf hin, dass es weniger die technik-inhärenten oder gar „objektive“ Maßstäbe sind, die zu den jeweiligen Grenzwertfestsetzungen zum Schutz der Bevölkerung bzw. der Verbraucher führen, sondern dass es sich im weitesten Sinne um politisch-institutionelle und gesellschaftliche Faktoren handelt. Die jeweils länderspezifischen Geflechte und Netzwerke von Institutionen (z. B. Behörden, Kommissionen) und die Strukturen der Regulierung, Umsetzung und Überwachung von Mobilfunkgeräten und Sendeanlagen, des Weiteren die Gerätehersteller und Mobilfunkbetreiber mit ihren jeweiligen Interessenvertretungen sowie die entsprechenden Bürgerinitiativen/-interessen führen den öffentlichen Diskurs. Die Akteure versuchen prinzipiell, ihre Interessen in die politische und öffentliche Arena einzubringen und die Akzeptanzsituation wird von den vorherrschenden Interessenskonstellationen und der erfolgreichen politischen Interessensvermittlung bestimmt, an deren Ende bestimmte Grenzwerte und konkrete Regulierungsvorgaben stehen.

## **6.3 Analyse empirischer Erhebungen zu Akzeptanz und Nachfrage und ihren Determinanten**

### **6.3.1 Akzeptanz des E-Commerce**

Langfristige positive Effekte der technologischen Innovation Internet für die nationale Wirtschaft stellen sich nur dann ein, wenn auch eine ausreichende private Nachfrage vorherrscht, die die Integration des Mediums in den Alltag ermöglicht.

#### **6.3.1.1 Technikakzeptanzforschung**

Im Folgenden wird untersucht, welche Faktoren für die Akzeptanz und Nachfrage der Internetanwendungen des E-Commerce von Bedeutung sind, und welche Relevanz ihnen im Hinblick auf den Standort Deutschland zukommt. Dabei wird in Anlehnung an Ansätze aus der Technikgeneseforschung (Dierkes et al. 1991; 1992) und Forderungen aus der absatzwirtschaftlichen Akzeptanzforschung (Kollmann 1999) eine dynamische Akzeptanzbetrachtung vorgenommen, die das Konstrukt „Akzeptanz“ über den bisherigen Diffusionsprozess von der Erfindung bis zur Nutzung des Internet als Massenmedium untersucht, wobei der Schwerpunkt auf neueren Entwicklungen liegt.

Als Quellen der vorliegenden Untersuchung dienen etwa 40 neuere Studien, die sich zentral oder peripher mit der Entwicklung und Nutzung des Internet in unterschiedlichen Kontexten auseinandersetzen. Dabei dominieren vor allem Marktstudien und marktorientierte Nutzeranalysen, die sich u. a. auch mit Fragen der Akzeptanz auseinandersetzen. Einen typischen ITA-Ansatz verfolgen dabei die wenigsten dieser Studien, was sich unter anderem daran zeigt, dass oft ex post den Gründen für eine unerwartet niedrige Nachfrage bzw. geringe Nutzung bestimmter Anwendungen nachgegangen wird. Viele dieser Studien sind von Industrieunternehmen aus Marketinginteressen durchgeführt bzw. in Auftrag gegeben worden. Darüber hinaus wurden auch Studien ausgewertet, die sich mit dem Thema „Medienakzeptanz“ auseinandersetzen und damit einen breiteren Fokus als die oben genannten Untersuchungen für ausgewählte Internetanwendungen aufweisen.

In Anlehnung an die Innovations- und Diffusionsforschung (Rogers 1983) spielt für die Bestimmung der Akzeptanz neuer Technologien neben der *Innovation* als Prozess der Einführung neuer Technologien und der *Diffusion* als Ausbreitung von Innovationen durch besondere Kommunikationskanäle innerhalb eines sozialen Systems im Zeitverlauf auch der Begriff der *Adoption* als Übernahme der Innovation durch Individuen in den Alltag eine zentrale Rolle. Für Rogers ist dabei Akzeptanz bzw. Nicht-Akzeptanz das Ergebnis der Auseinandersetzung mit der Inno-

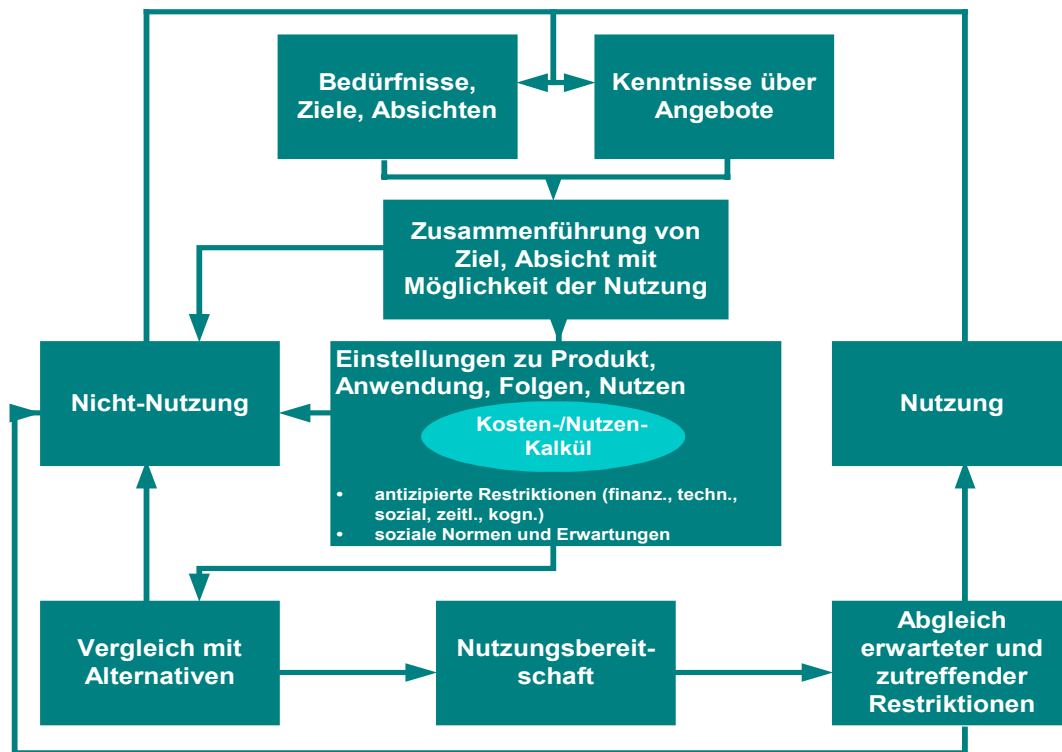
vation. Nach Rogers können fünf Phasen der Akzeptanzbildung unterschieden werden (Harnischfeger et al. 1999, S. 201f.; vgl. auch Kollmann 1999):

1. Das **Wissen über Innovationen** ist die Voraussetzung für die Nutzung dieser neuen Technologie und wird von selektiver Wahrnehmung und Gelegenheitsstrukturen bestimmt. Einstellungen bilden eine zusätzliche intervenierende Variable.
2. Die **Einstellungsbildung bzw. Entscheidungsfindung** ist geprägt durch zusätzliche Informationen über die Innovation. Es werden Vor- und Nachteile überprüft und in den Kontext gestellt.
3. Die **Entscheidungsphase** umfasst individuelle, kollektive und autoritäre Entscheidungen hinsichtlich der Nutzung der Innovation. Wichtig ist dabei die Unterscheidung der Nutzenperspektive und jeweiliger Interessen.
4. In der **Implementierungsphase** kommt es zur Anwendung der Innovation. Die Funktionsweise wird angeeignet, Probleme werden gelöst und Anwendungsformen angepasst. Dabei wird die Nutzungsintensität und Frequenz festgelegt.
5. Nach der Einführung erfolgt die **Bewertungsphase**, in welcher der Nutzer Bestätigung der Argumente sucht, die zur jeweiligen Nutzungsentscheidung geführt haben. Die Akzeptanz wird immer wieder im Handeln der Nutzer bestätigt, es handelt sich hierbei nicht um einen einmaligen Prozess.

Die Phasen der Akzeptanzbildung ergeben einen rekursiven Prozess, der nicht durch eine klare Abfolge gekennzeichnet ist, sondern von Rückkopplungsschleifen, Iterationen und Überschneidungen getragen wird (Asdonk et al. 1991, S. 291).

Klassische Typologien von Nachfragesegmenten reichen auf Grund der zunehmenden Pluralisierung der Lebensstile nicht mehr aus, um die Rahmenbedingungen für Adaption von Innovationen und Nachfrage zu bestimmen (vgl. Schenk et al. 1996). Hinzu kommt, dass die Phase der Orientierung und Entscheidungsfindung hinsichtlich der Einführung der Innovation von Information und Kommunikation getragen wird. Im Fall des Internet und der Anwendung E-Commerce zeigt sich, dass es eine Selbstreferenz des Mediums gibt. Neue Medien generell und das Internet im Besonderen sind sowohl Gegenstand als auch Medium des Innovationsprozesses. Der Faktor Informationsstand und Wissensstand über die neue Anwendung korreliert mit der grundsätzlichen Aufgeschlossenheit zur Technik (Harnischfeger et al. 1999, S. 205; vgl. auch Schooser 2000). So entsteht natürlich ein Henne/Ei-Problem: Wer nicht „drin“ ist, dem entgehen die im Netz angebotenen Informationen, um den eigenen Wissensstand anzupassen.

Abbildung 6.6: Dynamisches Akzeptanzmodell der Online-Mediennutzung



Einflussgrößen der Nutzungsbereitschaft sind zusammengefasst (vgl. Harnischfeger et al. 1999):

- Nutzerbedürfnisse und Nutzungsziele,
- Einstellungen,
- Erwartungsdruck und soziale Normen,
- Restriktionen bzw. Ressourcen,
- Alternativen.

Auf Grund der engen Kopplung individueller Lebensstile und kontextbedingter Faktoren für die Adoption von E-Commerce-Angeboten muss je nach Zielgruppe und Kontext ein eigenes Akzeptanzmodell gezeichnet werden. Büllingen und Stamm (2001, S. 100) haben diesen Zusammenhang schematisch zu erklären versucht: Ausgehend von diversen Megatrends ökonomischer, soziologischer, kultureller und politischer Natur weisen sie darauf hin, dass die dadurch geprägten Realitätsbilder durch demografische und psychografische Faktoren der Individuen bestimmt werden, die wiederum in Abhängigkeit von Ressourcen wie Einkommen, Zeitbudget, Fähigkeiten und Wohnverhältnissen und Einstellungen wie Substitution von Gütern/Dienstleistungen, Materialismus, Hedonismus und allgemeiner Technikakzeptanz zu unterschiedlicher Anschaffung und Nutzung von Innovationen führen.

Die resultierende zukünftige Nachfrage wird näher bestimmt durch

- (1) eine Identifizierung von Megatrends der Gesellschaft (hier: standortabhängig),
- (2) eine Vorhersage der demografischen Faktoren,
- (3) eine Bestandsaufnahme der Ressourcen,
- (4) eine Ermittlung repräsentativer psychografischer und einstellungsbedingter Faktoren.

An Grenzen der Vorhersage stößt die Ermittlung zukünftiger Nachfrage bei der letzten Maßnahme, der Ermittlung der individuellen Faktoren. Neben methodischen Schwierigkeiten ergibt sich zusätzlich das Problem, dass diese Faktoren permanenten Veränderungen unterliegen, ausgelöst durch alltägliche Kommunikationsprozesse und Erfahrungen im Umgang mit der Technologie. Dieser Prozess des gesellschaftlichen Wandels führt zu langfristigen Veränderungen kultureller Werte, die erst nach und nach unterschiedliche soziale Gruppen erreichen. Neben einer eingehenden Beobachtung des sozialen Wandels können Kommunikationsprozesse der jeweiligen beteiligten Interessengruppen analysiert werden und ein Diskurs zur Konsensfindung angeregt werden.

### **6.3.1.2 Studien zur Akzeptanz von E-Commerce**

Bislang haben sich die hohen Erwartungen in die kommerzielle Nutzung des Internet nicht erfüllt. Nicht alle User kaufen im Internet auch ein (Schenk und Wolf 2000). So nutzen zurzeit mehr als zwei Fünftel aller Deutschen das Internet, insgesamt also über 27 Millionen Personen (@facts 01/2002). Fast 13 Millionen Nutzer haben 2001 etwas über das Internet bestellt, gekauft oder gebucht. Damit hat sich die Anzahl der Online-Shopper innerhalb eines Jahres knapp verdoppelt (7,3 Millionen in 2000; @facts). Experten gehen davon aus, dass der Bevölkerungsanteil der Internetnutzer bis 2003 auf 50 % ansteigen wird (Bitkom 2001, Harnischfeger et al. 1998; Schenk/Wolf 2000). Am europäischen Gesamteinzelhandel haben Einkäufe im Internet derzeit lediglich einen Anteil von 0,125%, wenn auch Deutschland daran mittlerweile einen Anteil von fast 28 % hat und damit führend in Westeuropa ist (Infratest Burke 2001).

Die meisten Personen, die das Internet auch für Einkäufe nutzen, sind mittleren Alters (30-39 Jahre) und haben einen höheren Bildungsabschluss, was für eine hohe Kaufkraft spricht (Schenk und Wolf 2000). Durch die weitere Verbreitung der Internetnutzung auch in anderen Bevölkerungsgruppen wird jedoch in Zukunft eine Anpassung der Internetstruktur an der Bevölkerungsstruktur stattfinden. Schenk und Wolf (2000) haben die E-Commerce-User hinsichtlich ihrer Milieuzugehörigkeit untersucht und kommen zu dem Schluss, dass die Käufer im Internet insbesondere den „Info-Eliten im modernen Arbeitermilieu, im postmodernen Milieu und im konservativ-technokratischen Milieu“ entsprechen. So gut wie gar nicht kom-

merziell genutzt wird das Internet von konservativen und „niedrigeren“ Schichten (Schenk und Wolf 2000). Es nutzen also eher eher „moderne“ und „gehobene“ Milieus wie das „Adaptive“ und das „Postmoderne“ E-Commerce und die Nutzung ist folglich milieuhabhängig (Schenk und Wolf 2001). Ähnlich argumentiert Scherer (1998), der zwei Typen von Online-Nutzern identifiziert hat: den kommunikativen Innovator und den introvertierten Technikfan.

Die beliebtesten Produkte sind Bücher, PC-Teile, Tickets, Bekleidung, Musik und Filme. Als relevante Zielgruppen für E-Commerce mit Endkunden in privaten Haushalten gelten zum einen die Personen mit der größten Internet-Erfahrung, also die Nutzer, die bereits heute zu den häufigsten Nutzern gehören. Diese sind zurzeit noch eher männlich und zwischen 14 und 29 Jahre alt (Schenk und Wolf 2001). Zudem haben die Personen mit E-Commerce-Erfahrung einen eher hohen Bildungsabschluss und sind Selbständige, Beamte und Angestellte. Diverse Studien zeigen jedoch, dass sowohl Frauen als auch die über 50-jährigen Nutzer stark aufholen und somit ebenfalls in Zukunft verstärkt als Zielgruppe für E-Commerce in Frage kommen (vgl. Zoche et al. 2002). Letztere Zielgruppe ist besonders anvisiert, da sie eine hohe Kaufkraft aufweist.

Für die Akzeptanz des E-Commerce ist zudem eine Betrachtung der Gründe einer Nicht-Nutzung interessant. 2001 waren noch 61 % der Deutschen „Offliner“, obwohl immerhin 40 % von ihnen das wichtigste Zugangsgerät, den PC nutzten (ARD/ZDF-Online\_Monitor 2001). 68 % von ihnen beabsichtigen auch in naher Zukunft nicht, sich einen Zugang zuzulegen. Als Gründe der Nicht-Nutzung werden am häufigsten Zufriedenheit mit dem herkömmlichen Informations- und Unterhaltungsangebot, zu hohe Kosten, sowie bei älteren Bürgern die Angst vor der Technik genannt (ARD/ZDF-Online\_Monitor 2001). Bei der Einstellung der Nicht-Nutzer gegenüber dem Internet werden die Informationsflut, verbotene und unerwünschte Inhalte, aber auch Datenschutz genannt. Hier wird bereits deutlich, dass das Vertrauen in die Anbieter und Betreiber von E-Commerce für den Nutzer unverzichtbar ist, um Bedenken entgegen zu treten. Auch die Studie @facts der MediaGruppe Digital und Forsa (2001) identifizierte für das Jahr 2000 in ihrer Umfrage rund 28 Millionen Personen (43 %), die das Internet „auf keinen Fall nutzen“ wollen. Diese Gruppe ist charakterisiert als meist älter, vorwiegend weiblich, seltener berufstätig mit unterdurchschnittlichem Nettoverdienst. Fast die Hälfte dieser „Verweigerer“ ist in Rente.

Diese soziodemografischen Merkmale verweisen auf einen sehr starken Zusammenhang von Interesse am Internet, Einschätzung der Kompliziertheit und der Nützlichkeit mit der Nutzungsbereitschaft der Personen: Je stärker das Internet als kompliziert und je weniger es als nützlich betrachtet wird, umso geringer ist die Bereitschaft, online zu gehen (@facts 2001). Die Studie verweist daher zu Recht auf die Gefahr einer digitalen Spaltung der deutschen Gesellschaft, genährt von einer

diffusen Technikangst und einer generationsbedingten Differenz des Zugangs (vgl. auch die Booz Allen Hamilton Studie, Perillieux et al. 2001).

Da die Gefahr der digitalen Kluft stark generationsbedingt ist und die Nutzer im mittleren Alter stark zunehmen (vgl. Abb. 6.6), ist langfristig eine Aufhebung der Kluft zu erwarten. Aber auch eine nur vorübergehende digitale Kluft schadet dem sozialen Gleichgewicht nachhaltig, denn sie hat eine Kluft über technisches Anwenderwissen zur Folge. Da eine generelle Technikakzeptanz wiederum in Zusammenhang mit einer Technikaufgeschlossenheit in der Bevölkerung korrespondiert, beeinflusst die digitale Kluft auch indirekt die allgemeine Technikakzeptanz.

Aus fast allen Umfragen zur Akzeptanz von Internet-Anwendungen wird deutlich, dass eine hohe Sensibilität der Nutzer hinsichtlich des noch unzureichend geregelten Datenschutzes in der Kommunikation und Transaktion vorhanden ist (Barthel et al. 2000, S. 4). Dieses umfasst die Garantie der Unverfälschtheit und der Vertraulichkeit der übertragenen Daten, die Verfügbarkeit der Netze, und die Identifizierung der Kommunikations- bzw. Transaktionspartner. Die größte Gefahr für die elektronische Geschäftsabwicklung liegt in der Gefährdung der Datensicherheit und der Verletzung des Datenschutzes. Das öffentliche Bewusstsein über den Missbrauch des Internet und Online-Betrugsdelikte ist hoch<sup>26</sup>. Zwar ist das öffentliche und mithin individuelle Bewusstsein über die Gefährdung der Datensicherheit und Internet-Kriminalität hoch, jedoch scheint das Wissen über Maßnahmen gegen den Missbrauch nicht so verbreitet zu sein. So meldet der Berliner Beauftragte für Datenschutz und Informationsfreiheit, Hansjürgen Garstka, in seinem Jahresbericht 2001, dass die Beschwerden im Bereich Internet, Kommunikation und Mobilfunk besonders zunehmen. Entsprechend kommt den Maßnahmen, Technologien und Anwendungen zur Förderung von Datensicherheit und -schutz eine Schlüsselrolle zu. Eine ausreichende Koordinierung internationaler Entwicklungen, neue Gesetze und Normen hinsichtlich Eigentumsrecht und Urheberschutz sind erforderlich und werden zurzeit kontrovers diskutiert. Digitale Signaturen zur Identifizierung der Teilnehmer und digitale Wasserzeichen zur Klärung der Urheberschaft sind wichtige Elemente des E-Commerce, und ohne eine einheitliche Regelung ist die Bereitstellung neuer Angebote sowie deren Akzeptanz sehr verhalten.

Der Mangel an Akzeptanz scheint stark emotional begründet, wie die Offline-Studie von ARD/ZDF (Grajczyk und Mende 2001) verdeutlicht. Dort werden z. B. „Zugriff auf persönliche Daten“ und „andere können sehen was ich mache“ als Gründe der Nicht-Anschaffung angegeben, obwohl die befragten Nicht-Nutzer i.d.R. keine oder nur wenig Erfahrung in der Internet-Nutzung aufweisen. Vertrauen in die Geschäftspartner bzw. Anbieter ist von hoher Bedeutung, um ein Gefühl der Sicherheit zu erhalten (Zoche et al. 2001).

---

<sup>26</sup> Downland et al. 1999, siehe auch die aktuellen Reaktionen der Tagespresse auf die Ausstellung „Ctrl\_space“ im ZKM, Karlsruhe.

Harnischfeger et al. (1999) haben auf Basis einer Expertenbefragung zur Zukunft der Mediennutzung folgende Anforderungen erarbeitet:

- Für die Nachfrage nach Neuen Medien im privaten Sektor entscheidende Faktoren sind Interaktivitätsmerkmale, Qualifizierungsaspekte sowie regionale Segmentierungspotenziale.
- Zentrale Anforderungen zur Verbesserung der (gegenwärtigen) Medienangebote hinsichtlich der Hard-/Software-Gestaltung werden in der unmittelbaren Unterstützung der Nutzer gesehen. Dabei stehen an erster Stelle die Reduktion der Wartezeiten, die Selbsterklärung von Medienangeboten zur Verkürzung der Einarbeitungszeiten sowie der Einsatz „intelligenter“, personalisierbarer Software.

Diese Punkte belegen die große Bedeutung des beruflichen und schulischen Kontextes und mithin den Aufbau von Alltagserfahrungen mit der neuen Technologie für die Entwicklung der privaten Nutzung.

Massenmedien spielen eine wichtige Rolle in der öffentlichen Meinungsbildung und tragen somit auch zur individuellen Meinungsbildung bei. In der Medienforschung werden unterschiedlichste Determinanten der Mediennutzung genannt (vgl. Hasebrink 2001, S. 337): Technische, räumliche und zeitliche Verfügbarkeit der Medien, soziodemografische Merkmale des Nutzers, Familienstruktur, Bedürfnisse, Motive, Einstellungen, Präferenzen, Selektivität, Intentionalität usw. Das Zusammenwirken aller Faktoren hat individuelle Nutzungsmuster zur Folge. Diese werden unterschieden z. B. in Zuwendungsmuster, soziale Konstellationen, Situationen, Wahl der Genres, Wahl der Themen und Akteure, Rezeptionsmuster, emotionale Bindung, Interpretationsmuster etc. Alle diese Konzepte beschreiben die Mediennutzung nach spezifischen Fragestellungen. Jedes dieser Nutzungsmuster impliziert Folgen der Mediennutzung, die von der Medienwirkungsforschung untersucht werden. Die Mediennutzung kann sich z. B. auf individuelle oder soziale Weltbilder, Stereotype und Vorurteile, politische Einstellungen und Partizipation, soziales Verhalten wie Angst, Aggression, Hilfsbereitschaft und auch auf das Kaufverhalten auswirken (Hasebrink 2001, S. 337f). Hasebrink verweist nun auf Probleme der Auswertungsmethoden in der Nutzungs-, Rezeptions-, und Wirkungsforschung, da sie i.d.R. alle auf linearen Modellen basieren und somit nur Zusammenhänge von Einzelvariablen untersuchen (Hasebrink 2001, S. 343f). Die im Resultat entwickelten Nutzertypen sind nur unzureichend verallgemeinerbar. Es gibt nicht nur die eine Typologie, sondern Typenbildung in der Sozialforschung ist jeweils nur eine Reduktion der Komplexität in Abhängigkeit zur jeweiligen Fragestellung. Aus diesem Grund sollten für die Ermittlung von Akzeptanzdeterminanten spezielle Nutzertypologien nur mit Vorsicht verwendet werden.

Es folgt ein Überblick über die wichtigsten Ergebnisse der analysierten Akzeptanzstudien, unterteilt nach der Transaktionsform.



### 6.3.1.2.1 Konsumenten (C2C, B2C, A2C)

Der private Endnutzer als Nachfrager kann in drei Arten von Online-Transaktionen beteiligt sein. Es gibt Transaktionsprozesse zwischen privaten Nutzern, die sich in der Regel innerhalb einer Peer-Group mit spezifischen Interessen (z. B. Musik- oder Spiele-Interessierte) finden. Des Weiteren finden klassische E-Commerce-Prozesse statt, wenn Konsumenten online bei einem Händler oder Hersteller Waren bestellen, die entweder auf dem herkömmlichen Zustellungsweg oder digital im Netz versendet werden. Eine dritte Form ist die Transaktion von Daten zwischen öffentlichen Verwaltungsstellen und Bürgern, z. B. zur Abgabe der Steuererklärung oder für kommunale Meldeverfahren (vgl. Tab. 6.4).

Für private Nutzer ist der Umgang mit der Technik häufig noch ungewohnt, wenn nicht aus dem beruflichen Kontext heraus ein alltäglicher Umgang mit dem Internet erforderlich ist. Viele irritiert zudem die Virtualität des Mediums, da kein sichtbares Gegenüber vorhanden ist, zu dem ein persönliches Vertrauensverhältnis aufgebaut werden kann (vgl. Barthel et al. 2000, S. 4). Auf Grund dieser Verunsicherung der E-Commerce-Nutzer entsteht das Vertrauens-Dilemma, dessen Management selbst zu einem Geschäft wird (Kuhlen 1999). Kuhlen führt hierzu vier Wege der Vertrauensbildung an:

- natürliches Vertrauen, in primärer Sozialisation erfahren,
- Vertrauen in institutionelle Sicherungsinstanzen,
- Vertrauen in Experten als Ersatz für eigenes Wissen,
- Verfügung von Vertrauensnetzen.

Die Arten der Verunsicherung im E-Commerce erfolgen über (Kuhlen 1999):

- Qualität der aus elektronischen Diensten erarbeiteten Informationen,
- den Schutz des geistigen Eigentums,
- die Sicherheit (Authentizität) der elektronischen Transaktionen (Kryptographie, digitale Signaturen),
- den Umgang mit kritischer bzw. als schädlich empfundener Information,
- die Konsequenzen der Delegation von Informationsarbeit an Agenten (Aufgabe der Autonomie),
- eigene Spuren im Netz (Data-Mining).

Sie verdeutlichen das Vertrauens-Dilemma des E-Commerce, da ein Konflikt zwischen dem Verlangen nach Privatsphäre bei der Internet-Nutzung und Bedarf an Sicherheit mit der Folge der Überwachung besteht (vgl. Kuhlen 1999).

Es gibt auch kritische Stimmen zur Relevanz der Sicherheit für die Akzeptanz und Nachfrage. Es besteht eine deutliche Diskrepanz zwischen der breiten öffentlichen Debatte zu Datensicherheit und Datenschutz einerseits und den tatsächlichen Vorsichtsmaßnahmen, die von den Nutzern letztendlich nur unzureichend angewandt werden (vgl. Misch und Moysisch 1999; Down und McHenry 1998; Klappert 1998). Wie sonst könnten sich Viren oder E-Mail-Würmer nach wie vor in dem Maß und in der Geschwindigkeit weltweit ausbreiten? Eine noch intensivere Aufklärung und Betreuung der Nutzer muss hier das Bewusstsein über Gefahren verschärfen (Misch und Moysisch 1999; Roth 1998), wird jedoch nicht ausreichen, um die Gefahren auch tatsächlich vermeiden zu können.

Eine Einführung neuer Techniken in den Alltag verlangt immer auch soziokulturelle Anpassungsleistungen (Böhm und Wehner 1990, S. 108). Das „Technology Acceptance Modell (TAM)“ betont immer wieder die Notwendigkeit einer einfachen Handhabung neuer Technologien, um die Integration in den Alltag zu erleichtern. (Cheung 2000). Eine Erweiterung des TAM bezieht in die Notwendigkeit der einfachen Handhabung explizit die Qualität der Inhalte der Internet-Nutzung mit ein (Chuan-Chaun und Hsipeng 2000).

Die technischen Eigenschaften von Online-Anwendungen haben stets tatsächlich einen Einfluss auf die Bereitschaft potenzieller Nutzer, diese auch tatsächlich wahrzunehmen. Hierbei sind vor allem die Aspekte der Softwareergonomie wie Selbstbeschreibungsfähigkeit und Fehlerrobustheit der Anwendung sowie die Erwartungskonformität und Steuerbarkeit der Interaktion entscheidend. Der Nutzer kann diese Aspekte allerdings erst im Moment der tatsächlichen Nutzung für sich bewerten und eine Entscheidung über die weitere Nutzung des Online-Dienstes treffen. Weitere relevante Kriterien in dieser Kategorie sind u. a. Lernzeit, Bearbeitungszeit, Fehlerhäufigkeit, Verhältnis falscher zu richtiger Handlungsschritte und der Aufwand, Fehler zu beheben (Nielsen 1993). Diesbezüglich ist zu klären, welche Ausprägungen dieser Aspekte für Benutzer noch als akzeptabel gelten können und inwieweit sie vom Benutzer selbst beeinflussbar sind, was wiederum auf die Kompetenz des Benutzers verweist. Rammert (1996) hat auf die Veralltäglichung im Umgang mit Unzulänglichkeiten der Technik hingewiesen, die häufig zwar die Diffusion verzögert, nicht aber verhindert hat.

Obwohl die Ergonomie neuer Technologien deren Alltagstauglichkeit entscheidend bestimmt, gibt es hier immer noch erheblichen Verbesserungsbedarf. So wird in empirischen Studien regelmäßig festgestellt, dass ein erheblicher Bevölkerungsanteil Internetanwendungen (wie den Computer überhaupt) für zu wenig bedienerfreundlich einschätzt. Software-Entwickler und Produktdesigner haben also die Aufgabe, die Selbsterklärung von Onlineangeboten zu verbessern, um so die Einarbeitungszeiten der Nutzer zu verkürzen. Ein sehr wichtiger Aspekt ist auch die schnelle und einfachere Software-Installation. Darunter fällt der Vertrieb von Software und Updates über das Internet und die problemlose Anpassung der Software

an die individuellen Bedürfnisse (Kolo und Friedewald 1999; von Eimeren et al. 2001).

Mit derartigen Fragen bzw. Einflussfaktoren beschäftigt sich die ergonomische Forschung. Die Ergonomie-Forschung versucht in der Regel, verschiedene Gestaltungsebenen zu unterscheiden, die die Interaktion zwischen Mensch und System prägen. Dazu gehören (1) die Ein-/Ausgabe-Schnittstelle, (2) die Dialogebene, (3) die Funktionalität der Anwendung und die Organisationsschnittstelle (vgl. Luczak 1993). Mögliche Probleme, die an der Benutzungsschnittstelle beobachtbar sind, können auf jede dieser Ebenen verweisen. Die klassische Ergonomie-Forschung beschränkt sich jedoch in ihren Gestaltungsaussagen auf die ersten beiden Ebenen. Für die dauerhafte Nutzung sind allerdings im Allgemeinen auch die beiden letzteren Ebenen relevant.

In verschiedenen Studien ist immer wieder deutlich geworden, dass die soziokulturelle Anpassung an neue Technologien, an „Kulturpraktiken“, erfahrungsgeleitet und milieuabhängig ist. So haben bereits Böhm und Wehner (1990, S. 126) erklärt, dass milieuinterne Orientierungs- und Bewertungsmuster für das Interesse von Technik verantwortlich zu machen sind, die entsprechend der individuell vorhandenen Wissensbestände und Handlungskapazitäten den jeweiligen Nutzungssinn des Computers bestimmen, „folglich muss der Umgang mit der Technik vor dem Hintergrund milieuinterner Wirklichkeitsinterpretationen technischer Realitäten begriffen werden“ (Böhm und Wehner 1990). Positive Erfahrungen verstärken die Akzeptanz (Kollmann 1999; Schenk und Wolf 2000).

Umsätze im elektronischen Einzelhandel sind noch gering. Dieses gilt als Indiz für fehlende Akzeptanz des Mediums Internet als Einkaufsstätte (Bauer et al. 1999). Zu bedenken ist jedoch, dass E-Commerce ja gerade charakterisiert ist durch die Umgehung des klassischen Einzelhandels. Der elektronische Einzelhandel als innovatives Handelsmedium konkurriert mit dem Hersteller, der sich über das Internet zunehmend direkt an den Käufer wendet (Bauer et al. 1999). Eine Steigerung der Nachfrage erfordert eine hohe Nutzungsintensität, die Erfahrung im Umgang mit dem Internet mit sich bringt, gepaart mit Werbung für den Online-Kauf (Bauer et al. 1999). Die Erfahrung als Grundvoraussetzung für einen selbstverständlichen Umgang mit der Technik und der Nutzung von E-Commerce ist in vielen Studien Kern der Akzeptanzfaktoren (vgl. Lenz 2000; Liang 1998; u. a.). Am Beispiel des Internet-Marktplatzes AutoScout24 hat Kollmann die Akzeptanz von E-Commerce untersucht und festgestellt, dass weniger die einfache Benutzbarkeit als die kostenlose Nutzung relevant sind (Kollmann 2001). Dieses Ergebnis beruht auf der Besonderheit des von Kollmann untersuchten Beispiels, da die Nutzung von Gebrauchtwagen-Marktplätzen, zum Beispiel in Anzeigenblättern, in der Regel kostenlos ist und die Kunden daher offenbar nicht bereit sind, für die Nutzung des Online-Marktplatzes Geld zu zahlen. Diese Studie zeigt, dass der Aspekt der einfachen Benutzbarkeit bei diesem Beispiel nicht ausreicht, um die notwendige Ak-

zeptanz bei den Nutzern zu gewährleisten, sondern das die Gewährleistung der Kostenlosigkeit bei bestimmten Produkten, wie in diesem Fall, ebenfalls relevant für die Akzeptanz ist.

Zwar wird das Internet noch vorwiegend als Kommunikations- und Unterhaltungsmedium genutzt, jedoch wird E-Shopping immer populärer (@facts). Eine besondere Beachtung finden in diesem Zusammenhang die Zahlungsweisen der Kunden. Heute werden im Internet von den deutschen Kunden noch überwiegend traditionelle Bezahlungsarten verwendet (Rechnung, Lastschrift, Nachnahme) (Leibold und Stroborn 2001). Das für das Internet besonders geeignete Zahlungsmittel Kreditkarte ist in Deutschland nicht so verbreitet wie beispielsweise in den USA. Leibold und Stroborn kommen in ihrer Studie jedoch zu dem Schluss, dass sich die Akzeptanz von Zahlungssystemen im Internet mit zunehmender Erfahrung der Nutzer mit E-Commerce erhöhen wird (Leibold und Stroborn 2001). Auch hier ist die Sicherheit wieder ein ganz wichtiger Faktor für die tatsächliche Nutzung, sollte jedoch keine zusätzlichen Hard- oder Softwarekosten für die Verbraucher mit sich ziehen, da dieses nicht akzeptiert würde. Entsprechend wenig überraschend ist das Ergebnis, dass insbesondere solche Güter gut über das Internet verkauft werden, deren Transaktionskosten gering sind, während Produkte wie z. B. Möbel, Kühlschränke etc. mit hohen Lieferkosten, die in der Regel der Käufer trägt, nicht nachgefragt werden. Auch werden die Produkte bevorzugt online bestellt, für deren Auswahl keine persönliche Anprobe oder haptischer Kontakt notwendig ist (Liang 1998). Der Online-Textilhandel funktioniert daher hauptsächlich innerhalb der bereits etablierten Versandhandelsstrukturen (vgl. Händler wie Otto, Quelle etc.).

Es hat sich jedoch gezeigt, dass trotz der Internationalität vieler Online-Anbieter die Kunden in Deutschland auf Grund hoher Frachtkosten lieber bei nationalen Produzenten und Händlern bestellen (Schenk und Wolf 2001). Dieses ist ein weiterer Hinweis auf die Konzentration des E-Commerce auf Produktangebote mit niedrigeren Transaktionskosten.

#### **6.3.1.2.2 Business (C2B, B2B, A2B)**

Mit den betrieblichen Infrastrukturen des E-Commerce liegt Deutschland im internationalen Vergleich nach einer Aufholjagd mittlerweile hinter den Finnen – und noch vor den USA – an zweiter Stelle (Empirica 2001). So hatten im Jahr 2000 neun von zehn Unternehmen in Deutschland einen Internet-Zugang und 86 % nutzten E-Mail. Fast zwei Drittel haben eine eigene Homepage. Die Hälfte der Unternehmen nutzt das Internet zur Beschaffung (E-Procurement) und jedes fünfte Unternehmen vertreibt seine Produkte auch online. Für 2003 prognostiziert die Empirica-Studie eine Nutzerdichte der Unternehmen von 95 %. 20 % werden „rundum-Nutzer“ sein, d. h. sie werden „höhere Anwendungen“ wie Online-Transfer, heute von 45 % der Unternehmen genutzt, und E-Business (30 %) betreiben. Hinsichtlich ihrer Einstellungen zum IT-Einsatz unterscheiden sich die Anwender in der Pro-

duktionsindustrie von denen der Dienstleistungsbranche, daher sollte grundsätzlich in Akzeptanzstudien zwischen Branchen und Sektoren differenziert werden (Culpan 1995). Diese Aussage korrespondiert mit der Annahme, dass alltägliche Erfahrungen in der Nutzung zusammen mit milieubedingten Faktoren die Akzeptanz beeinflussen.

Hinsichtlich der strategischen Planung zum Einsatz von B2B-Anwendungen besagt eine Studie von A. D. Little (2000) im Auftrag der VDI-Nachrichten, dass die Mehrheit der befragten Unternehmen weder über klare Ziele noch Strategien verfügt. Lediglich innerhalb der Elektronik- und IT-Branche war ein strategisches Vorgehen weiter verbreitet. Als Zielsetzungen für den B2B-Einsatz wurden in erster Linie Wettbewerbsvorteile durch Abgrenzung genannt, gefolgt von kosten- und preisbezogenen Zielen (Little 2000).

Fallstudien zur E-Commerce-Nutzung in Betrieben zeigen die wichtigsten Barrieren bei der betrieblichen Nutzung des E-Commerce (Farhoomand et al. 2000). Es herrscht noch immer ein sehr unterschiedlicher Ausbau der Infrastrukturen, was Netzwerk-Effekte hier besonders wichtig macht. Eine technische Barriere ist die mangelnde Integration von Internet-Applikationen in bestehende Legacy-Systeme<sup>27</sup> und das Fehlen allgemein gültiger Standards. Des Weiteren werden auch in dieser Studie die fehlenden, allgemein akzeptierten Sicherheitsmechanismen genannt. Dieses ist auch nach Meinung dieser Autoren in erster Linie ein Wahrnehmungsproblem. Vereinzelt Fälle von Sicherheitslücken würden immer noch verallgemeinert und behinderten die Ausbreitung des E-Commerce. Das schlechte Image des E-Commerce und fehlende Internet-Literalität der Mitarbeiter würden gerne als Gründe vorgeschoben, kein E-Commerce zu betreiben. Die Fallbeispiele verweisen auf einen sehr zögerlichen Umgang („wait-and-see“), der oft mit hohen Kosten begründet wird. Auch hier ließe sich ein Wahrnehmungsproblem vermuten, da die Kosten zurzeit weiter sinken. Jedoch sind immer noch hohe Fixkosten relevant und bremsen die Anfangsinvestitionen.

Der internationale Vergleich zeigt, dass unterschiedliche Regulierungsmaßnahmen die Bereitschaft zur Nutzung von E-Commerce erheblich hemmen können (vgl. Hörisch et al.). Internationale Standards sind auch für eine Einführung kryptografischer Verfahren notwendig, da auch hier ohne Netzwerkeffekte auf Grund einheitlicher Standards kein System Erfolg hat (OECD 1997).

Eine wichtige kulturelle Barriere ist die Sprache. Lokale Märkte, lokale Bedürfnisse und lokale Partner stellen als Umwelt des Betriebes die Weichen zur Nutzung von E-Commerce. Ohne eine ausreichende Verbreitung des Internet bei relevanten Ge-

---

<sup>27</sup> Unter Legacy-System versteht man ein über Jahre gewachsenes IT-/Software-System, das in einem Unternehmen aufgrund seiner Verlässlichkeit weiterhin benutzt wird, jedoch aufgrund veralteter Strukturen und unzureichender Dokumentation nicht weiterentwickelt werden kann.

schäftspartnern und Kunden macht E-Commerce keinen Sinn. Eine lange Tradition des Versandhandels, wie in Deutschland vorhanden, ist für den E-Commerce hilfreich.

In einer Studie von 1997 war die aus Sicht der befragten Unternehmen größte Hürde noch im Defizit der Regulierung zu finden (70 %), gefolgt von der unsicheren Bezahlung (66 %) und der hohen Kosten (50 %) (Padovan 2000). Berücksichtigt man, dass die Befragung bereits einige Jahre zurückliegt und dass gerade im Bereich der Regulierung und der Kostensenkung Fortschritte gemacht wurden, ist davon auszugehen, dass diese Hürden schon geringer geworden sind.

### **6.3.1.2.3 Administration (C2A, B2A, A2A)**

Die meisten Transaktionsprozesse zur digitalen Abwicklung von administrativen Prozessen der öffentlichen Verwaltung sind nicht-kommerzieller Natur. Da sich der Einsatz von IuK-Technik jedoch erheblich auf die Kostenstruktur auswirkt und grundsätzlich neue Preis- und Finanzierungsmodelle entwickelt werden, ist nicht auszuschließen, dass auch hier Transaktionen zunehmend kommerzielle Formen annehmen werden. Die Studien und Fördermaßnahmen in diesem Bereich beziehen sich noch größtenteils auf Pilotphasen, vergleichende oder gar Best-Practice-Studien liegen noch nicht vor.

Laut einer US-amerikanischen Studie ist eine positive Einstellung gegenüber dem IT-Einsatz seitens leitender Angestellter in öffentlichen Institutionen und Organisationen entscheidend für den breiten Einsatz und die erfolgreiche Nutzung von IT-Innovationen und –Dienstleistungen. Die positive Grundhaltung verstärkt sich nicht mit zunehmendem Alter, jedoch mit höherem formalen Bildungsabschluss der Verantwortlichen (Babcock et al. 1995, S. 119).

Wie zum Beispiel das BMWi-Projekt Media@Komm<sup>28</sup> zeigt, sind bereits etliche E-Government-Angebote in Pilotprojekten realisiert:

- Bestellmöglichkeiten (z. B. Abfallbehälter, Info-Broschüren, Bibliotheks-Ausleihe),
- Reservierungen (z. B. Kindergartenplätze, VHS-Kurse, Kfz-Kennzeichen),
- Anmeldeverfahren (z. B. Wohnung, Stadtwerke, kommunale Steuern).

Die Begleitforschung zu Media@Komm ermittelte Vorteile und Probleme der Online-Angebote. Als Vorteile wurden seitens der Bürger die Zeitersparnis, Kostenersparnis, Komfortsteigerung, Zunahme der Sicherheit und Erhöhung des Geschäfts-

---

<sup>28</sup> Zu Untersuchungen zur Begleitforschung siehe [www.difu.de/projektforen/iuk/welcome.de](http://www.difu.de/projektforen/iuk/welcome.de).

volumens genannt, als Probleme konnten folgende Punkte ermittelt werden (vgl. Floeting 2000):

- fehlende Rechtssicherheit,
- ungenügende Standardisierung,
- mangelhafte verwaltungsinterne IuK-Infrastruktur,
- fehlende Prozessgeschäftsanalysen und organisatorische Regelungen,
- fehlende Investitionsmittel,
- Qualifikationsprobleme,
- bisher geringe Verbreitung der Nutzung, digitaler Signaturen etc.,
- längerfristig notwendige Doppelgleisigkeit bei der Bereitstellung kommunaler Dienste.

Ausgehend von diesen Ergebnissen und der Erkenntnis, dass für eine erfolgreiche Entwicklung von Online-Transaktionssystemen die gemeinsame Entwicklung von technischen und sozialen Komponenten Voraussetzung ist, hat Hagen (2001) ein aus einem interdisziplinären Vorgehen gewonnenes Referenzmodell für Online-Transaktionssysteme entwickelt. Ziel ist ein Electronic Government, mit dem das Service-Engineering im Bereich Öffentliche Dienstleistungen verbessert werden kann. Dabei werden die Anforderungen wie die Gewährleistung eines breitestmöglichen Zugangs, die vertikale Integration (Vermeidung von Medienbrüchen) und die horizontale Integration (d. h. die Bündelung privater und öffentlicher Leistungen im Sinne von „single window“ oder „one-stop-government“) berücksichtigt<sup>29</sup>.

## **6.3.2 Akzeptanz des M-Commerce**

### **6.3.2.1 Private Nutzung**

Voraussetzung für die Nachfrage nach M-Commerce-Angeboten bei privaten Nutzern ist zum einen, dass entsprechende Endgeräte eine hinreichende Verbreitung finden. Zunächst muss eine Nachfrage nach den UMTS-fähigen Endgeräten angekurbelt werden, was auf Grund bevorstehender Marktsättigung des Handybesitzes nicht einfach wird. Andererseits ist der Besitz eines solchen Gerätes nicht gleichbedeutend mit der Inanspruchnahme von M-Commerce-Angeboten. Vielmehr ist eine Nutzungslücke zu verzeichnen – es besteht eine Diskrepanz zwischen der zwar hohen Verbreitung von Mobiltelefonen und den geringen Umsätzen durch die Nutzung. Kollmann (1999) erklärt diese Nutzungslücke dadurch, dass man zwischen

---

<sup>29</sup> Daraus hat Hagen ein ausführliches Modell entwickelt, Hagen 2001.

der Akzeptanz für ein Gerät und der Akzeptanz für eine Anwendung dieses Gerätes unterscheiden müsse und sich diese Akzeptanz während der Lebensdauer einer Innovation ändere (vgl. Kollmann 2000). Er kritisiert das einstufige Vorgehen der meisten Akzeptanzstudien, die sich auf die Akzeptanz des Handys konzentrieren, jedoch die Akzeptanz der weiteren Nutzung des Gerätes ausblenden.

Es werden bisher bei der Mobilfunk-Nutzung häufig nur „Momentaufnahmen“ der Akzeptanz untersucht, jedoch keine mittel- bis langfristigen Veränderungen der Nutzung abgebildet.

Da noch kaum eigene Produkte oder Dienstleistungen für den neuen Standard auf dem Markt eingeführt sind und die Endgeräte, die deren Nutzung ermöglichen, erst einen geringen Verbreitungsgrad haben, können auch keine konkreten Aussagen über das Nachfrageverhalten oder die Akzeptanz der M-Commerce-Anwendungen getroffen werden. Vielmehr ist man auf die Aussagen von potenziellen Nutzern zu ihrem möglichen künftigen Nutzungsverhalten angewiesen (wobei offen ist, inwieweit die heute geäußerten Präferenzen dem tatsächlichen Nutzungsverhalten in der Zukunft entsprechen werden). Außerdem kann man in Analogie zur Entwicklung des Nutzerverhaltens im Bereich E-Commerce auf das mögliche Nutzerverhalten im Bereich M-Commerce schließen. Grundsätzlich gilt, dass die Akzeptanzfaktoren, die schon im Bereich E-Commerce identifiziert wurden, auch hier relevant sind. Potentielle „Killer-Applications“ sind die Internet-Nutzung via Handy, Online-Shopping, Interaktive Spiele, Multimedia-Messaging und lokale Dienste. Das japanische Beispiel i-Mode, welches keinesfalls auf deutsche Marktverhältnisse zu übertragen wäre, verdeutlicht die Abhängigkeit der Nachfrage-Determinanten von kulturellen Gegebenheiten und Nutzungsmustern.

Mobicom, ein von der EU gefördertes Projekt, hat in einer Online-Umfrage die Einstellungen von Nutzern in Griechenland, Finnland und Deutschland gegenüber E- und M-Commerce erhoben (MobiCom 2001). Sie befragten Online-User hinsichtlich ihres mobilen Nutzungsverhaltens und bestätigten, dass neben der „Killer-Application“ SMS nur sehr wenige Anwendungen signifikant häufig genutzt werden. Dies sind Mobile Banking und Informationsdienste, allerdings liegt die mobile Nutzung dieser Angebote weit hinter der Internet-Nutzung vergleichbarer Dienste. Der Vergleich zwischen den drei untersuchten Ländern Griechenland, Finnland und Deutschland zeigt, dass Deutschland vorwiegend eine mittlere Position einnimmt (Tab. 6.6). Gründe für eine Nutzung mobiler Dienste sind laut den Befragten die Möglichkeit, sie jederzeit und an jedem Ort in Anspruch zu nehmen. Als Hemmnis der Nutzung mobiler Dienste nannten die befragten Nutzer neben umständlicher Handhabung der vorhandenen Endgeräte den hohen Preis für den mobilen Zugang und die Inanspruchnahme der Dienste. Interessant ist der Hinweis der Studie, auf welche Art die mobilen Dienste eigentlich Verbreitung finden: Sie werden in sozialen Netzwerken, also unter Freunden und Kollegen weiter empfohlen. Zudem ist



auffällig, dass in Deutschland 36 % der Handy-Nutzer das Handy ausschließlich privat und weitere 30 % dieses überwiegend privat nutzen (MobiCom 2001).

Tabelle 6.6: Die Nutzung mobiler Dienste und Internet-Dienste (in % der Befragten)

Service	Deutschland		Finnland		Griechenland	
	Internet	Mobil	Internet	Mobil	Internet	Mobil
E-Mail	92	31	94	11	90	15
Infos und Nachrichten	90	20	92	19	93	18
Banking und Finanzdienste	63	10	72	14	33	7
Unterhaltung	60	6	74	48	64	8
Shopping	59	1	46	2	30	1
Reisebuchung	31	2	20	2	42	3
Ticket-Reservierung	26	2	17	6	17	3
Andere	12	5	5	3	7	3
Keine	-	55	-	32	-	60

Quelle: European Mobile Commerce Survey Mobicom (2001, S. 9)

Nach Porat (2001) ist der Hauptanwendungsbereich der privaten Endnutzer von M-Commerce der Fun-Bereich (Porat 2001). Morpace International verkündet, einer Studie zufolge wünschten 80 % der Befragten eine tägliche oder wöchentliche Nutzung von Bild- und Videonachrichten. Solche Studienergebnisse sind jedoch wenig verlässlich, wenn sie, wie in diesem Fall europaweit durchgeführt wurden, da trotz der Anvisierung eines gemeinsamen Marktes das Nutzerverhalten in den einzelnen Ländern noch höchst unterschiedlich ausfällt. 42 % der deutschen Handybesitzer würden ortsbezogene Dienste nutzen. 74 % von ihnen wären bereit, monatlich bis zu 13 € dafür auszugeben (Mori, aus Kollmann 2001). Das ergibt ein Marktpotenzial von jährlich 2,4 Milliarden €.

Im Gegensatz dazu geht eine Studie von Taylor Nelson Sofres (TNS) davon aus, dass Bildtelefonie, aufwendige Multimedia-Angebote und Spiele für potenzielle UMTS-Nutzer nicht attraktiv seien. Die meisten Befragten gingen davon aus, UMTS hauptsächlich für den Abruf von Verkehrsinformationen, den Zugriff auf Nachrichten und das Versenden von E-Mail zu nutzen. Immerhin haben in der Befragung 41 % der befragten Deutschen auch Interesse daran geäußert, über ein UMTS-Handy Waren und Dienstleistungen zu beziehen. Als Grund für dieses geringe Interesse an M-Commerce vermuten die Marktforscher, dass die Nutzer zu wenig über UMTS aufgeklärt seien. Der internationale Vergleich zwischen Europa und den USA habe gezeigt, dass UMTS in Deutschland am bekanntesten sei. 44 % der deutschen Mobilfunknutzer fühlten sich gut über UMTS informiert, hingegen denken das nur 14 % der britischen und 23 % der italienischen Handy-Nutzer. In

den USA sind es nur 10 %. Man muss jedoch vermuten, dass der hohe Informationsstand der Deutschen über UMTS auch dadurch zu Stande kommt, dass die Lizenzvergabe öffentlich intensiv diskutiert wurde und dabei auch die Risiken durch Elektromog breiten Raum einnahmen. Der hohe Bekanntheitsgrad bzw. Informationsstand dürfte demnach nicht rein positiv besetzte Assoziationen zu UMTS beinhalten.

Somit liegen zurzeit widersprüchliche Aussagen vor, welche M-Commerce-Angebote auf die Akzeptanz potenzieller privater Nutzer stoßen und von ihnen nachgefragt werden. Kollmann (2001) kommt zu dem Schluss, dass nur Anwendungen mit zeitkritischen, einfachen und standortabhängigen Transaktionen im M-Commerce langfristig überleben werden. Man kann aber auch bei M-Commerce nicht ausschließen, dass wenig beachtete Randangebote plötzlich zu Marktrennern werden, oder dass Dienste von den Nutzern in anderen Kontexten verwendet werden, in denen das Nutzungspotenzial sehr viel höher ist.

### **6.3.2.2 Geschäftliche Nutzung**

Die größten Einsatzbereiche mobiler Datenkommunikation im B2B-Umfeld sind der Informationsaustausch sowie Operation, Management, Administration und Provisioning (OMAP) als Optimierung von Geschäftsprozessen im Management und im Außendienst sowie Supply-Chain-Management (Porat 2001; Diebold 2001). Der relevante Markt im Geschäftskundenumfeld des M-Commerce wird bei ungebrochener Marktdynamik und der verstärkten Herausbildung „europäischer Großkonzerne“ zunehmend die europäische Union sein (Pelzel 2001, S. 287).

Die jüngst veröffentlichten Studie zur Entwicklung und zukünftigen Bedeutung mobiler Multimediadienste (IZT/SFZ/IAT) kommt zu dem Fazit, dass bisher keine „Killer-Applications“ identifiziert werden konnten, sondern vielmehr Schlüsselapplikationen benannt werden könnten. Dazu zählen zum einen die Anwendungen SMS und Sprachkommunikation, die weiterhin eine breite Anwendung und einen hohen Umsatz aufweisen, aber auch sogenannte „Enhanced Messaging“-Anwendungen, die Multimedia-Dienstleistungen mit und ohne Internet-Unterstützung realisieren. Hinzu kommen diverse kleinere Anwendungen, die weniger umsatzintensiv, aber sehr alltagstauglich sein werden, z. B. Informationsdienste und Payment. Letztere liefern einen entscheidenden Beitrag als „ad-on“ zu M-Commerce, da sie den Geschäftsprozess unterstützen bzw. erst ermöglichen.

Laut einer Studie von Cap Gemini Ernst & Young verfügen 25 % aller westeuropäischen Angestellten in Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern über ein Handy zum Dienstgebrauch und nur 4 % arbeiten mit einem PDA (Telecom Handel 19/01). In Deutschland haben 52 % der Angestellten in Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern ein PDA in Gebrauch, 86 % ein WAP-Handy. Ziel ist zum Beispiel, den Außendienstmitarbeitern Zugriff auf das Intranet und Office-Anwendungen zu er-

möglichen. WAP soll das Unternehmensmanagement und den Workflow optimieren. Die Fülle der Angebote (vgl. Funkschau 06/2001, S. 37) scheint die Akzeptanz eher zu hemmen als die Nachfrage anzuregen.

## **6.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

### **6.4.1 Die Bedeutung des Technologiefelds für den Standort Deutschland**

#### **6.4.1.1 Internet und E-Commerce**

Die Auswirkungen neuer IuK-Technologien auf weitere Wirtschaftssektoren und Branchen ist gekennzeichnet von der steigenden Nachfrage der Unternehmen nach umfangreichen IuK-Dienstleistungen sowie leistungsstarken Netzwerken. Die Nutzung des Internet und von Multimedia-Angeboten wird den Arbeitsalltag verändern und neue Herausforderungen an die Qualifikation und Bereitschaft zu Mobilität der Mitarbeiter stellen (vgl. Studien der Bundesanstalt für Arbeit, u. a. Weidig et al. 1999). Wertschöpfungsketten ändern sich und betriebliche Produktionsprozesse werden zunehmend digitalisiert. Entsprechende Auswirkungen sind auch auf die Geschäftsbeziehungen zu Partnern und Kunden zu erwarten. Der Umfrage „Flash-eurobarometre 2000“ unter europäischen Unternehmern zufolge sind europäische Kunden für Innovationen aufgeschlossen und die innovationsfreundlichsten Kunden gibt es nach Auffassung der großen Mehrheit der Unternehmer in Deutschland (Gallup 2001). Mit Hilfe des Internet und der Nutzung von E-Commerce erhalten KMU Zugang zu global verstreuten Märkten. Noch ist Deutschland zwar Europas zweitgrößter E-Commerce-Markt nach Großbritannien (Perillieux et al. 2000, S. 13), jedoch befindet sich dieser Markt noch im Anfangsstadium seiner Entwicklung und birgt ungenutzte Potenziale. Hinsichtlich der entscheidenden Faktoren der Ausweitung steht Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern weniger gut da. Deutschland hält im Vergleich zu anderen Industrienationen in Schlüsselbereichen der Informations- und Kommunikationstechnologien lediglich einen Platz im Mittelfeld (Perillieux et al. 2000; EITO 2001) Wie diverse Studien zeigen, besteht Aufholbedarf bei der Internet-Durchdringung, der Schaffung zukunftsweisender Rahmenbedingungen und der Einleitung und Umsetzung von Fördermaßnahmen. Insbesondere die Minderung einer digitalen Kluft zwischen Internet-Nutzern und Nicht-Nutzern kann die Wettbewerbsposition Deutschlands stärken. Eine Benachteiligung von Gesellschaftsgruppen hinsichtlich ihres Zugangs und ihrer Nutzungskompetenz des Internet hätte zur Folge, dass sie auch vom Marktplatz der Zukunft, dem Inter-

net, ausgeschlossen werden. Dieses führt zu Ausgrenzungseffekten bei der Integration in die Arbeitswelt, Qualifizierungsmaßnahmen (Stichwort Lebenslanges Lernen) und der Teilnahme an sozialen und politischen Prozessen, die zunehmend auch online stattfinden (vgl. Perillieux 2000; Initiative D21). Gerade das Lebenslange Lernen wird zu einem der wichtigsten Produktionsfaktoren.

In der privaten Nutzung wird das Internet weiterhin Einzug in den Alltag halten. Weltweit ebenso wie in Deutschland steigt die Zahl der Internet-Nutzer jährlich durchschnittlich um ein Drittel (EITO 2001). Der durch die stärkere Verbreitung entstehende Zusatznutzen wird z. B. im E-Commerce zu einer höheren Zahlungsbereitschaft führen. Die Akzeptanz von Transaktionsangeboten ist bei Internet-Anfängern zunächst gering, wird aber mit steigender Nutzungsdauer und Erfahrung größer (Zoche et al. 2002, Schenk und Wolf 2001). Das Gleiche gilt für die Akzeptanz kostenpflichtiger Angebote. Die professionelle Nutzung am Arbeitsplatz und eine technologie-affine Bevölkerungsschicht treiben die Verbreitung weiter voran (vgl. Perillieux et al. 2000). Diese Gruppe wird zudem aus soziodemografischen Gründen immer größer. Büllingen und Stamm (2001) gehen davon aus, dass Deutschland bis 2010 in der Penetration und Nutzungsintensität zu den führenden Nationen gehören wird.

Die Öffentliche Verwaltung kann durch die Einführung elektronischer Informationssysteme modernisiert werden und kostengünstige, schnelle öffentliche Dienstleistungen anbieten (E-Government). Inwieweit dieser Prozess auch die politische Partizipation der Bürger und Institutionen fördert, ist noch offen (E-Democracy). Durch die Bereitstellung alltäglicher Dienstleistungen (z. B. Anmeldungen, Steuererklärungen, Behördengänge) im Netz und entsprechender Bereitstellung der Zugangs erfolgt ein Antrieb der Diffusion der Technologie in den Alltag. Für die Entwicklung des E-Commerce spielt der Einsatz von IuK-Technologien in der Öffentlichen Verwaltung nur eine indirekte Rolle, da Transaktionsprozesse eine untergeordnete Rolle spielen und stattdessen Informations- und Beratungssysteme im Mittelpunkt stehen. Des Weiteren ist die Vorbildfunktion Öffentlicher Stellen in der Adoption innovativer Technologien für die Förderung der regionalen Wirtschaft wichtig.

Mit dem In-Kraft-Treten des Gesetzes für elektronische Signaturen (SigG) im Herbst 2001 können Verträge national und europaweit auch elektronisch gezeichnet werden<sup>30</sup>. Digitale Unterschriften haben dann den gleichen rechtlichen Status wie handschriftliche Unterzeichnungen. Es sind vier verschiedene Signatur-Typen vorgesehen:

---

<sup>30</sup> Das Signaturgesetz ist nachlesbar unter [www.bmwi.de/homepage/download/infogesellschaft/signaturgesetz.pdf](http://www.bmwi.de/homepage/download/infogesellschaft/signaturgesetz.pdf).

- die einfache Signatur,
- die fortgeschrittene elektronische Signatur,
- die qualifizierte elektronische Signatur und
- die qualifizierte elektronische Signatur mit Anbieter-Akkreditierung.

Nur letztere Signatur hat vor Gericht Beweiskraft. Alle anderen sind für einfache Transaktionen wie das Verschicken von E-Mails gedacht. Ab Stufe zwei der qualifizierten Signaturen werden Verschlüsselungsverfahren eingesetzt und sie müssen von einem Trustcenter anerkannt sein. Der Anwender muss sich beim Trustcenter ausweisen und er erhält daraufhin eine Chipkarte mit seinem persönlichen Geheimschlüssel. Im E-Government ist die dritte Stufe der qualifizierten elektronischen Signatur mit Anbieter-Akkreditierung erforderlich. Zertifikate dürfen nur von dem Trustcenter vergeben werden, das einen entsprechenden Stempel der Regulierungsbehörde RegTP besitzt. Zertifikate dieser Trustcenter haben die höchste Beweisqualität im elektronischen Geschäftsverkehr. Damit wurde eine lange überfällige gesetzliche Regelung eingeführt, von der positive Effekte auf den E-Commerce zu erwarten sind.

Akzeptanz lässt sich nicht auf „objektive“ Determinanten zurückführen, sondern Akteurs-Konstrukte und gruppenspezifische Determinanten sind jeweils entscheidend. Da die Kommunikationskultur entscheidend als Verstärker für konstruktive bzw. destruktive Perspektiven der Akzeptanz ist, und im Falle des Internet eine doppelte Rekursivität des Kommunikationsmediums vorhanden ist (Gegenstand und gleichzeitig Informationsplattform im Akzeptanz-Prozess), sind diskursive Maßnahmen zur Stärkung des Vertrauens in die Technologie und ihre Anwendung sowie eine stärkere Integration des Mediums in den Alltag die geeigneten Maßnahmen zur Akzeptanz-Förderung und mithin Standortstärkung. Da der Nachweis, ob Technikkritik eine Ursache oder eine Folge der Medienberichterstattung ist, nicht gelingt (Pett o.J.), sollte umso mehr Wert auf einen angemessenen und partizipativen Technik-Diskurs gelegt werden.

In ihrer Studie unterscheidet Pett (o.J.) zwischen vier Arten der Risikokommunikation über IuK-Technologien in den Medien:

- Mentale Risiken (z. B. Entsinnlichung der sozialen Umwelt, Entwertung persönlicher Erfahrung, Anpassung von Denken und Handeln an Algorithmen, Kreativitätsverlust, Verlust der Selbstbestimmtheit durch Personalisierung der Angebote),
- Soziale Risiken (z. B. Verlust nicht-zweckgerichteter sozialer Kontakte; Entpersonalisierung von DL, Digital Divide),

- Politische Risiken (z. B. Stabilisierung und Verschärfung gesellschaftlicher Macht- und Herrschaftsverhältnisse, Überwachungs- und Kontrollmöglichkeiten),
- Wirtschaftliche Risiken (Arbeitslosigkeit, Krise der New-Economy, GreenCard).

Im Diskurs ausgeklammert werden (noch) technologische und gesundheitliche Risiken wie Sabotage, Hacker, Viren oder Elektromog, Verschlechterung der Sehkraft usw. (Pett o.J.).

IuK-Technologien sind zentrale Bausteine des Gesellschaftsgefüges und ihre Veränderungen haben eine Veränderung der Gesellschaft selbst zur Folge. Die gesellschaftliche Diskussion über Risiken von IuK-Technologien ist somit eine Diskussion über die Gefährdung durch sich selbst. In der Kommunikationsforschung wird dieses als Rekursivität der medialen Selbstbeobachtung bezeichnet (Kimpeler 2002). Vermittelt wird die Diskussion über Medien, also dem Gegenstand der Diskussion und zugleich der Kritik. Eine Diskursanalyse der Berichterstattung über Risiken der IuK-Technologie in Tageszeitungen zeigt<sup>31</sup>, dass über moderne IuK-Technik bedeutend mehr geschrieben wird als über Gentechnologie. Firmenberichte nehmen einen hohen Stellenwert ein (30%), was die wirtschaftliche Bedeutung des IuK-Sektors unterstreicht (Kimpeler 2002). Berichte über Computertechnologie enthalten den größten Anteil an Risikokommunikation (Y2k, Hacker, Viren, also techn.). Demnach wurden technologische Risiken am häufigsten thematisiert, gefolgt von soziokulturellen Gefahren. Rund die Hälfte der Risikoberichte weist einen Bezug aus Wirtschaft, Wissenschaft oder Politik auf, was die intersystemische Relevanz und weitreichende Bedeutung der IuK-Technologien für sämtliche Lebensbereiche unterstreicht. Bemerkenswert ist jedoch, dass insgesamt ein positives Bild der IuK-Technologie in der Berichterstattung gezeichnet wird (Pett o.J.).

Niedrige Zugangskosten, Gewährung von Datensicherheit und Datenschutz sowie eine hohe Medienkompetenz der Anbieter und Nachfrager sind die wichtigsten Standortbedingungen, um Deutschland eine führende Position in der globalen Wissensgesellschaft zu sichern.

Wichtige Ziele sind daher eine einheitliche, international bzw. regional vergleichbare Datenbasis<sup>32</sup> zur Verbreitung und Nutzung des Internet (ein Internet-„Bebauungsplan“; Perillieux et al. 2000) sowie die Mobilisierung von Nicht-Nutzern durch Einflussnahme auf Treiber und Barrieren wie Zahlungsbereitschaft, Bedienungswissen, -komfort und Content.

---

<sup>31</sup> Pett analysierte 1.652 Artikel überregionaler Tageszeitungen in einem Zeitraum von 3 Monaten (März bis Mai 1999).

<sup>32</sup> Siehe das EU-Projekt Regional-IST.

Die Agentur Booz Allen Hamilton unterscheidet hierzu harte und weiche Infrastrukturfaktoren, die im Folgenden zur Beschreibung der Standortfaktoren berücksichtigt werden (Perillieux et al. 2000).

Tabelle 6.7: Standortfaktoren für eine führende Position in der Wissensgesellschaft

Standortfaktoren		Best-In-Class*
Infrastruktur	Internationale Verbindungsknoten	USA Großbritannien
	Dichte Telekommunikations-Infrastruktur	Deutschland Skandinavien USA
	PC-Penetration	Deutschland Skandinavien USA
Rahmenbedingungen/ Kontext	Ausbildung, Qualifizierung, FuE-Kooperationen	Japan USA Großbritannien Irland Dänemark
	Gründungsförderungen	Taiwan Niederlande USA
	Internet-Gesetzgebung	USA Großbritannien EU Deutschland
	(De-)Regulierung der Telekommunikationsmärkte	USA Großbritannien Neuseeland
	Fiskalpolitik, Finanzierungsquellen	Irland Singapur
	Interessensverbände	Singapur
	Arbeitsmarktöffnung	Singapur
	Kryptographie Datenschutz	Deutschland USA
	Monitoring der Informationsgesellschaft	Deutschland USA

\*Quelle: Booz Allen Hamilton, zit. nach Perillieux et al. (2000)

Noch offen ist die Diskussion über Auswirkungen von E-Commerce auf Arbeit und Beschäftigung und die Wahrscheinlichkeit der Umgehung von intermediären Akteuren in den Geschäftsprozessen (vgl. Barthel et al. 2000, S. 4). Wichtig wäre eine Identifikation möglicher positiver Faktoren, um Arbeit und Beschäftigung zu verbessern.

Zu den Eigenheiten der Internet-Ökonomie gehören (BMWi 2001):

- (1) die Senkung der Transaktionskosten, u. a. durch die Überwindung räumlicher Distanzen,
- (2) Netzwerkeffekte durch eine hohe Diffusion und Technologieeffekte durch Standards (Spannungsverhältnis von Vielfalt und Größenvorteile),
- (3) Größenvorteile und Verbundvorteile auf der Angebotsseite auf Grund von hohen Fixkosten und dynamischer Größenvorteile durch Lerneffekte in der Produktion,
- (4) eine hohe Innovationsdynamik (mit hohem FuE-Aufwand),
- (5) das Verschwimmen der Grenze zwischen Markt und Unternehmen (Coopetition, hybride Aktivitäten),
- (6) neue Herausforderungen an Urheberschutz und Datenschutz,
- (7) neue Geschäftsfelder durch die Veränderungen der Wertschöpfungskette in der Neuen Ökonomie.

Für den Wissenschaftlichen Beirat des BMWi stellt das Internet daher eine wirtschaftspolitische Herausforderung dar. Allerdings halten sie eine gesonderte Industriepolitik für die Internet-Wirtschaft nicht für erforderlich, da das geltende Kartellrecht grundsätzlich im Stande sei, mit den Besonderheiten der Internet-Wirtschaft fertig zu werden. Wie auch andere Studien gezeigt haben, ist ihnen beizupflichten, dass sich das Reaktionspotenzial der Nachfrager ändern kann. Sie gehen davon aus, dass die zu erwartenden bzw. bereits eingetretenen Netzwerkeffekte sinnvoll seien und nicht unterbunden werden sollten. Da die Güter und Dienstleistungen der Internet-Wirtschaft ausgeprägte Größen- und Verbundvorteile aufweisen, ist auch eine Strategie der Preisdifferenzierung zur Marktpositionierung geeignet. Für den Wissenschaftlichen Beirat hat die Kostensenkung in der Informationsübermittlung und -verarbeitung erhebliche Folgen für die Verhaltenskoordination der Marktteilnehmer. Insbesondere die hohen Marktzutrittsbarrieren und die Konzentrationstendenzen auf dem Telekommunikations- und Medienmarkt bergen noch die Gefahr oligopolistischer bzw. monopolistischer Tendenzen (vgl. Cuilenberg und Slaa 1995, S. 662).

Damit ein „innovativer Telekommunikationsmarkt“ dem öffentlichen Interesse entspricht, muss er die Informations- und Kommunikationsfreiheit der Bürger unterstützen, indem neue und vielseitige Produkte und Anwendungen (Produktinnova-



tionen) zu möglichst günstigen Preisen (Prozessinnovation) angeboten werden (Cuilenberg und Slaa 1995, S. 661).

Internationale Erfahrungen haben gezeigt, dass starker Wettbewerb auf dem Telekommunikationsmarkt ein positives Innovationsklima schafft (Cuilenburg und Slaa 1995, S. 647). Wie ein Vergleich der OECD-Länderdaten für den Telekommunikationssektor zeigt, spielt die jeweilige gesamtwirtschaftliche Entwicklung jedoch ebenfalls eine wichtige Rolle für das Innovationsklima, so dass ein prosperierender Telekommunikationsmarkt nicht nur von der Innovationskraft, sondern auch von einer starken Nachfrage abhängt (OECD 2001). Auf Grund der einheitlichen Entwicklung hin zu langfristig ausreichenden Kapazitäten und wettbewerbsbedingten Preissenkungen entwickelt sich der (globale) Telekommunikationsmarkt und mithin der elektronische Handel von einem angebots- zu einem nachfragegesteuerten Markt.

Die relevanten Telekommunikationsmärkte in den erfolgsversprechenden Bereichen Geschäftskunden und Mobilfunk werden bei konstanter Innovationsdynamik und Formation europäischer Großkonzerne zunehmend in Gesamt-Europa liegen. Umso notwendiger sind EU-weite Rahmenregulierungen. Eine gute Ausgangsposition für den globalen Wettbewerb entsteht durch einen großen und wettbewerbsintensiven Heimatmarkt (Pelzel 2001, S. 287).

Die daraus resultierenden Vorteile für den Mittelstand und der Förderung von KMUs müssen in wirtschaftspolitischen Maßnahmen berücksichtigt werden (vgl. Zerdick et al. 1999). Die Rahmenbedingungen der Entwicklung der IuK-Infrastruktur sollten ein ausgewogenes Verhältnis von Liberalisierung und Regulierung mit der Folge langfristiger Preissenkungen und innovativer Dienstleistungen bilden. Nur so kann gewährleistet werden, dass alle Bürger Zugang zur IuK-Infrastruktur erhalten. Dabei müssen als technologische Voraussetzung hohe Übertragungskapazitäten, hochratige Datendienste im Backbone und Local Loop sowie eine positive Nachfrageentwicklung im Mittelpunkt der Innovationspolitik stehen (vgl. Büllingen und Stamm 2001, S. IX; Hasse 1998; Zoche et al. 1994).

#### **6.4.1.2 Mobilkommunikation und M-Commerce**

Die Versorgung der Bevölkerung mit mobiler IuK-Technologie zählt zu den Grundbedürfnissen und fördert zudem die wirtschaftliche Entwicklung. Ihre Erfüllung zu erschwinglichen Preisen dank innovativer Produkte und Dienstleistungen steht im Mittelpunkt des Interesses der Bundesregierung. Europaweit kostet der Aufbau und die Einführung von UMTS über eine halbe Billion €, getragen von wenigen großen Telekommunikationskonzernen, die mit strategischen Allianzen in mehreren Ländern gleichzeitig beteiligt sind. Die hohen Lizenzgebühren, Entwicklungs-, Netzaufbau- und Markteinführungskosten werden jedoch frühestens 2003 mit ersten Umsätzen wieder eingefahren, wobei die Verteilung des Umsatzes

auf die Akteure noch offen ist. Das führt nicht nur zu einem vorsichtigeren Agieren der Telcos selbst, sondern wirkt sich auch negativ auf den Kapitalmarkt aus. Um trotz der enormen Investitionen erfolgreich am Markt agieren zu können, müssen die Anbieter auf Dauer durch Angebote mit einem soliden Kosten-Nutzen-Verhältnis die Kunden zu einer Nutzungsintensivierung und Steigerung der Ausgaben animieren. Dies dürfte sich jedoch als schwierig erweisen, da aus Akzeptanzstudien von E-Commerce bereits bekannt ist, dass noch erhebliche Akzeptanzhemmnisse bei kostenpflichtigen Angeboten und elektronischen Bezahlweisen vorhanden sind. Auch im M-Commerce suchen die Anbieter dringend nach passenden Preis- und Abrechnungsmodellen. Erste Angebote weisen unterkritische Nutzerzahlen auf und leiden unter mangelnden technischen Standards.

Die neuen Frequenzen und somit erweiterte Nutzungsmöglichkeiten für multimedialen Übertragungen steigern die Kapazitäten und können die Innovationsdynamik erhöhen. Durch den Einsatz mobiler Datenkommunikation verändern sich Unternehmen, Arbeitswelt und mithin Regeln der Wirtschaft (Diebold 2001). So kann die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen gesteigert werden, was sich auch auf die Marktstruktur und -zusammensetzung auswirkt. Durch die Vernetzung von Partnern und Mitarbeitern auch über räumliche Distanzen hinweg entstehen virtuelle Unternehmensstrukturen und eine „entgrenzte“ Arbeitswelt. Die durch intangible Güter wie Wissen und Dienstleistungen geprägte „New Economy“ bringt ihre eigenen Marktgesetze hervor, welche in herkömmliche Wirtschaftsprozesse und -strukturen integriert werden müssen. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass das Produktivitätsparadoxon der IuK-Technologien auch für Investitionen in mobile IuK-Infrastruktur gelten kann: trotz der steigenden Investitionen und dem zunehmenden Einsatz der IuK-Technik sowie exponentiell wachsender Rechnerleistungen ist nicht analog die Produktivität gestiegen, die Wettbewerbsfähigkeit verbessert und die Rentabilität erhöht worden (Piller 1998, S. 257). Die Diffusionstheorie beschreibt eine Wirkungsverzögerung zwischen dem Einsatz neuer IuK-Technologien und der Produktivitätssteigerung, die auch im Bereich des M-Commerce zu erwarten ist. Es gilt abzuwarten, bis die neuen Anwendungen auch in organisationelle Strukturen eingebettet sind (Piller 1998). Dazu gehört auch eine Anpassung der Qualifikationen und des Nutzer-Know-hows. Die ebenfalls in der Diffusionstheorie berücksichtigten Netzwerkeffekte können dann eine Integration gegen Ende der Diffusion beschleunigen, was bei herkömmlichen mobilen Anwendungen wie Sprachdienste und SMS der Fall ist, bei multimediabasierten Diensten jedoch noch nicht absehbar ist, da Schlüsselanwendungen noch nicht eindeutig identifiziert werden können (s. o.).

Europa kann den dauerhaften Vorsprung im M-Business (B2B) gegenüber USA und Japan aufrechterhalten, wenn die Technologieführerschaft weiter ausgebaut und kurzfristig eine ausreichende Durchdringung der heimischen Märkte mit mobilen B2B-Applikationen erreicht wird (Diebold 2001).

## 6.4.2 Empfehlungen

Es lässt sich festhalten, dass im Technikfeld der Informations- und Kommunikationstechnologien zwar eine grundsätzliche Akzeptanz der Technik und unterschiedlicher Anwendungen gegeben ist, jedoch eine Nutzungslücke erkennbar ist, da die Nachfrage nicht den (hoch gesteckten) Erwartungen der Anbieter entspricht.

Die Untersuchung der Akzeptanzfaktoren für E-Commerce-Anwendungen im Internet hat gezeigt, dass das Nutzungsdefizit nicht auf eindeutig bestimmbare Faktoren zurückzuführen ist. Vielmehr ist ein Set von verschiedenen Einflussfaktoren relevant, welche auch die Akzeptanz beeinträchtigen können. Eine entscheidende Bedeutung kommt den Aspekten der Datensicherheit und des Datenschutzes zu. Sämtliche der untersuchten Studien verweisen auf eine unzureichende Gewährung bzw. auf ein mangelndes Vertrauen der Nutzer hinsichtlich dieser Aspekte. Es bieten sich eine Reihe von Maßnahmen an, das Vertrauen der Nutzer in die Gewährung von Datenschutz- und -sicherheit seitens der Anbieter zu stärken. Auch für E-Commerce im Geschäftskundenbereich (B2B), dem für die Zukunft die höchste Wachstumsrate zugesprochen wird, ist die Sicherheit der Datenübertragung und -speicherung sowie des Datenschutzes entscheidend für eine breite Nutzung.

Der gesondert untersuchte Bereich der M-Commerce-Nutzung weist Parallelen auf. Auch hier sind Datenschutz und Datensicherheit die wichtigsten Faktoren für eine hohe Akzeptanz. Jedoch kommen technische Aspekte hinzu, die zurzeit eine Nutzungslücke verstärken. So ist die Geschwindigkeit der Datenübertragung noch unzureichend für neue Anwendungsbereiche und der Ausbau der Infrastruktur ist verbesserungsfähig. Die Anbieter sind zurzeit finanziell geschwächt und hinsichtlich der Investitionen in die Entwicklung neuer Anwendungen eingeschränkt.

Der Markt der IuK-Technologien ist zunehmend international orientiert, Leadpositionen basieren jedoch jeweils auf starken Heimmärkten, wie das Beispiel der skandinavischen Mobilfunk-Anbieter zeigt.

Wichtigste Maßnahme zur Förderung einer positiven Entwicklung der Innovationen im Technikfeld Information und Kommunikation ist die Unterstützung der Anbieter bei der Entwicklung lukrativer Anwendungen sowie die Förderung der Angleichung der Internet-Nutzerstruktur an die Bevölkerungsstruktur, damit Digital-Divides vermieden werden. Denn neben einem technologischen Zugang zum Internet bedarf es zur erfolgreichen Nutzung auch einer ausreichenden Medienkompetenz, um die neuen Anwendungen in den Alltag zu integrieren.

## 6.5 Zitierte Literatur

- @facts monthly (1998ff.): Monatliche Umfrage zur Online-Nutzung im Auftrag von SevenOne Interactive, durchgeführt von Forsa
- @facts; MediaDigital; Forsa (2001): Internet-Muffel. Sonderauswertung @facts 2001
- Asdonk, J.; Bredeweg, U.; Kowol, U. (1991): Innovation als rekursiver Prozess. Zur Theorie und Empirie der Technikgenese am Beispiel der Produktionstechnik. In: Zeitschrift für Soziologie 4/91, S. 290-304
- Babcock, T.; Bush, M.; Lan, Z. (1995): Executive Use of Information Technology in the Public Sector. An empirical examination. In: Journal of Government Information, Nr. 22, S. 119-130
- Barthel, J.; Fuchs, G.; Renz, C. et al. (2000): Electronic Commerce - Herausforderungen und Chancen für Baden-Württemberg. Workshopdokumentation. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- Bauer, H. H.; Fischer, M.; Sauer, N. E. (1999): Wahrnehmung und Akzeptanz des Internet als Einkaufsstätte: Theorie und empirische Befunde. Mannheim: Institut für Markt-orientierte Unternehmensführung, Universität Mannheim, 43 S.
- Bitkom (2001). Wege in die Informationsgesellschaft - Status quo und Perspektiven Deutschlands im internationalen Vergleich - Edition 2001. Berlin und Frankfurt: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien
- Böhm, W.; Wehner, J. (1990): Der symbolische Gehalt einer Technologie: Zur soziokulturellen Rahmung des Computers. In: Computerwelten - Alltagswelten: Wie verändert der Computer die soziale Wirklichkeit? Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 105-129
- Bülligen, F.; Stamm, P. (2001): Entwicklungstrends im Telekommunikationssektor bis 2010. Bad Honnef: WIK Wissenschaftliches Institut für Kommunikationsdienste
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technik (BMWi) (2001): Wettbewerbspolitik für den Cyberspace. Hgg. vom Wissenschaftlichen Beirat
- Cheung, W.; Chang, M. K.; Lai, V. S. (2000): Prediction of Internet and World Wide Web usage at work: a test of an extended Triandis model. In: Decision Support Systems, Nr. 30, S. 83-100
- Chuan-Chuan Lin, J.; Lu, H. (2000): Towards an understanding of the behavioural intention to use a web site. In: International Journal of Information Management, Nr. 20, S. 197-208
- Cuilenburg, J. v.; Slaa, P. (1995): Competition and innovation in telecommunications. An empirical analysis of innovative telecommunications in the public interest. In: Telecommunications Policies, Nr. 19, S. 647-663
- Culpan, O. (1995): Attitudes of end-users towards information technology in manufacturing and service industries. In: Information & Management, Nr. 28, S. 167-176
- Dahm, H.; Rössler, P.; Schenk, M. (1998): Vom Zuschauer zum Anwender: Akzeptanz und Folgen digitaler Fernsehdienste. Münster: Lit
- Dierkes, M.; Hoffmann, U.; Marz, L. (1992): Leitbild und Technik: Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen Berlin: Edition Sigma

- Dierkes, M.; Marz, L. (1991): Technikakzeptanz, Technikfolgen und Technikgenese: Zur Weiterentwicklung konzeptioneller Grundlagen der sozialwissenschaftlichen Technikforschung. In: Jaufmann, D.; Kistler, E. (Hrsg.): Einstellungen zum technischen Fortschritt: Technikakzeptanz im nationalen und internationalen Vergleich. Frankfurt am Main und New York: Campus, S. 157-187
- Downland, P. S.; Furnell, S. M.; Illingworth, H. M. et al. (1999): Computer Crime and Abuse: A Survey of Public Attitudes and Awareness. In: Computers and Security, Nr. 18, S. 715-726
- EITO (2001): European Information Technology Observatory 2001. Frankfurt am Main: Eurobit
- Empirica (2002): Stand und Entwicklungsperspektiven des elektronischen Geschäftsverkehrs in Deutschland, Europa und den USA unter besonderer Berücksichtigung der Nutzung in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in 1999 und 2001.: im Auftrag des BMBF
- Farhoomand, A. F.; Tuunainen, V. K.; Yee, L. W. (2000): Barriers to Global Electronic Commerce: A Cross-Country Study of Hong Kong and Finland. In: Journal of Organizational Computing & Electronic Commerce, Nr. 10, S. 23-48
- Floeting, H. (2000): Electronic Commerce - Handlungserfordernisse in den Kommunen. In: Electronic Commerce: Herausforderungen und Chancen für Baden-Württemberg. Workshopdokumentation. Stuttgart, S. 41-52
- Friedewald, M.; Georgieff, P.; Joepgen, M. et al. (2002): ASP-Angebote für Produktionsunternehmen: Eine Herausforderung für die Anbieter. In: FB/IE – Zeitschrift für Unternehmensentwicklung und Industrial Engineering, 51. Jg.
- Gallup (2001): Flasheurobarometre 100. Ergebnisse und Kommentare, April-Mai 2001
- Grajczyk, A.; Mende, A. (2001): Nichtnutzung von Online: Internet für den Alltag (noch) nicht wichtig. In: Media Perspektiven 8/2001, S. 398-409
- Günther, O.; Tamm, G.; Hansen, L. et al. (2001): Application Service Providers: Angebot, Nachfrage und langfristige Perspektiven. In: Wirtschaftsinformatik, Nr. 43, S. 555-567
- Hagen, M. (2001): Ein Referenzmodell für Online-Transaktionssysteme im Electronic Government. München und Mering: Rainer Hampp Verlag
- Harnischfeger, M.; Kolo, C.; Zoche, P. (1998): Mediennutzung der Zukunft im privaten Sektor: Expertenurfrage des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung im Auftrag des Medienpädagogischen Forschungsverbundes Südwest. Karlsruhe: Fraunhofer ISI
- Harnischfeger, M.; Kolo, C.; Zoche, P. (1999): Visionen zur Mediennutzung im privaten Sektor – Potentiale und Hemmschwellen. In: Szyperski, N. (Hrsg.): Perspektiven der Medienwirtschaft. Kompetenz – Akzeptanz – Geschäftsfelder. Lohmar, Köln: Eul, S. 251-266
- Hasebrink, U. (2001): Zur Zukunft der Mediennutzung. Muster der Integration alter und neuer Medien. In: Kommunikationskulturen zwischen Kontinuität und Wandel: Universelle Netzwerke für die Zivilgesellschaft, hgg. v. Maier-Rabler, U./Latzer, M., Konstanz: UVK-Verl.-Ges., S. 333-346

- Hasse, M. (1998): Know-how ohne Know why: Das Internet als virtuelles Akzeptanzobjekt. In: Annahme verweigert: Beiträge zur soziologischen Akzeptanzforschung. Opladen: Leske + Budrich, S. 187-213
- Heise Newsticker (2001): diverse Nachrichten; <http://www.heise.de/newsticker>
- Infratest Burke (2001). Monitoring Informationswirtschaft. Band 1: Zweiter Kernbericht. München: Infratest Burke GmbH & Co.
- Internet Policy Institute (Hrsg.) (2001): Report of the National Workshop on Internet Voting: Issues and Research Agenda. Washington, DC
- Kimpeler, S. (2002): Kritische Diskursanalyse der Medienberichterstattung am Beispiel des Ethnizismus. In: Scholl, A. (Hg.): Systemtheorie und Konstruktivismus in der Kommunikationswissenschaft, Konstanz: UVK, S. 197-214
- Klein, S.; Szyperski, N. (o.J.): Referenzmodell zum Electronic Commerce. [www.wi.uni-muenster.de/wi/literatur/refmod/rm-ecinf.html](http://www.wi.uni-muenster.de/wi/literatur/refmod/rm-ecinf.html)
- Kollmann, T. (1999): Akzeptanzprobleme neuer Technologien - Die Notwendigkeit eines dynamischen Untersuchungsansatzes. In: Bliemel, F.; Fassott, G. et al. (Hrsg.): Electronic Commerce: Herausforderungen, Anwendungen, Perspektiven. Wiesbaden: Gabler, S. 27-45
- Kollmann, T. (2000): Die Messung der Akzeptanz bei Telekommunikationssystemen. In: Journal für Betriebswirtschaft, 6. Jg., S. 68-78
- Kollmann, T. (2001): Measuring the Acceptance of Electronic Marketplaces: A Study on a Used-car Trading Site. In: Journal of Computer Mediated Communication, Nr. 6
- Kolo, C.; Friedewald, M. (1999): What Users Expect from Future Terminal Devices: Empirical Results from an Expert Survey. In: User Interfaces for All: Proceedings of the 5th ERCIM Workshop, Dagstuhl, November 28th -- December 1st 1999. Dagstuhl: GMD -- Forschungszentrum Informationstechnik, S. 13-21
- Kubicek, H.; Braczyk, H.-J.; Klumpp, D. et al. (Hrsg.) (1999): Multimedia@Verwaltung: Marktnähe und Bürgerorientierung mit elektronischen Dienstleistungen. Heidelberg: Hüthig (Jahrbuch Telekommunikation und Gesellschaft, 1999)
- Kuhlen, R. (1999): Die Konsequenzen der Informationsassistenten. Was bedeutet informationelle Autonomie oder wie kann Vertrauen in elektronische Dienste in offenen Informationsmärkten gesichert werden? Frankfurt a.M.: Suhrkamp-Verlag
- Leibold, K.; Stroborn, K. (2001): The Customers' Acceptance of Internet Payment Systems in Germany - An Empirical Analysis. In: Dholakia, R. R.; Kolbe, L. et al. (Hrsg.): COTIM 2001 Proceedings: From E-Commerce to M-Commerce. Kingston, RI: RITIM, University of Rhode Island
- Lenz, B. (2000): Einkaufen via Netz - Wer wird Kunde auf dem virtuellen Marktplatz? In: Electronic Commerce: Herausforderungen und Chancen für Baden-Württemberg. Workshopdokumentation. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, S. 33-40
- Liang, T.-P.; Huang, J.-S. (1998): An empirical study on consumer acceptance of products in electronic markets: a transaction cost model. In: Decision Support Systems, 24. Jg., S. 29-43
- Little, A. D. (2000): Business-to-Business E-Commerce-Studie. Marketing und Vertrieb im Zeichen des Internet. Düsseldorf: VDI Nachrichten

- Luczak, H. (1992): Arbeitswissenschaft. Berlin und Heidelberg: Springer
- Misch, A.; Moysich, K. (ca. 1999): Untersuchung des Einflusses aufkommender Netzunsicherheiten auf die Akzeptanz neuer Mediendienste. Dortmund: Fachgebiet Informatik und Gesellschaft, Universität Dortmund
- MobiCom, European Mobile Commerce Survey (2001): Evolution Scenarios for Emerging M-Commerce Services: New Policy, Market Dynamics, Methods of Work and Business Models, Athen
- Nielsen, J. (1993): Usability engineering. Boston: Academic Press
- OECD (1997). Cryptography Policy: The Guidelines and the Issues (The OECD Cryptography Guidelines and the Report on Background and Issues of Cryptography Policy). Report OCDE/GD(97)204. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development
- OECD (2001): Information and Communication Outlook. Paris
- Padovan, B. (2000): Potentiale, Hürden und Entwicklung des Electronic Commerce. In: Electronic Commerce - Herausforderungen und Chancen für Baden-Württemberg. Workshopdokumentation. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, S. 9-16
- Pelzel, R. (2001): Deregulierte Kommunikationsmärkte: Internationalisierungstendenzen, Newcomer-Dynamik, Mobilfunk- und Internetdienste. Heidelberg: Physica Verlag
- Perillieux, R.; Bernnat, R.; Bauer, M. (2000): Digitale Spaltung in Deutschland: Ausgangssituation, Internationaler Vergleich, Handlungsempfehlungen. Booz Allen Hamilton
- Pett, S. (o.J.): Das positive Bild der Technik. [www.kommwiss.fu-berlin.de/~wissjour/ab/german/pdf/pett\\_fobe.pdf](http://www.kommwiss.fu-berlin.de/~wissjour/ab/german/pdf/pett_fobe.pdf) (30.01.2002)
- Riehm, U.; Orwat, C. (2001): E-Commerce-Politik: Warum, was, wie, wann und wer?, TA-Datenbank-Nachrichten 4/2001, S. 3-10
- Rogers, E. M. (1983): Diffusion of Innovation. A Cross-Cultural Approach, 3. Auflage, New York
- Schenk, M.; Dahm, H.; Sonje, D. (1996): Innovationen im Kommunikationssystem: Eine empirische Studie zur Diffusion von Datenfernübertragung und Mobilfunk. Münster
- Schenk, M.; Wolf, M. (2000): Nutzung und Akzeptanz von E-Commerce: E-Commerce und die Bürger. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- Schenk, M.; Wolf, M. (2001): Nutzung und Akzeptanz von E-Commerce. Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg Nr. 209, November 2001
- Scherer, H.; Berens, H. (1998): Kommunikative Innovatoren oder introvertierte Technikfans? Die Nutzer von Online-Medien diffusions- und nutzentheoretisch betrachtet. In: Online-Medien als Quellen politischer Information: Empirische Untersuchungen zur Nutzung von Internet und Online-Diensten. Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 54-93
- Scholl, W.; Prasse, D. (2001): Schulen ans Netz – Probleme und Lösungsmöglichkeiten. Ergebnisse einer organisationsbezogenen Evaluation der Initiative „Schulen ans Netz“ (SaN). Nr. 2001

- Schoser, C. (2001): Der Zusammenhang zwischen Innovationstätigkeit und Technikakzeptanz in Deutschland und Frankreich. Osnabrück: Der Andere Verlag
- Swoboda, B. (1996): Akzeptanzmessung bei modernen Informations- und Kommunikationstechnologien. Theoretische und empirische Ergebnisse am Beispiel multimedialer Kundeninformationssysteme. St. Gallen
- Thomas, G.; Wyatt, S. (1999): Shaping Cyberspace: Interpreting and transforming the Internet. In: Research Policy, 28. Jg., S. 681-698
- Troll, L. (2000): Sättigungstendenzen in einer veränderten Bürolandschaft. In: IAB-Kurzbericht, Nr. 17/2000
- von Eimeren, B.; Gerhard, H.; Frees, B. (2001): ARD/ZDF-Online-Studie 2001: Internetnutzung stark zweckgebunden. In: Media Perspektiven 8/2001, S. 382-397
- Weidig, I.; Hofer, P.; Wolff, H. (1999): Arbeitslandschaft 2010 nach Tätigkeiten und Tätigkeitsniveau. Nürnberg: Bundesanstalt für Arbeit (Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung)
- Zerdick, A.; Picot, A.; Schrape, K. et al. (1999): Die Internet-Ökonomie: Strategien für die digitale Wirtschaft. Berlin und Heidelberg: Springer
- Zoche, P.; Kimpeler, S.; Joepgen, M. (2002): Virtuelle Mobilität: Ein Phänomen mit physischen Konsequenzen? Zur Wirkung der Nutzung von Chat, Online-Banking und Online-Reiseangeboten auf das physische Mobilitätsverhalten Berlin und Heidelberg: Springer
- Zoche, P.; König, R.; Harmsen, D.-M. et al. (1994): Nachfrageorientierte Technikgestaltung: Plädoyer für einen Perspektivwechsel bei der Entwicklung und Gestaltung von Informations- und Kommunikationstechniken. In: Jahrbuch Arbeit und Technik 1994. Bonn: Dietz, S. 265-275



## 7. Analyse des Technologiefeldes „Neue Verkehrstechnologien“

### 7.1 Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung

Das Verkehrsaufkommen in Deutschland steigt jährlich. Zukunftsstudien prognostizieren für die nächsten Jahre eine weitere Steigerung des Beförderungsbedarfs (BMVBW 2001). Das politische Kernziel ist daher, die negativen Auswirkungen des Verkehrs insgesamt einzudämmen. Dazu gehört, den Raumbedarf des fließenden und stehenden Verkehrs nicht weiter steigen zu lassen, den Energieverbrauch und die Umweltschäden zu reduzieren sowie die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Der Trend zeigt jedoch, dass eine Reduktion des privaten Autoverkehrs nicht in Sicht ist (Canzler und Knie 2000, S. 29). Auch die Umkehr der Dynamik der Verkehrsmittelwahl, die so genannte Verkehrswende ist bisher noch nicht umfassend realisiert worden. In den meisten Fällen findet lediglich eine Verlagerung innerhalb des Verkehrsverbundes statt.

Eine mögliche Lösung für die genannten Probleme besteht im Einsatz neuer Verkehrsmanagementsysteme. Diese bauen auf innovative und effizientere Nutzungen der Verkehrsmittel und eine Verknüpfung des Verkehrssystems mit Technologien aus den Bereichen *Telekommunikation* und *Informatik* zur Verkehrstelematik<sup>33</sup> auf. Die Zielführung kann dabei als Kern des umfassenden Verkehrsmanagementsystems gesehen werden. Verkehrstelematische Anwendungen reichen von der angebotsseitigen Bereitstellung von Informationen oder Erweiterungen des Verkehrsangebots durch neue, insbesondere verkehrsträgerübergreifende Mobilitätsdienstleistungen bis zu nachfragesteuernden Empfehlungen, Lenkungsinstrumenten über Gebühren oder Ge- und Verbote (Fleischer und Halbritter 2000). Diese Verkehrsleitsysteme, Logistikkonzepte und innovativen Abrechnungssysteme werden als besonders wichtig für eine erfolgreiche weitere wirtschaftliche Entwicklung angesehen<sup>34</sup>.

---

<sup>33</sup> Genauer wird als Verkehrstelematik „die Verarbeitung streckenseitig erfasster Verkehrsdaten zu Verkehrsinformation und Verkehrsbeeinflussung durch Verteilung von Verkehrsinformation mittels (Zweiwege)Kommunikation an die einzelnen Verkehrsteilnehmer“ (Zechall 2001) verstanden.

<sup>34</sup> Schätzungen gehen von einer möglichen Verfünffachung der Kapazität aus (Bock 1998, S. 53).

Verkehrstechnische Konzepte sind somit auf die Funktionen der Datenerfassung, -verarbeitung und -übertragung sowie der Optimierung und der Kommunikation konzentriert. Die erforderlichen technischen Komponenten für eine individuelle dynamische Verkehrsinformation und Verkehrsleitung werden entwickelt, um verkehrstechnische Strategien zur Führung einzelner Fahrzeuge in bestimmten Verkehrssituationen (insbesondere Abstands- und Geschwindigkeitsbeeinflussung) umzusetzen (Zackor et al. 1999, S. 7).

Sind die technologischen Voraussetzungen weitestgehend erfüllt, gilt es, mögliche Akzeptanzbarrieren für den Einsatz verkehrstelematischer Systeme seitens der Anwender und politischen Akteure zu überwinden. Hierzu wird für die unterschiedlichen Anwendungen und Konzepte im Rahmen von Pilotprojekten die Akzeptanz gemessen und ausgewertet, um so relevante Faktoren zu identifizieren, die eine breite Nutzung begünstigen.

Mobilität bezeichnet die Möglichkeit der Bewegung im Raum (Zoche et al. 2002). Die Entwicklungen innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und ihre Nutzung im Alltag tragen jedoch über ihre Funktion in Verkehrstelematiksystemen hinaus auch noch auf andere Weise wesentlich zu Veränderungen des Mobilitätsgeschehens in unserer Gesellschaft bei. Die Ausdehnung der Mobilitätsräume mit Hilfe von IKT und die einhergehende Zunahme des Verkehrs bedarf der politischen Rahmensetzung, um eine nachhaltige Entwicklung von Verkehr und Mobilität zu sichern.

Bei IKT-unterstützten Verkehrs- und Mobilitätsformen wird zwischen physischen Bewegungsarten in konkreten Räumen und virtuellen Arten der Mobilität unterschieden. Insbesondere das Internet oder Mobilfunk lassen die Möglichkeit zu, Aktivitäten wie z. B. Banküberweisungen oder Einkaufen elektronisch als E-Banking, E-Commerce oder Teleshopping abzuwickeln und dabei Wege zur Bank bzw. in das Geschäft zu sparen. Die hieran geknüpfte Frage nach einer möglichen Substitution physischen Verkehrs durch virtuelle Mobilität ist nicht eindeutig und auf allgemeiner Ebene zu beantworten. Vielmehr gilt es hier zu differenzieren, welche physischen Aktivitäten künftig virtuell ausgeführt werden und welche Aktivitäten physischer Mobilität zusätzlich möglich werden. So bestehen Hinweise auf einen Anstieg des Freizeitverkehrs durch die Nutzung zusätzlicher Freiräume sowie die Zunahmen von Reisen zur Vertiefung von Online-Kontakten (Zoche et al. 2002). Auf der anderen Seite werden Aktivitäten wie Bankbesuche oder tägliche Einkäufe in der Regel an andere Wege (z. B. zur Arbeitsstelle) gekoppelt, so dass durch den Wegfall der Bankbesuche nicht zusätzliche Kilometer eingespart werden sondern lediglich eine Zeitersparnis eintritt.<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> Zu den unterschiedlichen Effekten virtueller Mobilität siehe ausführlich Zoche et al. 2002.

Physische Bewegungsformen werden demnach durch IKT um virtuelle Arten der Mobilität ergänzt. Die gesellschaftliche Mobilität im Sinne einer Erweiterung des Mobilitätsraumes nimmt insgesamt zu und die Nutzung von IKT kann dabei je nach Situation induzierend, aber auch substituierend auf den Verkehr wirken. „Virtuelle Mobilität generiert physische Mobilität, physische Mobilität erzeugt virtuelle Mobilität“ (Huber 2001, S. 119). Der hiermit einhergehende, absehbare Wandel des Mobilitätsgeschehens ist vielfältig und der Forschungsbedarf zur Abschätzung der verkehrlichen Wirkung hoch (Zoche et al. 2002, S. 225, 236).

## 7.2 Charakterisierung des Technologiefeldes

### 7.2.1 Verkehrstelematische Anwendungen

In dieser Untersuchung werden diejenigen Anwendungsfelder neuer Informations- und Kommunikationstechnologien für den Verkehr analysiert, die als Ziel eine direkte Beeinflussung der Verkehrsnachfrage des (privaten) Endnutzers haben. Dazu gehören kollektive konventionelle Systeme, Reiseinformation und Zielführung, Fahrzeugsteuerung bzw. Beeinflussung des Bewegungsablaufs und modale, zeitliche und räumliche Beeinflussung der Verkehrsnachfrage (Zackor et al. 1999, S. 8f; Tab. 7.1).

Tabelle 7.1: Anwendungsarten von IKT und mögliche Maßnahmen

Anwendung	Maßnahme
Kollektive konventionelle Systeme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung</li> <li>• Beeinflussung mit Wechselverkehrszeichen</li> <li>• Verkehrsfunk</li> </ul>
Reiseinformation und Zielführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsinformation (Pre- und On-Trip)</li> <li>• Dynamische Zielführung</li> </ul>
Fahrzeugsteuerung, Beeinflussung des Bewegungsablaufs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstands- und Geschwindigkeitssteuerung</li> <li>• Überwachung der Fahrzeugdynamik</li> <li>• Abbiege- und Spurwechselassistentz</li> </ul>
Modale, zeitliche und räumliche Beeinflussung der Verkehrsnachfrage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verknüpfung mit dem Güterverkehr</li> <li>• Automatische Gebührenerhebung, Road Pricing</li> </ul>

Quelle: Zackor et al.1999, S. 8f.

Verkehrstelematische Maßnahmen zur Realisierung der aktuellen verkehrsplanerischen Ziele bestehen zum einen in der effizienteren Verknüpfung der Verkehrsträger, insbesondere von PKW und Öffentlichem Verkehr (ÖV), z. B. durch Informationssysteme. Es können hier die autonome (ohne Berücksichtigung der aktuellen Verkehrszustände), die unidirektionale (mit Berücksichtigung der aktuellen Verkehrszustände) und die bidirektionale (erlaubt die aktive Abfrage von Verkehrszuständen) Kommunikation unterschieden werden. Die Informationssysteme dienen der verkehrsmittelübergreifenden Lenkung von Verkehrsströmen in Abhängigkeit von der Verkehrs- und Schadstoffbelastung auf den Zufahrtsstraßen sowie der Auslastung der „Park & Ride“-Anlagen (P+R) und des öffentlichen Personen-Nahverkehrs (ÖPNV). Dies kann durch eine Pre-trip- (vor Antritt der Fahrt eingeholte) oder On-trip- (während der Fahrt eingeholte) Information von PKW-Fahrern z. B. über Zustand und Erreichbarkeit von Terminals und Anschlüssen erfolgen. Als telematische Einrichtungen sind kollektive Verkehrsbeeinflussungsanlagen (z. B. Wechselverkehrsanzeigen) oder individuelle Leit- und Informationssysteme im Einsatz, die z. T. über Handy (SMS) oder Personal Digital Assistant (PDA) als Ausgabegeräte, ggf. mit Sprachunterstützung Informationen liefern.

Eine kollektive Beeinflussung der Zeit- und Routenwahl kann durch digitalen Verkehrsfunk (RDS/TMC<sup>36</sup>) mit Meldungen über Verkehrs-, Witterungs- und Straßenzustand erfolgen.

Im Bereich des privaten PKW-Verkehrs dienen kollektive und individuelle Informations-, Zielführungs- und Routenplanungssysteme<sup>37</sup> der Komforterrhöhung, Zeit- und Kraftstoffeinsparung sowie der effizienteren Nutzung der Straßeninfrastruktur. Individuelle Zielführungen können statisch oder dynamisch<sup>38</sup> durch eine digitale Karte, über Bordrechner oder über Fahrzeugbewegungssensoren mit oder ohne GPS<sup>39</sup>-Ortung stattfinden (Zackor und Keller 1999). Auch hier kann ggf. eine Sprachunterstützung erfolgen.

---

<sup>36</sup> Im RDS (Radio Delta Service) wird ein spezieller Kanal, der sog. Traffic Message Channel (TMC) für Verkehrsnachrichten reserviert, wodurch die Meldungen nicht mehr über relativ viele manuelle Zwischenschritte weitergeleitet werden müssen. Die vom Radiogerät empfangenen Meldungen werden von einem Zusatzgerät decodiert und ausgegeben (Bock 1998, 64). Kodierte RDS/TMC Verkehrswarndienste werden über UKW Rundfunk seit 1997 von mehreren Sendeanstalten gesendet und in verschiedenen Feldversuchen getestet. Die Tests ergaben eine um 1530 Minuten frühere Störungserfassung bei automatisierter gegenüber konventioneller Erfassung (Deutscher Bundestag 1998, S. 97).

<sup>37</sup> Die Qualität der dynamischen Erfassung der Verkehrsdaten kann gegenüber den konventionellen baken- oder induktionsschleifengestützten Systemen durch FCD (Floating Car Data), d. h. die Übermittlung von Position und Reisegeschwindigkeit durch bestimmte Fahrzeuge deutlich verbessert werden (Bock 1998, S. 71f).

<sup>38</sup> „dynamisch“ bedeutet, dass auf die aktuelle Verkehrssituation Bezug genommen wird.

<sup>39</sup> Zur genauen Positionsbestimmung kann das GPS (Global Positioning System) verwendet werden.

Im ÖV können über elektronische Medien Fahrplaninformationen gegeben oder es kann über zeitliche Abweichungen vom Fahrplan zwischen den unterschiedlichen Verkehrssystemen (U/S-Bahn, Bus oder Straßenbahn) informiert<sup>40</sup> werden. Letzteres soll den möglichst störungsfreien Übergang zwischen den Verkehrsmitteln gewährleisten bzw. die Verkehrsteilnehmer frühzeitig über Abweichungen unterrichten. Zur Komforterrhöhung im ÖV durch telematische Einrichtungen können zudem beispielsweise kontaktlose, automatische Chipkarten beitragen.

Zur Realisierung der Maßnahmen stehen kurzfristig im Wesentlichen folgende Techniken zur Verfügung:

Tabelle 7.2: Funktionsbereiche und technische Lösungen verkehrstelematischer Maßnahmen

<b>Funktionsbereich</b>	<b>Technisches Teilsystem/Verfahren</b>
Erfassung von Verkehrs- und Umfelddaten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Messstellen</li> <li>• Mobile (fahrzeugseitige) Messeinrichtungen</li> </ul>
Positionsbestimmung (Ortung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satellitengestützte Ortung</li> <li>• Fahrzeugseitige Bewegungssensoren</li> <li>• Digitale Straßenkarte</li> <li>• Bakenstützung</li> <li>• Bordrechner für logische Ortung</li> </ul>
Zentrale Informationsverarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regionale und städtische Verkehrsleitzentralen</li> <li>• Zentralen für besondere Dienste (öffentlicher Verkehr, Güterverkehr, Rettungsdienste, Verkehrsfunk, Mobilitätsinformationsdienste)</li> </ul>
Informationsausgabe zum Verkehrsteilnehmer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechselverkehrszeichen</li> <li>• Verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung</li> <li>• Öffentliche Terminals (Infothek)</li> <li>• Private Terminals (mobil/stationär)</li> <li>• Fahrzeugendgeräte (Bordrechner, Eingabe-/Ausgabegeräte)</li> </ul>
Kommunikation, Datenübertragung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festnetz (leitungsgebunden),</li> <li>• Funk (terrestrisch): RDS, DAB, DSRC (Infrarot, Mikrowelle), GSM</li> <li>• Satellitenkommunikation</li> </ul>

Quelle: Zackor et al. 1999, S. 9

<sup>40</sup> Informationssysteme für den ÖV lassen sich unterscheiden nach Einrichtungen vor Ort (Haltestellen, Fahrzeuge) und Einrichtungen, die über PC oder PTA Informationen (z. B. elektronische Fahrplanauskunft EVA) liefern (Bock 1998, S. 73).

Durch eine IKT-Integration in die Organisation eines individualbasierten, ökologisch orientierten Mobilitätsmanagements kann die Mobilität durch neue Verkehrskonzepte für die Allgemeinheit verträglicher und für das Individuum effizienter abgewickelt werden.

Beispielsweise lässt sich Car-Sharing so modifizieren, dass das vom Hauptnutzer genutzte Fahrzeug temporär weitervermietet werden kann. Die durch den Hauptnutzer freigegebenen Zeiten werden z. B. über Internet weitervermittelt, in der Zentrale automatisch erfasst und gutgeschrieben. Das freie Fahrzeug kann während dieser Zeit durch einen anderen Kunden verwendet werden. Dadurch kann das Fahrzeug effizienter genutzt und ein (monetärer) Anreiz geschaffen werden, das Mobilitätsverhalten häufiger zu überdenken und alternative Verkehrsmittel zu verwenden.

Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit können Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsdifferenzen durch situationsabhängige, dynamisch-kollektive Verkehrsbeeinflussung, Stauwarnung, Geschwindigkeitsdrosselung sowie Wechselverkehrszeichen verringert werden. Automatische Abstandssysteme (Adaptive Cruise Control Systems) sorgen dafür, dass Sicherheitsabstände automatisch eingehalten werden.

Um eine marktkonforme Nutzung der knappen Straßeninfrastruktur nach dem Verursacherprinzip zu gewährleisten, kann eine fahrleistungsabhängige, räumlich und zeitlich differenzierte Nutzungsgebühr (Road Pricing<sup>41</sup>) erhoben werden. Dies erfolgt durch automatische Abbuchungsstellen, wofür eine Onboard-Unit notwendig ist, die auf „Anweisung“ der Abbuchungsstelle von einer „Mobilitätskarte“ den entsprechenden Betrag abbucht.

Da die Akzeptanz und Nachfrage der Endnutzer im vorliegenden Bericht im Vordergrund steht, werden hier Telematikanwendungen im Bereich der Luftfahrt, des Schienenverkehrs sowie des Straßengüterverkehrs nicht näher betrachtet. Im Bereich der Verkehrslogistik können erhebliche Effizienzverbesserungen auf Grund des Einsatzes neuer Technologien erwartet werden<sup>42</sup>, hier unterliegt die Nachfrage stärker einem Kosten-Nutzen-Kalkül (Schad und Kämpf 2001). Wichtigste Voraussetzung für die flächendeckende Verbreitung und Marktdurchdringung von Logistikmanagement-Systemen ist die Normung der Geräte und Schnittstellen und die Durchsetzung internationaler Standards zum Datenaustausch. Systeme, die einen quantifizierbaren Nutzen bieten, finden eher Akzeptanz und zügige Verbreitung.

---

<sup>41</sup> vgl. im Zusammenhang mit anderen preispolitischen Maßnahmen (Kuhfeld et al. 2000, in TA Datenbank Nachrichten).

<sup>42</sup> <http://www.socratec.de>

### **7.2.1.1 Auswirkungen des Einsatzes von Telematiksystemen auf den Verkehr**

Bei der Untersuchung der Wirkungen dieser Telematiksysteme ist zu unterscheiden zwischen der kurzfristigen, möglichen Substitution von physischem Verkehr durch *Telekommunikation* und der direkten Beeinflussung der Beförderungsprozesse durch *Telematikanwendungen* im Verkehr sowie indirekter, langfristiger verkehrlicher Wirkungen auf Grund telematikinduzierter Veränderung der Standortgunst (vgl. Kühne et al. 1999, S. 2; Zoche et al. 2002).

In einer Studie zu den Auswirkungen von telematischer Beeinflussung verkehrsinfrastruktureller Kapazitäten auf die volkswirtschaftliche Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) sind die BVWP-relevanten Telekommunikations- und Telematiksysteme hinsichtlich ihrer Wirkung und der betroffenen Verkehrsart untersucht worden (Kühne et al. 1999, S. 31ff). Dabei hat sich gezeigt, dass unabhängig von der Art des Einsatzes bzw. des Fahrtzwecks überwiegend Auswirkungen auf den Fernverkehr zu erwarten sind. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Zoche et al. (2002) und Zumkeller (2001). Anwendungen wie Telearbeit, Videokonferenzen, Teleshopping, E-Banking, E-Mail etc. wirken sich auf das Fahrtenaufkommen im Fernverkehr aus. Ein Substitution des eigentlichen Weges kann jedoch eine Zunahme des Gesamtverkehrs zur Folge haben, sei es durch zusätzlich induzierten Lieferverkehr oder durch eine Zunahme von Fernverkehr auf Grund verstärkt globaler Netzwerke in Beruf und Freizeit.

Unterschiedliche Wirkungen von Telekommunikation und Telematik haben somit Veränderungen der räumlichen und zeitlichen Verkehrsnachfrage (Fahrleistung, Streckenbelastung) und des Verkehrsablaufs (Geschwindigkeiten, Emissionsverhalten, Unfallraten) zur Folge.

### **7.2.2 Vorausschau der Mobilitätsbeeinflussung durch IKT-Innovationen**

In der Delphi-Studie (Cuhls et al. 1998) zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik, in der das Fraunhofer ISI im Auftrag des BMBF Experten mit insgesamt 1.070 Thesen zu Entwicklungen in unterschiedlichen Technikfeldern konfrontiert hat, wurden für den Bereich Mobilität und Transport anhand von 107 Thesen generelle Zukunftseinschätzungen erarbeitet. So erwarten die befragten Experten, dass die Menschen immer mobiler werden, und immer mehr Waren in alle Welt transportiert werden. Um zu starke Umweltbelastungen und den so genannten „Verkehrskollaps“ in stark frequentierten Gegenden zu vermeiden, wird bereits jetzt eine Vielzahl von Lösungen zur Mobilität und zum Transport angeboten. Diese reichen von technischen (Verkehrsléitsysteme, sparsame Kraftfahrzeuge) über organisatorische Lösungen wie Mobilitätskonten oder Sharing-Systeme bis hin

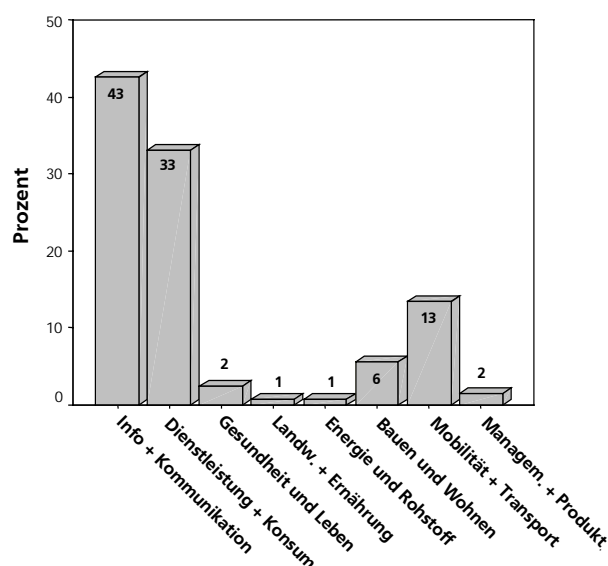
zur Verkehrsvermeidung (z. B. Telearbeit) und zu neuen Konzepten des öffentlichen Nahverkehrs. Möglich sind sie fast alle. Ob sie aber durchgesetzt werden können, hängt von der Anpassung der regulativen Rahmenbedingungen ab. Dafür sind politische Zukunftsentscheidungen gefragt.

In einem qualitativen Bewertungsverfahren wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung jene Delphi-Thesen herausgesucht, mit denen IuK-technische Innovationen verbunden sind, die das Mobilitätsverhalten privater Haushalte im Hinblick auf virtuelle Mobilität beeinflussen könnten. Bei insgesamt 127 Thesen aus acht von zwölf Themengebieten der Delphi-Studie ist dieser Bezug gegeben. Die Verteilung der Thesen nach Themengebieten dokumentiert Abbildung 7.1:

Abbildung 7.1: Mobilitätsbezogene IuK-Innovationen (Thesen) nach Delphi'98-Themenfeldern

#### Thesen nach Delphi'98-Themenfelder

	Anzahl der Thesen	Prozent
Information und Kommunikation	54	42,5
Dienstleistung und Konsum	42	33,1
Gesundheit und Lebensprozesse	3	2,4
Landwirtschaft und Ernährung	1	0,8
Energie und Rohstoffe	1	0,8
Bauen und Wohnen	7	5,5
Mobilität und Transport	17	13,4
Management und Produktion	2	1,6



Die wesentlichen mobilitätsverändernden Innovationen gehen von den Themenfeldern „Information und Kommunikation“ bzw. „Dienstleistung und Konsum“ aus, aber auch im Themenfeld „Mobilität und Transport“ finden sich erwartungsgemäß noch viele IuK-basierte Anwendungen, die Mobilitätslösungen privater Haushalte modernisieren. Bezogen auf die gesamte Delphi-Studie kann festgehalten werden, dass 12 % aller Thesen diesen Bezug zum Mobilitätsverhalten aufweisen – dieses Ergebnis illustriert doch recht deutlich, welch hohes Veränderungspotenzial sich insbesondere im Bereich der virtuellen Mobilität in den nächsten Jahren verwirklichen könnte.

#### 7.2.2.1 Typisierung unterschiedlicher Mobilitätsfelder

Um Effekte der virtuelle Mobilität erzeugenden neuen IuK-Systeme und -Anwendungen auf die physische Mobilität abschätzen zu können, wurden an die Delphi-Thesen drei unterschiedliche Selektionskriterien angelegt:



- IuK-Systeme eröffnen zum einen neue *virtuelle Bewegungsfelder*, die den privaten Haushalten neue Anwendungsgebiete erschließen oder bestehende Nutzungsbereiche erweitern bzw. ergänzen. Für deren Effekte auf die Mobilität ist das Augenmerk darauf zu richten, inwieweit die neuen virtuellen Bewegungsfelder Mobilität beeinflussen können (Substitutions-, Marginalisierungs-, Verstärkungseffekte) oder es nur zu Verschiebungen innerhalb bereits bestehender Nutzungsbereiche kommen kann.
- Zweitens werden mit der Etablierung neuer IuK-Systeme und Anwendungen für manche Personengruppen neue *reale Bewegungsfelder* eröffnet (beispielsweise behinderte oder chronisch kranke Menschen, deren Bewegungsspielraum im öffentlichen Raum erheblich erweitert werden kann).
- Und drittens kann vermutet werden, dass infolge von *strukturellen Veränderungen* im physischen Verkehr, z. B. durch eine telekommunikativ erfolgte Optimierung des Verkehrsflusses oder durch öffentliche Bereitstellung von zusätzlichen Verkehrsmitteln, ebenfalls Effekte auf das Mobilitätsverhalten privater Haushalte zu erwarten sind.

#### 7.2.2.2 Zukünftige IKT-Anwendungen in verschiedenen Mobilitätsfeldern

Exemplarische Anwendungsgebiete informations- und kommunikationstechnischer Innovationen und deren Zuordnung zu den gebildeten drei Kategorien sind in Tabelle 7.3 zusammengestellt:

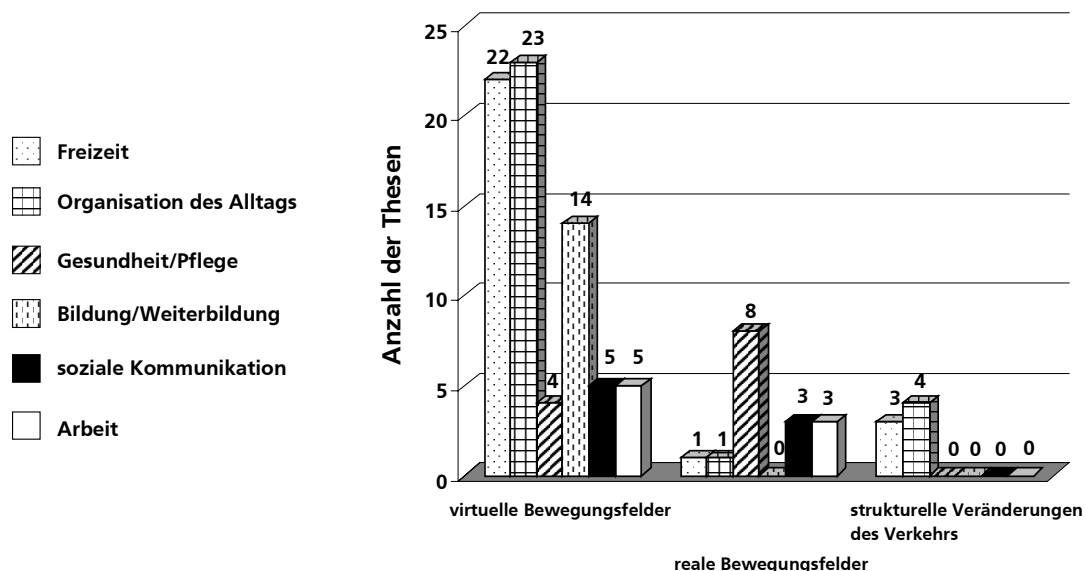
Tabelle 7.3: Anwendungsgebiete IKT

Kategorien	Anwendungsgebiete
Virtuelle Bewegungsfelder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Online-Dienste, Internet u. Ä. verfügbar werdende Angebote wie Teleshopping, Telelearning, Telemedizin, E-Mail, virtuelle Serviceangebote und Informationsdienstleistungen, virtuelle Kontaktaufnahmen, Ausweitung bestehender Medien auf den neuen Übertragungskanal (Telefone, Radio, Presse) oder neue Angebote (Online-Zeitungen), virtuelle Freizeitmöglichkeiten (Computerspiele im Netz, virtuelle Museen),</li> <li>• alles Zusätzliche rund um den Multimediabereich (Computer als Hobby (Programmierer oder Spiele-Freak) oder Gehilfe (Steuererklärung), TV, Video, etc.).</li> </ul>
Reale Bewegungsfelder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Prothesen, künstliche Organe, etc.,</li> <li>• durch Einsatz von Sprachübersetzungstechnik (sprach)räumliche Ausweitung individueller Mobilität.</li> </ul>
Strukturelle Veränderungen physischen Verkehrs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serviceangebote wie Car-Sharing, Smartcards,</li> <li>• Verkehrsregulierung wie Erhebung von Nutzungsentgelten,</li> <li>• Verkehrswegeoptimierung.</li> </ul>

Wie sich die ausgewählten Delphi-Thesen auf die nach den vorgestellten Kategorien systematisierten Mobilitätsfelder verteilen, dokumentiert Abbildung 7.2. Dabei veranschaulichen die Säulendiagramme dieser Abbildung, auf welche prognostische Vermutung sich die Expertenmeinung der Delphi-Teilnehmer schwerpunktmäßig richtet: auf *virtuelle* Bewegungsfelder. Diese werden in erster Linie die Organisation des Alltags verändern und die Freizeitgestaltung dominieren. Ein weiterer Schwerpunkt wird im Bereich der Bildung und Weiterbildung liegen. Reale Bewegungsfelder hingegen werden die Gesundheits- und Pflegebereiche innovieren und auch unsere soziale Kommunikation sowie den Bereich der Arbeit berühren. Strukturelle Veränderungen beziehen sich insbesondere auf die Organisation des Alltags und den Freizeitbereich.

Die analytische Untergliederung von „Mobilität“ in unterschiedliche Effektmodi zeigt, dass das mobilitätsexpansive Element der unter der Teilkategorie „neue reale Bewegungsfelder“ zusammengestellten Beispiele als recht schlüssig angenommen werden kann. Aber ebenso trifft zu, was insbesondere auch für die unter den Teilkategorien „neue virtuelle Bewegungsfelder“ und „strukturelle Veränderungen physischen Verkehrs“ genannten Anwendungsgebiete auf das Mobilitätsverhalten anzuführen ist: Wir wissen bislang zu wenig über die Mobilitätseffekte, die sich in Wechselwirkung mit der erzeugten Akzeptanz der verschiedenen Angebote einstellen werden.

Abbildung 7.2: Verteilung mobilitätsbezogener IKT-Innovationen auf Mobilitätsfelder

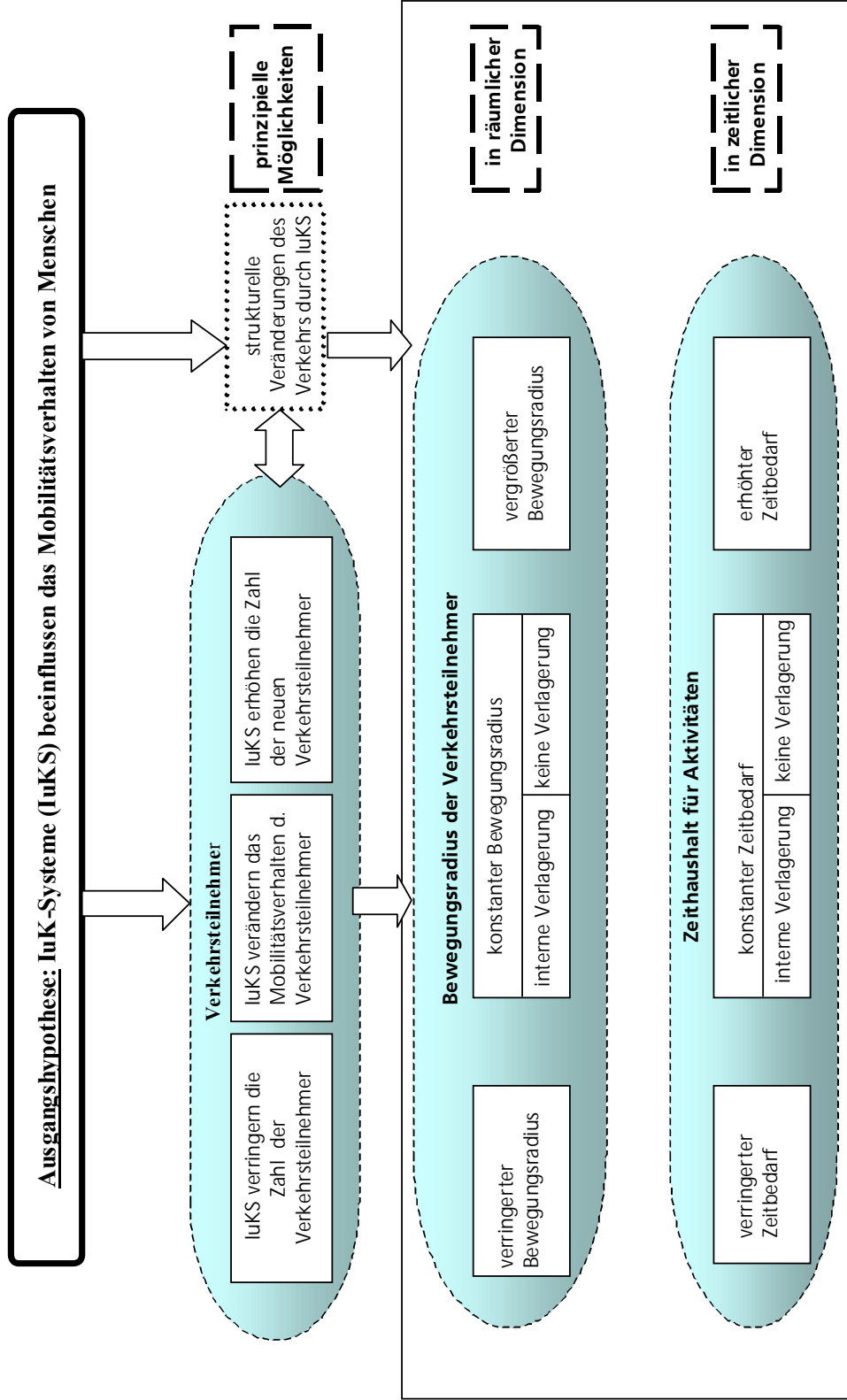


### 7.2.2.3 Mobilitätseffekte IuK-basierter Anwendungen

Ausgangshypothese ist, dass IKT-Systeme das Mobilitätsverhalten von Menschen beeinflussen. Mögliche Wirkungen können strukturell nach räumlichen oder nach zeitlichen Dimensionen unterschieden werden (Abb. 7.3), sofern der Bewegungsradius der Verkehrsteilnehmer oder das für Aktivitäten zur Verfügung stehende Zeitbudget beeinflusst wird. So könnte der Einfluss von IuK-Systemen auf die Zahl der Verkehrsteilnehmer wirken, sei es in mittelbarer Folge von informationstechnisch veränderten Verkehrsinfrastrukturen (z. B. Nutzungsentgeltsysteme) oder als unmittelbare Konsequenz neuer IuK-Systeme. Diese erlauben einzelnen Personengruppen einen veränderten Mobilitätswert (z. B. Orientierungssysteme für Sehbehinderte und Blinde) und könnten somit verkehrsinduzierende Wirkungen entfalten. Andererseits könnten sich verkehrssubstituierende Wirkungen durch Nutzung von telekommunikativen Lösungen ergeben (z. B. Videokonferenzen an Stelle von Reisen). Die Wirkung einer IuK-gestützten Anwendung auf das tatsächliche Mobilitätsverhalten von Anwendern kann zudem individuell verschieden sein. Verkehrsinduzierendes und -substituierendes Potential von IuK-Systemen stehen in einem spannungsvollen Verhältnis, das bislang noch wenig erforscht ist und dessen Abschätzung sowohl auf individueller, gruppenbezogener als auch auf gesamtgesellschaftlicher Ebene mit großen Unsicherheiten behaftet ist.

Mit Bezug auf den Raum können die mobilitätsbezogenen Anwendungen danach sortiert werden, ob verringerter oder vergrößerter Bewegungsradius ermöglicht wird oder ob der Bewegungsradius der Verkehrsteilnehmer eher konstant bleibt – dies u.U. auch als Folge von internen Verlagerungsprozessen im Zeitbudgethaushalt für Freizeit, Organisation des Alltags, Gesundheit und Pflege, Bildung, Sozialkontakte, Verkehr oder Arbeit (so ermöglicht beispielsweise Telearbeit den Verzicht auf die Autofahrt zum Büro, das Auto wird jedoch ggf. während dieser Zeitspanne von anderen Familienmitgliedern insgesamt intensiver genutzt). Ähnlich wie der Zeithaushalt für Aktivitäten, so ist auch der Bewegungsradius der Verkehrsteilnehmer nicht (nur) eine unmittelbare und immer in der gleichen Weise wirkende Folge der Nutzung von IuK-Systemen, sondern abhängig von den jeweiligen Rahmenbedingungen grundsätzlich als offen zu betrachten. Wir wissen bislang noch wenig darüber, ob die vermehrte Nutzung des Internets die Reiseintensität der Nutzer erhöhen wird oder tendenziell zu einer Verringerung der Außenkontakte führen wird. Selbst für den individuellen Nutzer könnten sich abhängig von den jeweiligen Sozialbezügen auf unterschiedlichen Bewegungsradien (z. B. hausintern, nachbarschaftlich, lokal, regional, national, international) unterschiedliche Situationen ergeben.

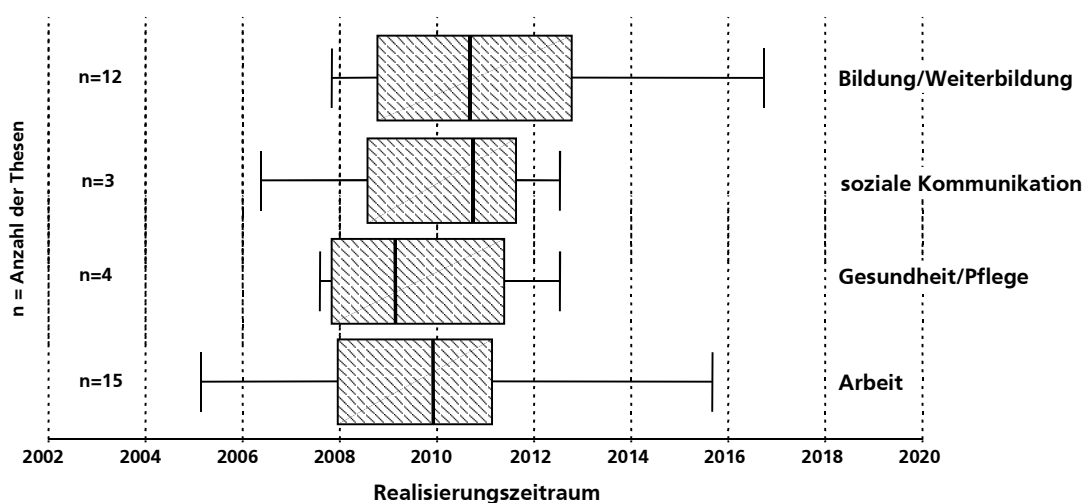
Abbildung 7.3: IuK-Einflüsse auf das Mobilitätsverhalten



### 7.2.2.4 Realisierungszeiträume mobilitätsbezogener IKT-Innovationen

Die Analyse der verschiedenen Delphi-Thesen ermöglicht auf Grundlage der in den Thesen zum Ausdruck gebrachten Innovationsstufe und des vermuteten Realisierungszeitraums<sup>43</sup> den Entwurf einer „Prognose-Chronologie“. Diese kennzeichnet verschiedene Schnittpunkte möglicher Realisierungshorizonte sowohl innerhalb der verwendeten Kategorien als auch zwischen ihnen. Am Beispiel neuer virtueller Bewegungsfelder im privaten Nutzerbereich veranschaulicht Abbildung 7.4 das Ergebnis der zeitbezogenen Prognose exemplarisch an den Kategorien Arbeit, Gesundheit/Pflege, soziale Kommunikation, Bildung/Weiterbildung. Die Abbildung visualisiert durch eine jeweils innerhalb des markierten Bereichs der Rechtecke eingezeichnete vertikale Linie den gemittelten Zeitpunkt, der von der Hälfte der Befragten als Realisierungszeitpunkt bestimmter Anwendungen des betreffenden Bereichs prognostiziert wird. In diesem Sinne wird virtuelles Mobilitätsverhalten im Zeitraum zwischen den Jahren 2008 und 2013 „allgemein weit verbreitet“ zur Realität gehören und in das gewöhnliche Alltagshandeln integriert sein.<sup>44</sup>

Abbildung 7.4: Prognose-Chronologie: Neue virtuelle Bewegungsfelder



Einige der Thesen, die die verschiedenen Kategorien dieser „Alltagsorganisationen“ widerspiegeln, seien an dieser Stelle beispielgebend genannt:

<sup>43</sup> Jede These wurde durch die Teilnehmer bezüglich ihres vermuteten Realisierungszeitraums eingeordnet. Dabei standen folgende Zeitkategorien zur Verfügung: bis 2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, 2016-2020, nach 2020, nie.

<sup>44</sup> Zoche, P.: Virtuelle Mobilität privater Haushalte. In: Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.): Auftakt in Berlin: Forschung für die mobile Zukunft. Berlin: Inst. für Mobilitätsforschung, 1999, S. 5267.

- Einrichtungen sind in gewöhnlichen deutschen Haushalten weit verbreitet, mit denen man unter Nutzung virtueller Realität das Erlebnis von Reisen, Filmveranstaltungen, Sportwettkämpfen usw. haben kann.
- Electronic Banking ist in Privathaushalten weit verbreitet.
- Der Handel in Netzwerken ist weit verbreitet, indem elektronische Abrechnungs- oder Geldsysteme genutzt werden.
- Ein Computernetz ist weit verbreitet, mit dem eine künstliche Realität (z. B. Virtual Mall) suggeriert wird, bei der einer beliebigen Anzahl von Menschen, die räumlich verteilt wohnen, zur selben Zeit eine gemeinsame Wahrnehmung vermittelt wird.
- Mehr als 30 % der Güter des täglichen Lebens für Kleidung, Nahrung und Wohnung werden in Deutschland durch Teleshopping erworben.
- Elektronische Supermärkte sind weit verbreitet, in denen man zu jeder Tages- und Nachtzeit einkaufen kann (von der Bestellung bis zum Ausliefern zu vereinbarten Zeiten).

Insbesondere die letztgenannte These bringt klar zum Ausdruck, dass eine solche Zukunft der Virtualität drastische Konsequenzen für unsere physische Mobilität hervorbringen könnte. Denn viele dieser Zukunftsentwürfe laufen darauf hinaus, dass schon in wenigen Jahren die Organisation des Alltags vornehmlich an virtuelle (Mobilitäts-)Prozesse und nicht, wie heute im Allgemeinen üblich, an physische Ortsveränderungen gebunden sein wird.

Gleichwohl sind auch andere Effekte auf das Mobilitätsgeschehen absehbar. So können zunächst unter Umgehung vorausgreifender Mutmaßungen darüber, wie sich innerhalb bzw. zwischen den Kategorien Substitutions-, Verstärkungs- und Marginalisierungseffekte in Bezug auf privates Mobilitätsverhalten auswirken könnten, mit Hilfe einer weiteren Kategorienbildung **potenziell Mobilität erzeugende** und **potenziell Mobilität ersetzende** Anwendungen unterschieden werden (Tab. 7.4). Ausgangspunkt der Unterscheidung ist dabei die *Möglichkeit* oder die *intendierte Wirkung* der jeweiligen Technik/Anwendung. Mögliche Sekundär- oder Rebound-Effekte bleiben hier noch unberücksichtigt.

Tabelle 7.4: Mobilitätswirkung informations- und kommunikationstechnischer Lösungen

Kategorie	Anwendungen
Mobilität erzeugend	„Prothesen“, Sprachübersetzungstechnik, Internet-Cafés
Mobilität ersetzend	Teleshopping, -learning, -medizin, Serviceangebote, Info-Dienstleistungen, virtuelle Kommunikationsräume

Damit sich eine Mobilitätswirkung virtueller Anwendungen überhaupt entfalten kann, müssen diese akzeptiert werden. Unabhängig von der kategorialen Zuordnung der Anwendungen ist somit die Erfassung von quantitativen Mobilitätswirkungen einzelner Angebote maßgeblich für die Einschätzung von Beziehungen zwischen physischer und virtueller Mobilität. Es bedarf der Klarheit über den möglichen Entwicklungsverlauf.

Innovationen dienen der Überwindung organisatorischer, struktureller oder wirtschaftlicher Engpässe. Einer dieser Engpässe ist das Verkehrsaufkommen einer Gesellschaft. Sowohl der Individualverkehr (IV) als auch der Güterverkehr wachsen stetig an, wobei nahezu die Hälfte des Verkehrsaufkommens durch das Freizeitverhalten in unserer Gesellschaft bestimmt wird (BMV 1998)<sup>45</sup> und der Anteil des Verkehrs an den CO<sub>2</sub>-Emissionen erheblich ist<sup>46</sup>. Die in der Delphi '98-Studie dargelegten Innovationen im Bereich der Informations- und Kommunikationsanwendungen werden dieses Verkehrsaufkommen nachhaltig verändern. Betroffen ist sowohl der berufsbedingte, als auch zunehmend der private, freizeitbezogene oder alltagsorganisatorische Verkehr. Wie eine der Thesen in Delphi '98 es beschreibt, ist eine „spürbare Substitution von geschäftlich bedingtem Verkehr durch Teleworking und Videoconferencing“ zu erwarten. Durch die „Entmaterialisierung“ von einzelnen Transportströmen durch informationstechnologischen Fortschritt wird eine Entkopplung der Wirtschafts- und Verkehrsentwicklung möglich, wirtschaftliches Wachstum muss nicht mehr unbedingt mit einer Zunahme des Verkehrs einhergehen (Zoche 1998, S. 115; Cuhls et al. 1998).

### 7.2.3 Akteure

Seit Anfang der 1990er-Jahre sehen Politik und Wirtschaft in Deutschland in dem Einsatz und der Nutzung der neuen IKT und Leittechnologien im Verkehr große Potenziale, um Mobilität in ihren vielfältigen Ausprägungen für die Wirtschaft wie für den Einzelnen dauerhaft, effizient und umweltschonend zu sichern. Nach Aussage des BMVBW (2002) basiert die Einführung der Verkehrstelematik in Deutschland auf einer klaren, zwischen Politik, Verkehrsträgern, Industrie und Dienstleistern abgestimmten Rollen- und Aufgabenverteilung. Die Rolle der privaten Endnutzer auf der Nachfrageseite bleibt dabei leider zunächst unberücksichtigt.

---

<sup>45</sup> Eine differenzierte Analyse zum Stellenwert der Freizeitmobilität findet sich bei Thomas W. Zängler: Mikroanalyse des Mobilitätsverhaltens in Alltag und Freizeit. Springer Verlag 2000, S. 57ff.

<sup>46</sup> Vgl. Halbritter, G. et al. (1999): Umweltverträgliche Verkehrskonzepte. Entwicklung und Analyse von Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger. Nach eigenen Berechnungen auf Basis von OECD-Quellen lässt sich für das Jahr 1998 in Deutschland der Anteil von CO<sub>2</sub>Emissionen auf 21% beziffern (IEA/OECD 2000).

Die Hauptakteure im Technologiefeld Verkehrstechnologien sind gliedern sich in Anbieter, Nachfrager und Externe (Tab. 7.5).

Tabelle 7.5: Akteure im Bereich Verkehrstechnologien

Anbieter	Nachfrager	Externe
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hardwarehersteller: Elektrotechnik, Mikroelektronik, Automobilhersteller</li> <li>- Softwarehersteller: Softwarehäuser, Forschungseinrichtungen</li> <li>- Portal- und Mobilfunknetzbetreiber</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infrastrukturbetreiber</li> <li>- Private Verkehrsteilnehmer</li> <li>- Spediteure, Taxiunternehmen</li> <li>- Verkehrsbetriebe, Parkhausbewirtschafter, usw.</li> <li>- Bahn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Öffentliche Hand,</li> <li>- Infrastrukturbetreiber, Venture-Kapitalgeber,</li> <li>- Industrie: Lobby</li> <li>- Geber von Forschungsgeldern während des F+E Stadiums</li> </ul>

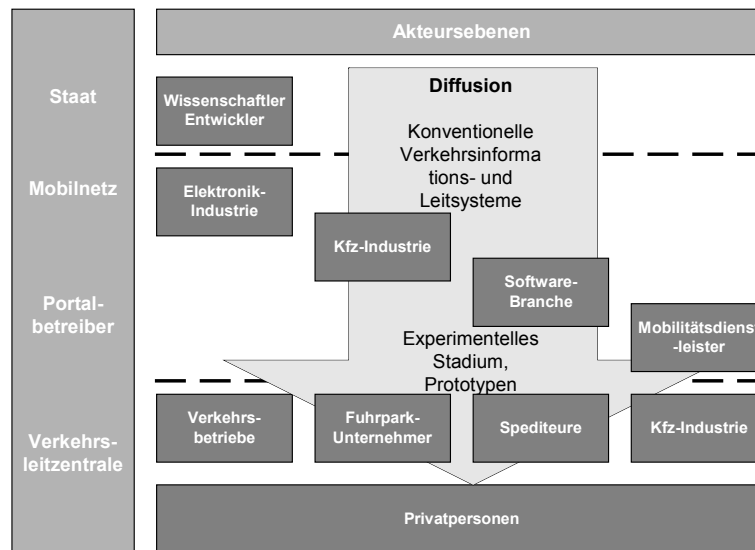
Der Diffusionsprozess von Telematikanwendungen verläuft in drei Stufen:

1. *Strategieebene*: Markteinführung der Technologie, Nutzen- und Kostenberechnungen, Zielerreichungskontrolle: Umwelt-, Sicherheits-, Energie- und Effizienzverbesserungen sowie Abschätzung von sozialen Aspekten.
2. *Marktpotenzialebene*: Welche Verbesserungen müssen mit welchen Mitteln realisiert werden, um eine maximale Akzeptanz und Diffusion zu erreichen? Marktbeobachtung, geeignete Segmentierung der Nutzergruppen, Bewusstmachung durch Werbemaßnahmen bzw. Erfahrungen.
3. *Marktverhaltensebene*: Abschätzung des Ausmaßes der Nutzung und der Verkehrsverhaltensänderung unterschiedlicher Akteure.

Die Untersuchung der dritten Ebene erscheint am anspruchvollsten, da die Ursachen für ein bestimmtes Verhalten beim einzelnen Nutzer extrem schwierig zu bestimmen sind (Zumkeller 1989). Entsprechend des diffusionstheoretischen Ansatzes lässt sich folgendes Bild aufzeigen (Abb. 7.5):



Abbildung 7.5: Diffusionsebenen im Technikfeld Verkehrstechnologien



Die Rolle des **Staates** ist die Kontrolle der Einhaltung verkehrspolitischer Zielsetzungen (Deutscher Bundestag 1998, S. 56). Dies betrifft die Reduktion unerwünschter verkehrlicher Auswirkungen, die Verkehrssicherheit und Fragen der staatlichen Einflussmöglichkeiten auf privatwirtschaftliche Diensteanbieter, vor allem hinsichtlich der Wahrnehmung verkehrspolitischer Ziele<sup>47</sup>. Dies ist etwa bei der Aufgabe der ursprünglich verfolgten bakengestützten Systeme relevant, bei der potenzielle private Diensteanbieter auf die Nutzung städtischer Infrastruktur angewiesen gewesen wären. Durch mobilfunkbasierte Systeme verlieren die Kommunen ihre Einflussmöglichkeiten bei der Gestaltung der Leitempfehlungen. In dieser Hinsicht ist der Ersatz konventioneller straßenseitiger Leitsysteme durch fahrzeugseitige Leitsysteme kritisch zu sehen. Der Staat hat darüber hinaus ein starkes Interesse an der Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und der Schaffung neuer Arbeitsplätze durch innovative Produkte und Dienstleistungen.

Die **Industrie**<sup>48</sup> nimmt unterschiedliche Rollen ein. So liefert sie die Verkehrstelematik-Hard- und Software bzw. Dienstleistungen (z. B. auch als Mobilfunknetzbetreiber). Dabei kommt ihr auch eine Promotoren-Rolle für innovative Anwendungen zu. Die Einhaltung oder Bildung von technischen Standards ist ein wichtiges Instrument für die Durchsetzung von Telematiktechnologien. Neben der Herstellerfunktion, die die Entwicklung der Technologie vorantreibt, hat die Industrie zusätzlich eine wichtige Nachfrage-Funktion auf Grund des weiter steigenden Beför-

<sup>47</sup> Etwa in Belangen der kommunalen Verkehrspolitik, wenn PKWs durch verkehrsberuhigte Wohngebiete geführt werden.

<sup>48</sup> Eine umfassende Studie über Profile von Unternehmen im Umfeld der Anbieter neuer Mobilitätsdienstleistungen wurde von der PROGNOSE AG erstellt ([www.tuvpt.de/pdf/kurzbericht\\_telematikprofile.pdf](http://www.tuvpt.de/pdf/kurzbericht_telematikprofile.pdf)).

derungsbedarfs. Dabei gilt es die Transportkosten langfristig zu senken und dem Bedarf nach zunehmend flexibleren Transportlösungen gerecht zu werden.

Die Automobilindustrie nimmt eine Schlüsselrolle ein, da sie zum einen Nachfrager von Telematikkomponenten für ihre Produkte ist und zum anderen die Nachfrage der Endnutzer nach Telematikanwendungen nachträglich beeinflusst. Die damit verknüpften Auswirkungen auf das gesamte Mobilitätsverhalten sind als ambivalent zu beurteilen.

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass zwischen den beteiligten Akteuren aus der Technologie, den Institutionen (Umfeld, in das die Technologie eingeführt wurde) und der Kultur (Einstellungen, Präferenzen, Gewohnheiten und Werte) ein hoher Wissenstransfer notwendig ist (Hård und Knie 2000), der auch dauerhaft an den jeweiligen Schnittstellen fortgeführt werden sollte.

Die von diesen Akteuren selbst definierten Zukunftsaufgaben (BMVBW 2002) umfassen

- Ausbau von Telematikdiensten im öffentlichen Verkehr,
- Aufbau von intermodalen Telematiksystemen und -diensten im Personen- und Güterverkehr,
- Unterstützung des Zusammenwachsens von grenzüberschreitend nutzbaren interoperablen Systemen und Diensten auf transeuropäischen Verkehrsnetzen,
- Koordinierung der Entwicklung sicherheitsrelevanter fahrzeugbezogener Telematiksysteme.

Im Vergleich der großen Wirtschaftsregionen besitzt Deutschland in diesem Bereich eine hohen FuE-Stand. Die positive Beurteilung gilt ebenfalls für die in Deutschland als günstig eingestuften politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen für die Schnittstellengestaltung zwischen und die Kompatibilität von öffentlichen Verkehrssystemen sowie für innovative Fahrzeugkonzepte. Als wichtige Maßnahmen zur Realisierung der betrachteten Technologien gelten besonders die Förderung internationaler Kooperationen und der Ausbau der FuE-Infrastruktur mit dem Ziel den Vorsprung zu halten und möglichst auszubauen.

Auch hier kommt der Automobilindustrie eine Schlüsselrolle zu. Deutschland gilt als „Autoforschungsland“, da es der größte Anmelder von Automobil-Patenten ist und auch am stärksten auf Automobilpatente spezialisiert ist (NIW 2002). Dabei haben Systemlieferanten in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Sie werden zunehmend in die Produktentwicklung eingebunden. Diese „industrial spillovers“ (20 % der FuE-Gesamtaufwendungen werden extern durchgeführt) haben Impulswirkungen für Branchen wie Elektronikindustrie und Telekommunikation,

die die Hardware liefern (NIW 2002). Entsprechend stark ist auch die Position der Elektronikhersteller als Anbieter für Schlüsselkomponenten im Automobilbau.

Die **privaten Endnutzer** von Verkehrstechnologien in Deutschland können folgendermaßen charakterisiert werden<sup>49</sup>:

- Sie sind motorisiert, da mehr als 80 % aller Haushalte über mindestens einen Pkw verfügen, darunter 29 % über zwei und 12 % über drei und mehr Pkws.
- Es besteht eine eindeutige Präferenz für das Verkehrsmittel Auto, gefolgt von Rad und Flugzeug. 83 % fahren gern oder sehr gern mit dem Auto.
- Die Deutschen kommen kaum ohne Auto aus. 56 % der Autonutzer können sich nicht oder kaum vorstellen, auf das Auto zu verzichten. 2/3 der Erwerbstätigen fahren mit der Auto zur Arbeit.
- 44 % können sich, zumindest mit Einschränkungen, ein Leben ohne Auto vorstellen.
- Der Bürger kennt sich mit Verkehrskosten nicht aus und stuft das Auto als besonders kostengünstig ein („Fixkosten-Denken“).

Einstellungen zu verkehrspolitischen Maßnahmen treffen in dieser Art zu:

- 83 % sind für niedrige Preise für Busse und Bahnen,
- 72 % wünschen mehr Park&Ride-Plätze,
- 70 % sind für eine Ausdehnung der Fußgängerzonen,
- 69 % möchten mehr verkehrsberuhigte Zonen,
- 78 % wünschen den Ausbau des Bus- und Bahnnetzes,
- 77 % wünschen den Ausbau des Radwegs,
- 59 % wünschen den Ausbau des Bahnnetzes,
- 53 % wünschen den Ausbau des Autobahnnetzes,
- 83 % sind für Verlagerung der Gütertransporte von der Straße auf die Bahn,
- 74 % sind für mehr Lärmschutzwände,
- 47 % sind für autofreie Innenstädte,
- 64 % sind für mehr Parkmöglichkeiten in den Innenstädten.

Es wird deutlich, dass Zielkonflikte unreflektiert bleiben. Verkehrspolitische Maßnahmen, die zu einer finanziellen Höherbelastung der Verkehrsteilnehmer führen,

---

<sup>49</sup> Thesen zum deutschen Durchschnittsbürger (Prognos Bevölkerungsumfrage zum Thema Mobilität 2000, Raab 2001)

werden abgelehnt (84 % sind gegen Benzinpreiserhöhung, 52 % gegen Nutzungsgebühren). Hieraus lässt sich folgendes Fazit ziehen:

- Das Auto ist das wichtigste Verkehrsmittel.
- Beeinträchtigungen durch Verkehrslärm sind eines der größten verkehrsbedingten Probleme aus Sicht der Bevölkerung.
- Teleworking wird wohl kaum zu einer Reduzierung des Verkehrs führen.
- Die Bevölkerung ist sich der Frage der Finanzierung des Verkehrssystems, der ökonomischen Zusammenhänge und der bestehenden Zielkonflikte kaum bewusst.
- Der Trend, in der Stadt zu arbeiten und in der Peripherie zu wohnen, hält an.
- Die Ansprüche für den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur sind hoch, die Zahlungsbereitschaft ist gering.

Widersprüche und Ambivalenzen in Bezug auf Mobilität sind in Tabelle 7.6 exemplarisch zusammengefasst.

Tabelle 7.6: Widersprüche und Ambivalenzen in Bezug auf Mobilität

<b>Wunsch</b>	<b>Wirklichkeit</b>
Mehr Güter auf Schiene/Straße	Wachstum LKW-Verkehr
Verlagerung des Straßenverkehrs auf ÖV	Wachstum des Straßenverkehrs
Engpassbeseitigung	Neue Engpässe
Verkehrstelematik	Störungen werden erträglicher
Neue Teledienste ersetzen physische Mobilität	...aber stimulieren den Fernverkehr

Quelle: Zumkeller (2001, S. 135)

#### **7.2.4 Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen**

In Deutschland, wie auch weltweit, steigt die Verkehrsnachfrage. So sind 1999<sup>50</sup> in Deutschland insgesamt 61,26 Milliarden Personen befördert worden, 51,42 Milliarden Personen davon im Individualverkehr. 1995 waren es noch insgesamt 59,51 Milliarden, bzw. 49,64 Milliarden im Individualverkehr. Die zurückgelegten Personenkilometer insgesamt beliefen sich 1999 in Deutschland auf 955,5 Milliarden, wobei auf den Individualverkehr 765,9 Milliarden entfallen. Auch

<sup>50</sup> Vorläufige Zahlen, Institut der Deutschen Wirtschaft 2001, Quelle: BMVBW, DIW.

hier ist ein stetiger Anstieg zu beobachten. Im Jahr 1995 betrug die Gesamtzahl noch 927,3 Milliarden Personenkilometer, davon 742,9 Milliarden im Individualverkehr.

Die Bundesregierung geht für den Zeitraum 1997 bis 2015 von einem Wachstum des Güterverkehrs von über 60 % und des Personenverkehrs von etwa 20 % aus (BMVBW 2002). Die Verkehrsinvestitionen sind von 9,49 Milliarden € 1998 auf 11,53 Milliarden € in 2002 angestiegen und die Bundesregierung wird 2003 das Zukunftsprogramm Mobilität festlegen, um noch vor Ende des Jahrzehnts insgesamt 90 Milliarden € in die Verkehrswege zu investieren. Durch kombinierten Verkehr sollen die Straßen entlastet werden und Güter den größten Teil des Weges in Containern per Schiff und Bahn befördert werden. Dadurch könnten schon in 2002 rund 3 Milliarden LKW-Fahrten vermieden werden.

Der Öffentliche Personen-Nahverkehr (ÖPNV) wird täglich von mehr als 26 Millionen Menschen in Deutschland genutzt. Aktuelle Trends der Gesamtverkehrsnachfrage, sowohl beim Personen als auch beim Güterverkehr, deuten auf weitere Nachfrageerhöhungen hin (BVU et al. 2001).

Der volkswirtschaftliche Schaden durch staubedingte Zeitverluste, Kraftstoffmeherverbrauch und durch Unfälle, darin sind sich die Verkehrsexperten einig, kann auf 200 Milliarden DM pro Jahr beziffert werden (BMBF 2001). Besonders in Ballungsräumen stößt die Nutzung der Verkehrsinfrastruktur immer stärker an deren Grenzen, auch die ökologischen Auswirkungen sind gravierend. Knapp 30 % des Energieverbrauchs in Deutschland ist auf den Verkehr zurückzuführen (29,9 % in 1999).

Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch von Pkws liegt bei 8,5 Litern auf 100 km. Die Verkehrsleistungen (Personenkilometer) haben sich im Zeitraum 1991 bis 1998 von 876 auf 940 Milliarden Kilometer erhöht. Über 80 % davon wurden mit dem Auto zurückgelegt (Canzler und Knie 2000).

Determinanten der Personenverkehrsnachfrage sind vor allem (Aberle 2001, S. 17):

- Soziodemografische Entwicklung,
- Führerscheinbesitz und die Pkw-Verfügbarkeit,
- Entwicklung der Raumstrukturen,
- Ausmaß der Zwangsmobilität (Beruf, Ausbildung),
- Realeinkommensentwicklung,
- Freizeitverfügbarkeit,
- Kosten und Preise der Verkehrsmittelnutzung.

Determinanten der Güterverkehrsnachfrage sind (Aberle 2001, S. 17):

- Umfang und räumliche Struktur von Produktionsprozessen,
- Anteilsentwicklung des Dienstleistungssektors,
- Grad der nationalen bzw. internationalen Arbeitsteilung,
- Intensität der Handelsverflechtungen,
- Grad der wirtschaftlichen Integration und Globalisierung der Wirtschaftsbeziehungen,
- Höhe der Transportkosten.

Die technischen Voraussetzungen für Deutschlands Weg in die Informationsgesellschaft werden zunehmend erfüllt. Die Anzahl der Mobilfunkteilnehmer lag Ende 2001 bei fast 60 Millionen. Der Anteil der Internet-User in Deutschland stieg 2001 auf 37 % an (Bitkom 2002). Damit ist weit mehr als ein Drittel der Deutschen mittlerweile im Netz. Bis 2003 soll jeder zweite Deutsche das Internet nutzen (EITO 2001). Die PC-Verbreitung liegt in Deutschland bei 33 %. Zwar profitiert Deutschland mittlerweile stark von der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes, indem es zum Beispiel innerhalb Europas die meisten Breitbandkabelanschlüsse aufweist und somit nur knapp hinter den USA liegt, es gibt aber noch immer Engpässe, zum Beispiel im lokalen Übertragungsbereich. Noch sind die Zugangskosten zum Internet hoch und hemmen somit das Wachstum. Eine Konvergenz der Kommunikationswege und -medien wird zurzeit auf Grund unterschiedlicher Standards und teilweise noch vorhandener Monopolstrukturen erschwert. Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Faktor der deutschen IuK-Marktentwicklung ist der Aspekt der Datensicherheit und des Vertrauens der Konsumenten in die Technik sowie in die Anbieter (vgl. Kap. 6).

Die Endgeräte im Bereich der Telekommunikation entwickeln sich zu universalen und personalen Kommunikationsgeräten. Eine Konvergenz von Festnetz und Mobilanwendungen ist zu beobachten. Durch die Nutzung eines einzigen mobilen Endgerätes, zum Beispiel als Personal Travel Assistant (PTA), ist der Teilnehmer zum einen jederzeit erreichbar und zum anderen auf Grund von Satellitenverortung lokalisierbar. Das ermöglicht eine personalisierte Routenplanung unter Einbeziehung der Position des Verkehrsteilnehmers und der aktuellen Verkehrslage. Bei einem hohen Marktpotenzial (insbesondere PCs und Handys) und kurzen Innovationszyklen bei den IKT-Endgeräten ist auch in den kommenden Jahren mit einem weiter steigenden Absatz von telematikfähigen Geräten zu rechnen.

Auch Dienstleistungen in der Telematik gewinnen an Bedeutung. Sie orientieren sich vor allem an dem individuellen Nutzen des Fahrers, z. B. durch individuelle Zielführung, individuelle verkehrsrelevante Informationen oder personalisierte Reiseinformationen.

## Marktentwicklung

Dem Marktforschungsunternehmen McKinsey zufolge werden Verkehrstelematik-anwendungen bereits in 2010 in Westeuropa, den USA und Japan einen Umsatz von 100 Milliarden US\$ generieren (zit. in Computer Zeitung 2001). Schon heute serienmäßig in etlichen PKW eingebaute Technologien könnten eine Trendsetterfunktion ausüben, die eine schnelle Diffusion erleichtert. Die Marktforscher von Frost & Sullivan sehen bereits die nächste Generation der Klein- und Mittelklassewagen serienmäßig mit einem Verkehrstelematiksystem ausgestattet. Der Umsatz im europäischen Gesamtmarkt wird von 1,03 Milliarden € in 2000 auf 8,55 Milliarden € in 2007 ansteigen. Dieses Wachstum wird mit massiven Preissenkungen einhergehen (Tele-Traffic 2001, S. 7). Andere Studien sprechen – ausgehend von einem derzeit in Deutschland erzielten Marktvolumen von 800 Millionen DM – von jährlichen Wachstumsraten von 19 % bis zu 3,9 Milliarden DM im Jahr 2010 (Steinicke in Forschungs- und Anwendungsverbund Verkehrssystemtechnik Berlin 2001).

Die Verkehrstelematik trifft somit auf einen äußerst dynamischen Markt, bei dem im Zuge des Masseneinsatzes mit einer erheblichen Kostendegression gerechnet werden kann (Hecker 1997). Mit steigender Integration schließen sich weitere Branchen und Handelsstufen an, wodurch sich auch die Mehrwertdienste über die ursprünglichen Basisanwendungen hinaus erweitern. Auf der anderen Seite stellt die Markteinführung und die Etablierung von Innovationen ein komplexes Problem dar, da etliche, a priori z. T. unbekannte, exogene Determinanten den Diffusionsprozess beeinflussen (Hecker 1997).

Besonders für individuelle Fahrerunterstützungssysteme entsteht derzeit ein großer Markt. Vor allem die Automobilhersteller engagieren sich stark in der Entwicklung und Erprobung von Verkehrstelematiksystemen (Waldenmaier 2001a, b; Bock 1998). In diesem Bereich ist für die Diffusion der Technologie die Akzeptanz privater Endnutzer besonders wichtig. Auf der anderen Seite sind hier lediglich wenig umfassende Akzeptanzstudien verfügbar, so dass generell Fragen der Nutzerakzeptanz bzw. explizit der Nachfragereaktionen unzureichend geklärt sind.

### 7.3 Analyse empirischer Erhebungen zu Akzeptanz und Nachfrage und ihren Determinanten

Herkömmlichen Kosten-Nutzen-Rechnungen<sup>51</sup> zufolge (vgl. für das Folgende Zacker und Keller 1999) weisen beinahe für alle verkehrstelematischen Systeme Nut-

---

<sup>51</sup> Wichtige subjektive Wertschätzungen für Komfort oder Sicherheit bleiben dabei unberücksichtigt.

zenüberschüsse auf. Kollektive Systeme der Netz- und Linienbeeinflussung sind auf Grund ihrer Wirtschaftlichkeit trotz geringerer Qualitätseinstufungen<sup>52</sup> gegenüber der individuellen Zielführung und dem Mobilitätsassistenten (PTA) günstiger bewertet. Auf der andern Seite besitzen individuelle Zielführungssysteme höhere Systemwirksamkeitspotenziale im Hinblick auf eine Verkehrsoptimierung und einer effizienteren Nutzung der vorhandenen Straßeninfrastruktur. Bei individuellen Zielführungssystemen nimmt der Gesamtnutzen ab einem systemoptimalen Zustand nicht mehr zu, während die Gesamtkosten auf Grund steigender Ausstattungsraten weiter zunehmen. Dadurch kommt es zu einem Abbau der gesamten und der individuellen Nutzenüberschüsse.

Wird die Kosten-Nutzen-Rechnung differenziert betrachtet, zeigt sich eine Unausgewogenheit zwischen den Kosten- und den Nutzenträgern. Den bei einem geringen Ausstattungsgrad von wenigen getragenen hohen Kosten der individuellen Zielführungssysteme steht ein höherer Nutzen der Allgemeinheit gegenüber. Bei höheren Ausstattungsraten findet eine Umverteilung der Kosten zugunsten der ausgestatteten Nutzern statt, da sich der wesentliche Kostenfaktor der Gerätekosten und Kommunikationsgebühren auf eine höhere Zahl von Autofahrern verteilt. Daher ist die Überwindung eines „Schwellenwerts“ für eine erfolgreiche Diffusion entscheidend.

Die meisten Telematikeinrichtungen werden für den Zeitraum bis 2020 für Deutschland zwar als „aussichtsreich“ erachtet (Weber und van Zuylen 2000), trotzdem bleibt bislang das Geschäft mit privaten Endnutzern hinter den Erwartungen zurück. Dies gilt insbesondere im Bereich Verkehrsinformation und Routenführung für Pkw. Das bisherige Angebot bietet aus Sicht des Privatnutzers offenbar noch nicht genügend Attraktivität (Schad und Kämpf 2001) oder ist zu teuer, wie die starke Nutzung kostenloser Verkehrsinformationen im Internet zeigt. Möglicherweise ist auch die derzeit teilweise noch sehr unbefriedigende Bedienbarkeit von Navigationssystemen verantwortlich (TeleTraffic 2001, S. 12ff).

Die Faktoren, welche die Akzeptanz verkehrstelematischer Einrichtungen durch die Verkehrsteilnehmer ausmachen, sind in Hinblick auf die verkehrlichen Wirkungen und Nutzen bei einer hohen Diffusionsrate noch unzureichend bekannt und erforscht (Bock 1998; Zoche et al. 2002). Dieses ist mit ein Grund, warum geeignete Marketingstrategien, die in diesem noch recht jungen Technologiefeld eine entsprechende Nachfrage zu generieren imstande wären, noch entwickelt werden.

Um diese Wissenslücke zu schließen, werden derzeit im Rahmen der BMBF Leitprojekte „Mobilität in Ballungsräumen“<sup>53</sup> die sechs Projekte WAYflow (Frank-

<sup>52</sup> Etwa geringerer Befolgungsgrad, schlechtere Störungsinformation etc.

<sup>53</sup> Eine querschnittliche Betrachtung findet sich in Rommerskirchen (2000). Die externe Evaluation durch die PROGNOSE AG erfolgt im Zeitraum vom 01.11.1999 bis 31.08.2004 (<http://www.evamib.de>), [www.mobiball.de](http://www.mobiball.de)



furt/Main), StadtInfoKöln (Köln), MOBINET (München), Mobilist (Stuttgart), CashCar (Berlin) und InterMobil (Dresden) bearbeitet. Den Schwerpunkt bildet die verbesserte Kapazitätsauslastung von Verkehrsmitteln und Infrastrukturen sowie eine flexible und effiziente Anpassung an die individuelle Transportnachfrage.

In den Projekten von „Mobilität in Ballungsräumen“ wird deutlich, dass bei den Anbietern von Verkehrs- und Infrastrukturdienstleistungen nicht mehr nur ausschließlich Machbarkeitsstudien mit dem Nachweis der Funktionsfähigkeit zahlreicher technischer Komponenten durchgeführt werden, sondern flexible Angebotsmodelle notwendig sind. Im Zusammenhang mit Marktpotenzialabschätzungen setzt eine zunehmende Kundenorientierung ein.

Eine Ursache für die geringe Durchsetzung verkehrstelematischer Lösungen liegt auch „weniger in Wissenslücken über die materiellen Lösungswege, sondern vor allem darin, dass verfügbare Lösungs- und Verbesserungspotenziale nicht aufgegriffen und umgesetzt wurden, also in Akzeptanzbarrieren, Durchsetzungshindernissen und Implementierungsschwierigkeiten (...). Der Fragenkreis der Akzeptanz und Durchsetzung ist bisher bei der Erarbeitung von Lösungen nur am Rande mitbehandelt worden. Entsprechend dürftig ist der Stand der Kenntnis in dieser eminent wichtigen Frage (...)“.<sup>54</sup>

Eine Kundenorientierung ist zwingend notwendig, da Verkehrstelematik-Anwendungen bei privaten Nutzern in Form einer kurzfristigen Beeinflussungsmöglichkeit zum Großteil auf eine Verhaltensänderung der Verkehrsteilnehmer abzielen. Diese werden am ehesten akzeptiert, wenn geringe Kosten und ein hoher Nutzen mit weitgehender Beibehaltung des (routinisierten) Aktivitätsverhaltens verbunden sind (Franke 2000). Konzepte, die grundlegende Änderungen des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer voraussetzen, haben nur geringe Marktschancen. Insofern erscheinen Telematikkonzepte Erfolg versprechend, die bei (Verkehrs-)Verhaltensänderungen ansetzen, die das Aktivitätsverhalten weitgehend unbeeinflusst lassen und dadurch eine hohe Bereitschaft zur Adaption ermöglichen.

Im Rahmen des EU-Forschungsprojekt FISCUS<sup>55</sup> wurde ein Handbuch erstellt, das sowohl die totalen als auch die marginalen Kosten städtischer Mobilitätskonzepte aufzeigt und folgende zukünftigen Herausforderungen für eine städtische Transportpolitik nennt:

---

<sup>54</sup> Stellungnahme zu einem sich in Vorbereitung befindenden Sonderforschungsbereich „Potentiale, Akzeptanz und Durchsetzung innovativer Verkehrssysteme“ der Universität Köln zusammen mit der RWTH Aachen (<http://www.unikoeln.de/organe/presse/sondfor.htm>).

<sup>55</sup> Das EU-Projekt wurde 1998/1999 zur Ermittlung von so genannten „real transport costs“ (interne und externe Kosten) im städtischen Verkehr durchgeführt, um einen Vergleich zwischen öffentlichem und privatem Verkehr zu ermöglichen. Es ging zudem um die Ermittlung von adäquaten Finanzierungsmustern, die diesen Kosten gerecht werden und das Verursacherprinzip berücksichtigen. Mehr Information unter: <http://www.aramisresearch.ch/d/6681.html>.

- Identifizierung der zu berücksichtigenden Auswirkungen auf Güterdistribution und Umwelt,
- die Akteure, welche die Auswirkungen verursachen, mit denen zusammen zu bringen, die für diese Auswirkungen aufkommen,
- diese Auswirkungen zu messen und monetär darzustellen,
- die Basis der Entscheidungsfindung transparenter zu gestalten.

Von den in FISCUS identifizierten 12 Variablen sind 4 durch den Einsatz von IKT beeinflussbar: die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit pro Transportart, die Passagiere pro Fahrzeug, die Anzahl der überlasteten Straßen und der Grad des Verkehrsstaus sowie die Emissionen von Fahrzeugen und Verbrennungsmotoren. Der IKT-Einsatz umfasst dabei sowohl eine Steuerungs- als auch eine Informationsfunktion.

Ein Problem bei der Erhöhung der Verkehrssicherheit stellen mögliche kontraproduktive Wirkungen von verkehrstelematischen Einrichtungen dar. So zeigt eine mit Hilfe von Fahr simulatoren durchgeführte Studie (Hoedemaeker und Brookhuis 1998), dass mit automatischen Abstandseinhalte- und Bremssystemen (Adaptive cruise control systems) die Bereitschaft größer ist, schneller zu fahren<sup>56</sup> und auch einen geringeren Abstand zum Vordermann einzuhalten. Solche Verhaltensweisen konterkarieren Systeme, die die Verkehrssicherheit erhöhen sollten. Zudem bestehen auf Seite der öffentlichen Institutionen Vorbehalte gegen die Einführung verkehrsflussbeschleunigender Technologien, da eine gesteigerte Automobilität umweltbedingt unerwünscht ist (Hecker 1997).

Besonders individuelle Navigations- und Zielführungssysteme sowie persönliche PTA im privaten PKW bilden einen Schwerpunkt des Untersuchungsinteresses. Besonders für Machbarkeitsstudien und Potenzialanalysen fließen erhebliche Forschungs- und Förderungsmittel, sowohl von der Industrie selbst als auch von der Öffentlichen Hand<sup>57</sup>. Insbesondere bei der Europäischen Kommission genießen Projekte zur Erforschung von Leistungsfähigkeit, Akzeptanz, Einflüssen und Nutzen verschiedener Anwendungen der Verkehrstelematik einen hohen Stellenwert (European Commission 2000).

---

<sup>56</sup> Ein zusätzliches Problem ergibt sich dadurch, dass ohnehin risikobereite Fahrer, bei denen solche Systeme eine Erhöhung der (allgemeinen) Verkehrssicherheit bewirken könnte, eine besonders geringe Akzeptanz zeigen.

<sup>57</sup> Vgl. etwa die vom BMBF geförderten Projekte des Themengebietes Mobilität & Transport der ITA (<http://www.idta.de/index2.html>) und Zechall 2001. Vgl. auch das BMBF Projekt „Der orientierte Mensch“, bei dem eine Verknüpfung „intermodaler, dynamischer und regionalbezogener Informationen und Dienste gewährleistet werden soll, so dass der Nutzer in Abhängigkeit von seinen persönlichen Präferenzen und der aktuellen verkehrlichen Situation die für ihn optimale Reiseentscheidung treffen kann. Die Informationen werden so aufbereitet, dass sie mit den jeweils beim Nutzer aktuell vor Ort verfügbaren Medien effizient handhabbar und damit nutzbar sind“ (<http://www.derorientiertemensch.de/>).

### 7.3.1 **Bereitschaft zur Verhaltensänderung**

In einer Fragebogenstudie zu verkehrsbezogenen Entscheidungen und Urteilen und möglichen Vorhersagen für umwelt- und gesundheitsbezogene Verbotsforderungen und Verkehrsmittelwahlen haben Becker und Kals (1997) gezeigt, dass bei Verbotsforderungen vor allem moralbezogene kognitive und emotionale Urteile relevant sind (z. B. Verantwortungszuschreibungen), zur Erklärung von Verkehrsmittelen-tscheidungen hingegen primär die wahrgenommenen situativen Bedingungen vari-anzstark sind. Hinweise auf Belastungen auf Grund von verkehrsbedingten Umwelt-schäden und Unfallrisiken entscheiden weder über Verkehrsmittelwahlen noch über Ausprägungen der Verbotsforderungen. Die varianzstärkste Variable für beide Kri-teriumsklassen ist die individuelle Freude am Autofahren.

### 7.3.2 **Akzeptanz von Navigations- und Zielführungssystemen**

Aussagen zur Akzeptanz von Navigations- und Zielführungssystemen sind derzeit belastbar lediglich mittels Szenarienrechnungen und Simulationen möglich (etwa Grimmer et al. 1995<sup>58</sup>). Die Ergebnisse der Analyse von drei unterschiedlichen Szenarien zeigen generell eine hohe Akzeptanz im Szenario mit dem geringsten Grad der Automatisierung (Stufe 1):

- Stufe 1: Systeme, die eine Abschaltfunktion bieten (heute Standard). Die Test- und Kaufbereitschaft ist mit 80 % der Befragten sehr hoch, der Einsatz würde vor allem auf unbekanntem Strecken erfolgen. Eigene Erfahrungen mit solchen Systemen erhöhen die Akzeptanz deutlich.
- Stufe 2: Die nächste Stufe der Automatisierung des Einsatzes von Telematikeinrichtungen mit computergestützten Fahrzeugführungs- und Sicherheitssystemen werden kritisch beurteilt, etwa 50 % empfinden diese Systeme als angenehm. Obwohl noch 70 % der Probanden eine hohe Test- und Kaufbereitschaft zeigen, würde der Kauf nicht unbedingt zur Nutzung solcher Systeme führen. Abstandswarn- und Abstandseingriffssysteme erzeugen bei 60 % der Befragten das Gefühl, die Kontrolle über den PKW aus der Hand zu geben, fast 50 % befürchten, die Freude am Fahren zu verlieren<sup>59</sup>. 90 % befürworten dementsprechend die jederzeitige Abschaltmöglichkeit der Systeme (vgl. auch European Commission 2000). Allgemein ist die Akzeptanz bei Systemen, die den Fahrer in seinem Ent-scheidungsverhalten z. B. durch ein automatisches Bremssystem einschränken, geringer als bei Systemen, die lediglich Verhaltenshinweise geben (Van der Laan et al. 1997).

---

<sup>58</sup> Bei 1074 bundesweit repräsentativ ausgewählten Autofahrern wurde die Akzeptanz als sog. Akzeptanzpyramide in vier aufeinanderfolgenden Stufen ermittelt.

<sup>59</sup> Durch den Verlust der Freude am Fahren wird eine wichtige Voraussetzung für die Wahl eines anderen Verkehrsmittels gelegt, vgl. Becker und Kals (1997).

- Stufe 3: Die höchste Stufe der Automatisierung, den Einsatz der vollautomatischen Verkehrsführung, empfinden nur noch knapp die Hälfte der Probanden als angenehm. Fast 60 % befürchten einen Verlust der Fahrfreude und haben starke Zweifel an der Zuverlässigkeit. Für über die Hälfte der Autofahrer ist ein solches System so fremd, dass sie sich zurzeit nicht vorstellen können, sich an ein solches System zu gewöhnen.

Generell sinkt die Akzeptanz also mit zunehmender Autonomieverlust-Einschätzung des Fahrers. Psychologische Merkmale wie Fahr motive, Fahrstile und Einstellungen haben zudem deutliche Auswirkungen auf die Akzeptanz. So akzeptieren Personen mit einer hohen Technikvertrautheit und mit einem starken Interesse am Auto und am Autofahren autonome Telematiksysteme eher. Allerdings befürchten besonders diese Personen den Verlust der Freude am Autofahren durch automatische Eingriffssysteme, so dass Fahrer mit einem starken Genussmotiv zwar eine höhere Akzeptanz aufweisen, gleichzeitig aber stärker die Abschaltbarkeit der Systeme fordern. Bei den soziodemographischen Merkmalen spielen Einkommen, Geschlecht, Bildung und Regionalität eine Rolle: Mit steigendem Einkommen und Bildung wächst die Kaufbereitschaft, Männer und Ostdeutsche zeigen eine höhere Test- und Kaufbereitschaft, eine geringe Akzeptanz zeigt sich bei Personen aus kleinen Dörfern. Altersunterschiede können nicht nachgewiesen werden.

### **7.3.3 Routenplanungs- und Auskunftssysteme**

Die Höhe der zu erwartenden verkehrlichen Wirkung hängt entscheidend von der unterstellten Endgeräte-Ausstattungsquote der Verkehrsteilnehmer ab (Kühne et al. 1999, S. 77).

Da Pre-trip-Informationen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl haben können, kann angenommen werden, dass Personen mit Verkehrsmittelalternativen hier einen höheren Informationsbedarf haben und dementsprechend ein höherer Nachfragebedarf besteht. Es zeigt sich auch die Bevorzugung von Pre-trip-Informationen beim Gelegenheitsverkehr, da die Verbindungen weniger bekannt sind und sich der Verkehrsteilnehmer vor Fahrtantritt informieren muss (Bock 1998, S. 128f).

Pre-trip-Informationen werden von 90 % der Nutzer positiv beurteilt, die Mehrheit der privaten Endnutzer wollen einen vergleichbaren Dienst in Zukunft definitiv nutzen (Kühne et al. 1999, S. 75). Bei RDSTMC wird die Befolgsrate von Verkehrsempfehlungen mit 60 bis 80 % als sehr hoch angenommen. 53 % der Verkehrsteilnehmer beziehen die Informationen regelmäßig, 47 % gelegentlich in die Routenplanung ein. Ähnliche Ergebnisse lassen sich auch in anderen (europäischen) Studien feststellen (European Commission 2000).

On-trip-Informationen spielen dagegen häufiger beim Gewohnheitsverkehr eine Rolle, da Informationen über Abfahrtszeiten oder Verspätungen von größerer Bedeutung sind (Bock 1998, S. 129). Innerhalb des STORM-Projekts ergab eine Nutzerbefragung eine hohe Akzeptanz der On-trip-Information (Kühne et al. 1999, S. 84). 97 % waren überzeugt, mit dem Zielführungssystem grundsätzlich schneller zu sein, in unbekanntem Gebieten folgten rund 85 %, in vertrauten Gebieten 49 % den Empfehlungen. On-trip-Geschwindigkeitsbeschränkungen werden gut befolgt, wenn die Anzeige zusätzlicher Informationen zur Begründung der Beschränkungen erfolgt. Warnhinweise ohne Geschwindigkeitsbeschränkungen sind weniger wirkungsvoll als eine Kombination, besonders eine Unfallwarnung erhöht die Akzeptanz (Balz und Ermer 1998)<sup>60</sup>. Das Bewusstsein über Wechselverkehrszeichen ist relativ gering (61 %), falls ein solches allerdings erkannt wird, wird es i.a. auch verstanden und angenommen (European Commission 2000, S. 68).

Im Rahmen einer im Juli 1998 durchgeführten bayernweiten Haushaltsbefragung (Bayerninfo<sup>61</sup>) wurde ebenfalls festgestellt, dass Pre-trip-Verkehrsinformationen vor allem bei Urlaubs- (80 %) und teilweise Geschäftsreisen (50 %) häufiger genutzt werden als bei Fahrten zur Arbeit oder in der Freizeit (43 %). Der Anteil der Verkehrsteilnehmer, die sich während der Fahrt mittels eines Personal Travel Assistant (PTA) informieren, beträgt bei allen Fahrzwecken 80 %. Verhaltensänderungen auf Basis besserer Verkehrsinformationen sind am ehesten bei Freizeit- und Besorgungswegen in Bezug auf die Routenwahl und die Abfahrtszeit zu erwarten. Besonders wichtig ist den Nutzern die Genauigkeit und Verständlichkeit der Informationen, deren Bedeutung die Einfachheit der Nutzung übersteigt (European Commission 2000).

Der in Bayerninfo realisierte innovative Verkehrsinformationsdienst findet sowohl bei den emotionalen als auch bei den rationalen Akzeptanzaspekten Zustimmung. Allerdings ist die Zahlungsbereitschaft für einen solchen Dienst relativ niedrig, ähnliche Ergebnisse sind bei europäischen Studien zu konstatieren (European Commission 2000, S. 4). Dies gilt besonders für Kosten der Datenkommunikation, hingegen werden Gerätekosten eher akzeptiert.

An der parallel zur schriftlichen Befragung stattgefundenen Erhebung bei Besuchern der Bayerninfo-Homepage beteiligten sich 250 Personen. Im Internet besonders stark nachgefragt werden Informationen zur Routenplanung, zu Staumeldun-

---

<sup>60</sup> Vgl. auch das Projekt TROPIC.

<sup>61</sup> Bayerninfo ist eine bayernweite informationstechnische Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger und die Zurverfügungstellung auch für private und öffentliche Informationsdienste mit Hilfe des Fahrgastinformationssystems EFA Bayern. Damit soll der Öffentliche Verkehr attraktiver gestaltet und informationsbedingte Zugangshemmnisse abgebaut werden. Um die Nutzerakzeptanz zu untersuchen, wurden Interneterhebungen, Gruppentests und eine bayernweite Repräsentativbefragung durchgeführt (Neuherz et al. 2000; Keller et al. 2001). Befragt wurden 866 Personen.

gen, zu Baustellen im Straßenverkehr sowie Fahrplaninformationen; das Interesse an neuen verkehrsrelevanten Informationen liegt besonders im Bereich des Öffentlichen Verkehrs<sup>62</sup>. Die Zufriedenheit der Nutzer mit dem Informationsangebot ist hoch bis sehr hoch. Seit Eröffnung der Bayerninfo-Homepage im Jahre 1996 stieg die Anzahl der Anwendersitzungen kontinuierlich von rd. 30.000 auf über 55.000 pro Monat Ende 1999 an. Es kann von einem signifikanten Potenzial für die Nutzung entsprechender Dienste im Internet sowohl für den Öffentlichen Verkehr als auch für den Individualverkehr ausgegangen werden.

Im Feldversuch mit 80 Personen nutzte unter realen Bedingungen die eine Hälfte der Probanden einen PTA, die andere Hälfte ihren privaten PC; wobei besonders die PTA-Version auf hohes Interesse seitens der Nutzer stieß.

### **7.3.4 Neue Bezahlungs- und Informationssysteme im Öffentlichen Verkehr**

Ein Vorteil von kontaktlosen Chipkarten liegt darin, dass der Fahrpreis automatisch berechnet und vom elektronischen Fahrschein abgebucht werden kann. Der Fahrgast muss sich daher nicht mit dem Tarifsystem auseinandersetzen. Gerade im Bereich neuer Bezahlungssysteme im Öffentlichen Verkehr ist es unabdingbar, dass dieses System eine hohe Akzeptanzquote erreicht. Der Grund liegt darin, dass der betreibende Verkehrsbetrieb statt einem nun zwangsläufig zwei teure Vertriebswege parallel laufen lassen muss, falls die Mehrheit der Fahrgäste auch weiterhin ihre Papierfahrscheine am Automaten löst (vgl. für das Folgende Gorr und Körper 2000).

Der Vorteil elektronischer Fahrplaninformationssysteme besteht in einer bequemeren Möglichkeit, sich vor Fahrtantritt über Fahrzeiten und/oder Verspätungen zu informieren. Elektronische Fahrplaninformationssysteme erhöhen den Komfort dadurch, dass sie als „einfacher zu bedienen“ empfunden werden als andere Auskunftssysteme (Bock 1988, S. 129; Munich Comfort Konsortium 1998, S. 88). Gerade regelmäßige ÖPNV-Nutzer verwenden ihn noch öfter, wenn ein leistungsfähiges elektronisches Fahrplaninformationssystem zur Verfügung steht (ebenda, S. 136).

### **7.3.5 Innovative Mobilitätskonzepte**

Neue Mobilitätskonzepte setzen im Allgemeinen bei einer effizienteren Nutzung und Verknüpfung der Verkehrsträger an. Dabei sollen Nachteile bestimmter Ver-

---

<sup>62</sup> Dies wird in verschiedenen europäischen Feldversuchen bestätigt (European Commission 2000, S. 12, 14).

kehrsmittel abgebaut und Vorteile stärker genutzt werden. Wichtig für den Erfolg solcher neuen Konzepte ist, dass dem potenziellen Nutzer die Vorteile bewusst gemacht werden können. Da neue Mobilitätskonzepte mit mehr oder weniger einschneidenden Verkehrsverhaltensänderungen einhergehen, muss der potenzielle Nutzer seine (routinisierten) Verhaltensweisen identifizieren, überdenken und ggf. modifizieren. Europaweite Feldversuche zeigen, dass die Motivation von Nutzern, z. B. an Car-Sharing teilzunehmen, primär monetär bedingt ist, wobei sich gleichzeitig das gewohnte (Tür-zu-Tür-) Reisezeitbudget nicht stark erhöhen darf. Das Marktpotenzial für Car-Sharing liegt dabei zwischen 0,5 und 4 % der Pkw-Nutzer (European Commission 2000, S. 15).

Das Forschungsprojekt Cash-Car<sup>63</sup> etwa setzt beim hohen Fixkostenanteil des privaten Pkw an. Bei einem Feldversuch werden die Auswirkungen der neuen Verkehrsdienstleistung erprobt und das Verkehrsverhalten unter geänderten Angebotsbedingungen untersucht. Der Kunde hat auf der Basis eines Full-Service-Leasing-Vertrags die volle Verfügbarkeit eines Pkw und zugleich die Möglichkeit, das Fahrzeug bei Nichtgebrauch an einer Car-Sharing-Station abzugeben und am Erlös aus der weiteren Vermietung beteiligt zu werden. Die Freigabe wird vom Kunden telefonisch oder über Internet bestätigt. Das Fahrzeug wird im Car-Sharing-Betrieb eingesetzt und der Freigabezeitraum dem Kunden vergütet. Damit besteht für den Kunden ein monetärer Anreiz, das Fahrzeug nicht zu nutzen.

Die Studie kommt zu dem Schluss, dass die Dienstleistung Cash-Car insgesamt gut angenommen wird. Eine effizientere Nutzung der Verkehrsmittel bedingt eine Verhaltensänderung (Verkehrsmittel, Spontaneität, Aktivitätszeit etc.) der Verkehrsteilnehmer. Daher ist davon auszugehen, dass die Marktdurchdringung solcher neuen Mobilitätsformen von den Gruppen ausgeht, die entsprechende Handlungsoptionen mit einem gering habitualisierten Verhalten und hohem Reaktionspotenzial aufweisen (Franke 2000; Lipps 2001).

Für den Erfolg von Cash-Car ist entscheidend, dass es nach einer gewissen Eingewöhnungszeit mit möglichst wenig Nachdenken in einer gewohnheitsmäßigen Form genutzt werden kann, d. h. der Planungs- und Organisationsaufwand muss niedrig und der Zugang einfach sein. Wichtig ist, dass sich die Nutzer auch während der Freigabezeiten des Cash-Car mobil fühlen, was durch eine kurze Fahrradverbindung oder eine günstige Anbindung mit Öffentlichen Verkehrsmittel erreicht werden kann. Cash-Car und der ÖPNV verhalten sich komplementär zueinander. Insofern ist Cash-Car für hoch verdichtete Stadträume mit einer starken Integration und einem einfachen Übergang zwischen den verschiedenen Verkehrsmitteln prädestiniert.

---

<sup>63</sup> Vgl. Canzler und Franke 2000 und <http://www.mobiball.de/projekte/cashcar.htm>. Das in Cash-Car befragte nicht repräsentative Sample bestand in der ersten Interviewwelle (Frühjahr 1999) aus 51 am Angebot interessierten, 7 aktuellen und 5 ehemaligen Cash-Car-Nutzern.

Eine andere Maßnahme zur effizienteren Nutzung von Verkehrsträgern ist zum Beispiel die Einführung von Semestertickets für Studenten. Eine Untersuchung der Wirksamkeit des Semestertickets in Gießen auf der Basis der Theorie des geplanten Verhaltens hat gezeigt, dass es nach der Einführung des Semestertickets zu einer positiven Veränderung in den Mittelwerten der von den Studierenden mit der Benutzung bei Hochschulwegen verbundenen Verhaltenskonsequenz und Kontrollüberzeugungen kommt (Bamberg und Schmidt 1997). Die festgestellten Veränderungen in den kognitiven Überzeugungen bedingen, vermittelt über entsprechende Veränderungen in der Einstellung, subjektiven Norm, Verhaltenskontrolle und Intention eine deutlich stärkere Busnutzung der Gießener Studierenden nach Einführung des Semestertickets.

### 7.3.6 Innerstädtische Straßenbenutzungsgebühren

Höhere Preise für die Nutzung der Straßeninfrastruktur sind in der Bevölkerung wenig bekannt und werden im Gegensatz zu Pull-Maßnahmen (Park & Ride-Plätze<sup>64</sup>, Verbesserung des ÖPNV) weitgehend abgelehnt. Auf der anderen Seite werden preisliche Maßnahmen zur Steuerung des Verkehrsverhaltens von Experten als besonders verhaltenswirksam angesehen (Schade und Schlag 2001). Somit ist es bislang nicht gelungen, die wohlfahrtsmehrenden Wirkungen preispolitischer Instrumente genügend herauszuarbeiten und politisch zu kommunizieren.

Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts „PRIMA“ (Güller et al. 2000) wurde eine repräsentative Umfrage (Herbst 1999) bei je 500 Einwohnern der Stadtregionen von Barcelona, Oslo, Marseille, Lyon, Stockholm, Rotterdam, Bern und Zürich über die Akzeptanz von Road-Pricing durchgeführt. TransPrice (Schade und Schlag 2001) untersuchte bei 1459 Personen in sechs europäischen Städten die prospektive Einschätzung von Verkehrsteilnehmern zu unterschiedlichen Road-Pricing-Maßnahmen. Road-Pricing als Finanzierungsmöglichkeit von Straßen und ÖV-Infrastruktur wird von den betroffenen Verkehrsteilnehmern begrüßt, allerdings weniger als Maßnahme zur Bekämpfung von Stau und Umweltbelastung. Dasselbe gilt für die Kompensationsleistungen: Road-Pricing wird mehrheitlich begrüßt, wenn dafür die Kfz- und Mineralölsteuer verringert wird (European Commission 2000, S. 17).

---

<sup>64</sup> Das Bewusstsein über und der Bekanntheitsgrad von Park & Ride-Plätzen kann besonders durch Wechselverkehrszeichen erhöht werden (European Commission 2000, 6, 136). Informationen zu Park & Ride werden zumeist sehr positiv beurteilt, häufigster Kritikpunkt ist die schlechte Lesbarkeit (Munich Comfort Konsortium 1998, S. 48).



In Feldversuchen<sup>65</sup> zeigt sich, dass häufige Reaktionen die Bildung von Fahrergemeinschaften, eine zeitliche Verlagerung der Fahrt oder die Verwendung anderer (geringer oder nicht bepreister) Routen sind. Der Umstieg auf andere Verkehrsmittel spielt keine dominante Rolle. Bei Umwegen werden zeitliche Verluste nicht in Kauf genommen. Wenn die Alternativstrecken keine großen Komfortverluste mit sich bringen, ist aber mit größeren Schleichverkehren zu rechnen, was bei der Planung zu berücksichtigen ist (Mock-Hecker 1998, S. 33).

Die Akzeptanz<sup>66</sup> von innerstädtischen Road-Pricing-Systemen ist abhängig von bereits bestehenden Erfahrungen mit Road-Pricing, zum Beispiel aus der Bepreisung von Strecken des Fernstraßennetzes. Dabei ist dem Zusammenspiel von städtischem und Überland-Road-Pricing besondere Beachtung zu schenken. An den Schnittstellen sind unterschiedliche Verkehre (z. B. Fernverkehr und Pendler) betroffen, was zu Missmut einzelner Gruppen führen kann. Akzeptanz kann nicht sofort von einer Mehrheit der Bevölkerung erwartet werden, allerdings zeigen Erfahrungen in verschiedenen Städten, dass sich die Akzeptanz nach der Einführung von Road-Pricing verbessert. Sie kann während des Betriebs von Road-Pricing aber auch wieder schwinden; etwa wenn das Bevölkerungswachstum sich immer mehr in die von bepreisten Stadtzufahrten besonders betroffenen Agglomerationsgürtel erstreckt.

Frey (2002) hat folgende Hauptgründe für Akzeptanzbarrieren von Road-Pricing-Systemen identifiziert: Auf Seiten der Nutzer sind es Missverständnisse (Für ein scheinbar freies Gut soll nun gezahlt werden), Preis-Aversion (Die Nutzer vermuten eine Kontrollfunktion hinter der Pricing-Maßnahme), Aversion gegen staatliche Maßnahmen (Die Nutzer lehnen eine zusätzliche „Steuer“ ab) und Verteilungsinteressen (Die Nachteile werden offensichtlicher kommuniziert als die Vorteile). Bei den politischen Akteuren mindern geringe Wiederwahl-Aussichten und die Illusion, dass nur direkte Interventionen unmittelbar effektiv sind, die Akzeptanz von Road-Pricing. Für Frey ist die nur begrenzte Akzeptanz somit das Resultat eines politisch-ökonomischen Gleichgewichtsverhältnisses und ihr wäre nur durch eine Dezentralisierung der politischen Entscheidungsfindung entgegenzuwirken (Frey 2002).

Eine weitere Studie zur Ermittlung von Akzeptanzfaktoren von Pricing-Modellen (Projekt PRIMA; Güller 2002) kommt zu folgenden Ergebnissen: Akzeptanz steht in Verbindung mit den von Nutzern, Nicht-Nutzern, Investoren und Systemanbie-

---

<sup>65</sup> In MobilPASS (Mock-Hecker 1998) wurde das Verkehrsverhalten von rund 400 Stuttgarter Pkw-Fahrern während eines Jahres erhoben. Für den Versuch wurde ein zu bestimmten Zeiten gebührenpflichtiger Cordon um die Innenstadt am Stuttgarter Kesselrand entlang realisiert. Eine gute ÖPNV-Alternative mit Pkw-Anbindungen war gewährleistet.

<sup>66</sup> Vgl. die Akzeptanzbefragung im Rahmen des Schweizerischen Nationalen Forschungsprojekts NFP Nr. 41.

tern jeweils wahrgenommenen Vorteilen. Zudem ist die Akzeptanz abhängig von alternativen Möglichkeiten der Verkehrsnutzung und der Höhe und Art der Gebühren. Besonders interessant ist, dass auch hier betont wird, dass die Gestaltung des Entscheidungsfindungsprozesses sowohl für die Einführung, Diskussion als auch Implementation von hoher Bedeutung ist. Das Verhandlungsgeschick der beteiligten Akteure auf verschiedenen Ebenen ist entscheidend. Von Anfang an sind die diskursiven Maßnahmen Ausschlag gebend, um den Entscheidungsfindungsprozess erfolgreich zu vermitteln. Somit kommt die Studie zu dem Schluss, dass die Akzeptanz für Road-Pricing-Systeme in offenen Kommunikationsprozessen höher ausfällt (Güller 2002).

### **7.3.7 Telematikeinsatz für die Verkehrsplanung**

Für die Ermittlung und Prognose der Verkehrsnachfrage im Personenverkehr ist die Kenntnis des individuellen Verkehrsverhaltens notwendig. Diese Informationen müssen mit einem geeigneten Instrumentarium und einem validen Erhebungsverfahren erfasst werden. Üblicherweise werden hierzu schriftliche Haushaltsbefragungen durchgeführt.

Dem gegenüber werden Daten zum Verkehrsverhalten im Rahmen des Projekts TeleTravel-System<sup>67</sup> (TTS) weitgehend automatisch und zeitnah erfasst und mit Hilfe eines mobilfunkbasierten Systems ohne zusätzliche GPS-Informationen direkt zur Ortsbestimmung an einen Zentralrechner übertragen. Eine wesentliche Komponente stellt dabei das Ortungssystem dar, mit dessen Hilfe die Position von Verkehrsteilnehmern über ein handelsübliches Mobiltelefon bestimmt werden kann. Für die Akzeptanz von Mobiltelefonen als Erhebungsinstrumente sind verschiedene Einflussfaktoren, wie z. B. die Benutzerfreundlichkeit, ergonomische Bedienbarkeit sowie eine möglichst geringe Belastung des Nutzers zu berücksichtigen.

Als zentrales Ergebnis wird der Umgang mit dem Verkehrshandy bereits nach dem ersten Untersuchungstag von 78 % aller Teilnehmer als „sehr leicht“ oder „leicht“ eingestuft. Die häufigsten Nennungen der Antwortkategorie „schwer“ traten bei Rentnern mit Handy, Hausfrauen und Nichterwerbstätigen ohne Handy auf. Zusammenfassend lässt sich eine im Vorfeld nicht zu erwartende positive Beurteilung seitens der Testpersonen feststellen. Erwartungsgemäß empfinden Personen, die bereits vorher im Umgang mit einem Mobiltelefon geübt sind, die zusätzlichen Funktionen des elektronischen Fragebogens „leichter“ als Personen, die noch nie ein Handy benutzt hatten.

---

<sup>67</sup> Vgl. zum Folgenden den Schlussbericht des Projekts TeleTravel im Rahmen der BMBF Mobilitätsforschungsinitiative „Mobilität und Verkehr besser verstehen“ <http://www.tubs.de/institute/ivs/deutsch/forschung/schlussberichtts.pdf>. Die Akzeptanzuntersuchungen fanden im März/April 2000 in Braunschweig an 154 Probanden statt.

Die Belastung der Teilnehmer empfanden auch hier Personen, die bereits vorher im Umgang mit einem Mobiltelefon geübt waren, geringer als Personen, die noch nie ein Handy benutzt hatten. Für 69 % der Testteilnehmer stellt es kein Problem dar, ein Handy mitzuführen und auch zu benutzen. Weiteren 20 % ist es „wenig“ unangenehm und nur 11 % hatten größere Probleme, mit einem Handy in der Öffentlichkeit umzugehen. In dieser letzten Gruppe finden sich interessanterweise ausschließlich Hausfrauen und Studierende, die angaben, „es sei peinlich, in der Öffentlichkeit ein Handy zu benutzen“ oder die Probleme in der Unterbringung des Gerätes sahen.

Im Vergleich mit dem konventionellen Fragebogen antworteten 80 % der Testteilnehmer, das Verkehrshandy gefalle ihnen besser. Diese Beurteilung wird vor allem durch den „geringeren Aufwand“ begründet: Das Verfahren „Handy“ sei bequemer, einfacher und schneller. Zudem seien Zeit- und Ortsangaben bei diesem Verfahren nicht notwendig und die Eingabe direkt bei jedem Weg fordert vom Nutzer keine Erinnerungsleistung.

Personen, die sich für den Fragebogen aussprachen, gaben hingegen als dessen größten Vorteil an, dass sie keiner kontinuierlichen Belastung ausgesetzt waren und es daher als „einfacher“ empfanden, ihre Wege mit dem herkömmlichen Verfahren zu dokumentieren.

Der quantitative Vergleich der Antworten auf diese Frage zeigt, dass 124 Personen, die das „Verkehrshandy“ als besser einstufen, durchschnittlich 1,9 Gründe pro Person angeben. Im Gegensatz dazu geben die 30 Personen, die beide Methoden als gleichwertig empfinden oder den Fragebogen befürworteten im Mittel nur 0,7 Begründungen pro Person ab.

Die Vorteile des telematikgestützten Verfahrens werden also für den Nutzer klar erkennbar und lassen auch deshalb eine große Akzeptanz des Erhebungsinstrumentes erwarten. Erwähnt werden muss die Tatsache, dass in der Untersuchung keine Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes geäußert werden. Es ist also durch ausführliche Information der Teilnehmer über Presse, Anschreiben und Erklärung zum Datenschutz vor einer Untersuchung möglich, Datenschutzprobleme zu vermeiden und damit die generelle Akzeptanz der Erhebung zu erhöhen.

In der Akzeptanzuntersuchung konnten keine wesentlichen Unterschiede im Umgang zwischen den einzelnen Gruppen festgestellt werden. Das Erhebungsinstrument ist sowohl für Handy-Nutzer als auch für Personen, die vorher kein Mobiltelefon genutzt haben, intuitiv bedienbar und leicht verständlich. Für eine spätere Erhebung bedeutet dies, dass auch Personen, die kein Mobiltelefon besitzen oder nutzen, bei der Stichprobenauswahl berücksichtigt werden können, und dass bei ihnen nicht mit einem Qualitätsverlust bei der Datenerfassung gerechnet werden muss.

Die verkehrslenkende Wirkung bei Steuerungssituationen ist abhängig von der Befolgungsrate (Anteil der Fahrzeuge, die die Wegempfehlung befolgen) und dem Anteil der Fahrzeuge, die in Abhängigkeit vom Fahrtziel die Umleitungsempfehlung annehmen können. Empirische Untersuchungen haben ergeben, dass eine Abhängigkeit zwischen Befolgungsrate und Umwegfaktor besteht, indem die Befolgungsrate mit abnehmendem Umwegfaktor zunimmt (Balz 1995; Kühne et al. 1999, S. 63). Neuere Berechnungen nehmen eine Befolgungsrate von 20 % an und der Anteilswert der Fahrzeuge, die die Umleitung annehmen, liegt im Durchschnitt bei etwa 10 % (Zackor et al. 1997). Das ergibt eine mittlere Umleitungsrate des Gesamtverkehrs einer Strecke von 2 % (Kühne et al. 1999, S. 63).

## **7.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

In diesem Kapitel sind schwerpunktmäßig innovative Verkehrsmanagementsysteme im privaten Verkehr daraufhin untersucht worden, inwieweit sie gewünscht, nachgefragt und akzeptiert werden bzw. würden und durch welche Determinanten dies beeinflusst wird. Zu diesen Systemen gehören kollektive konventionelle Systeme wie Lichtsignalsteuerung und Verkehrsfunk, Reiseinformations- und Zielführungssysteme, Fahrzeugsteuerungssysteme und Systeme zur Beeinflussung modalen, zeitlicher und räumlicher Verkehrsnachfrage. Nach Aussage des BMVBW (2002) basiert die Einführung der Verkehrstelematik in Deutschland auf einer klaren, zwischen Politik, Verkehrsträgern, Industrie und Dienstleistern abgestimmten Rollen- und Aufgabenverteilung. Diese Formulierung verdeutlicht, dass eine stärkere Einbindung der Endnutzer in die Entwicklung seitens der Promotoren erforderlich ist.

Auch die Ergebnisse der Pilotstudien zeigen, dass die Nutzeranforderungen häufig unzureichend erfüllt werden. Die Ermittlung dieser Anforderungen gestaltet sich schwierig, da gerade das Mobilitätsverhalten im Alltag stark habitualisiert ist und Bedingungen zur Veränderung des Verhaltens entsprechend schwierig zu operationalisieren sind. Den Akteuren des Promoter-Umfelds, sei es aus Politik oder Industrie, wird ein hohes Potenzial an Initiativwirkung zugeschrieben. Insbesondere der Automobilindustrie kommt eine wirtschaftliche Schlüsselrolle zu.

Als grundsätzliche Determinanten für die private Nachfrage, mit unterschiedlicher Ausprägung je nach Anwendungsbereich, gelten die soziodemographische Entwicklung, Pkw-Verfügbarkeit, Entwicklung der Raumstrukturen, das Ausmaß der Zwangsmobilität, die Entwicklung des Realeinkommens, Freizeitverfügbarkeit und Kosten für die Verkehrsmittelnutzung. Für die Güterverkehrsnachfrage sind der Umfang und die räumliche Struktur von Produktionsprozessen, die Anteilsentwicklung des Sektors, der Grad der (internationalen) Arbeitsteilung, die Intensität der Handelsverflechtungen, der Grad der wirtschaftlichen Integration und Globali-

sierung der Wirtschaftsbeziehungen und die Höhe der Transportkosten entscheidend. Das besonders starke Anwachsen des Marktanteils des Straßengüterverkehrs zu Lasten des Schienen- und Binnenverkehrs (Modal Split) wird auf zwei Faktoren zurückgeführt (ebd., S. 18). Zum einen wirkt der Güterstruktureffekt, d. h. ein Anteilswachstum der Konsum- und Investitionsgüter, für die der Straßengüterverkehr effizienter ist, zu Lasten der Grundstoffproduktion. Zum anderen besteht ein Logistikeffekt, d. h. die Tendenz zur Fertigungssegmentierung, „just-in-time“-Produktion und elektronisches Supply-Chain-Management, ergänzt durch wettbewerbsbedingt niedrige Transportpreise.

Aberle (2001) sieht in der Verkehrsinfrastrukturkrise, die er als ausschließlich finanzpolitisch bedingt betrachtet, eine schwere Belastung für den Standort Deutschland.

Darüber hinaus haben virtuelle Mobilitätsangebote, z. B. durch das Internet und die Digitalisierung der Wirtschaftsprozesse, vielfältige, sowohl mobilitätsinduzierende als auch -substituierende Auswirkungen auf das Mobilitätsgeschehen: Virtuelle Mobilität hat physische Mobilität zur Folge und physische Mobilität ermöglicht virtuelle Mobilität.

Die technologischen Entwicklungen werden durch eine auch im internationalen Vergleich besonders hohe FuE-Aktivität der Automobilbranche und der daran gekoppelten Elektronikindustrie weiter vorangetrieben. Auch die Marktbedingungen scheinen günstig zu sein. Entsprechend hoch ist der Stellenwert der Akzeptanz als entscheidendem Faktor für eine erfolgreiche Diffusion der Anwendungen. Für den Standort Deutschland gilt, dass die Automobilbranche, seit Jahrzehnten ein Innovationsmotor, eine besondere Promotorenrolle übernehmen kann. Jedoch gilt es mittel- und langfristige nachhaltige intermodale Mobilitätskonzepte zu entwickeln, um der stark wachsenden Beförderungsnachfrage gerecht werden zu können und Alternativen zum Automobilverkehr anbieten zu können. Ohne eine Stärkung der informationstechnischen Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs, insbesondere auch des Bahnsektors, können notwendige Veränderungen unseres Verkehrsverhaltens nicht gelingen.

#### **7.4.1 Weiterer Forschungsbedarf**

Wichtig für die Akzeptanz der Verkehrstelematik ist es, den Nutzen für den Einzelnen und die Allgemeinheit transparent machen zu können. In diesem Zusammenhang existiert derzeit noch ein enormes Defizit an geeigneten Daten und auf diesen basierende Verkehrsnachfragemodelle, die die Wirkung von Verkehrstelematiksystemen unter Einbezug der Zwänge, Prozesse und potenziellen Reaktionen der betroffenen Verkehrsteilnehmer abbilden können (Lipps 2001; Bock 1998, S. 113). Hierzu müssen mögliche Wirkungen der einzelnen Systeme mit den verschiedenen

Ebenen des Verkehrsverhaltens in Beziehung gebracht werden können, d. h. die Änderung von Ziel, Abfahrtszeit, Verkehrsmittel oder/und der Route.

Es kann vermutet werden, dass in Akzeptanzstudien in erster Linie interessierte Personen beteiligt sind (Schwerdtfeger 1995, S. 106), da sich die Rekrutierung von teilnahmebereiten Personen häufig als schwierig erweist. So liegt bei den untersuchten Zielpersonen häufig ein hohes technisches Verständnis mit gegenüber der Grundgesamtheit verzerrten Verhaltensweisen vor. Zwar helfen solche Studien, erste Akzeptanztendenzen einschätzen zu können. Eine für eine große Bevölkerungsgruppe repräsentative Aussage lässt sich hieraus jedoch nicht ableiten. Somit besteht Bedarf, weitere, breit angelegte sozioökonomische oder –demographische Studien über die Akzeptanz der potenziellen Nutzer durchzuführen, um damit die zu erwartenden Verhaltensänderungen hinreichend genau abschätzen zu können (Schnittger und Zumkeller 2000): Viele Studien beruhen auf kleinen, verzerrten Stichproben oder auf Einschätzungen zu hypothetisch vorgegebenen Maßnahmen. Im Zusammenhang mit Verkehrstelematikanwendungen sollte jedoch stärker das tatsächliche Verhalten an Stelle von Einstellungen gemessen werden, da die Handlungsrelevanz von Einstellungen gering ist (Preisendörfer 1998). Begleitende Umweltstudien zur Abschätzung möglicher Verhaltensänderungen müssen sich stärker den Ursache-Wirkungsbeziehungen widmen. Abgesicherte und umfassende Erkenntnisse über das quantitative Wirkungspotenzial<sup>68</sup> in Bezug auf alle betroffenen Verkehrsteilnehmer liegen für Verkehrstelematikanwendungen – insbesondere bezüglich langfristiger Verhaltensänderungen und für bevölkerungsrepräsentative Stichproben – auf Grund der bislang noch unzureichenden Kenntnis der Verhaltensänderung der betroffenen Nutzer nicht vor.

Für eine quantitative Prognose der zu erwartenden Wirkungen sollten daher die Ergebnisse der Akzeptanzstudien aus den Leitprojekten „Mobilität in Ballungsräumen“ analysiert werden. Zusätzlich sollten auf Basis von bevölkerungsrepräsentativ angelegten Studien die auf die unterschiedlichen Ebenen des Verkehrsverhaltens wirkenden Einflüsse quantifiziert werden.

Ein entscheidender Punkt ist auch die Information der Verkehrsteilnehmer: eine Voraussetzung für den Erfolg der Verkehrstelematik besteht darin, dass seitens des potenziellen Nutzers ein erhebliches Informationsdefizit über die zur Verfügung stehenden Verkehrsoptionen vorliegt und er sich dieses Defizits auch bewusst ist. Zusätzlich muss er die Überzeugung haben, dass dieses Defizit mit Hilfe der Verkehrstelematik auch abgebaut werden kann. Generell ist derzeit noch unklar, ob – falls hierüber überhaupt eine Erkenntnis vorliegt – entsprechend hohe Mehrwerte

---

<sup>68</sup> In Kühne et al. 1999 und im Anhang des Schlussberichts des BMVBW-Auftrags Wirkungspotentiale der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsmittelnutzung (<http://www.bmvbw.de/Anlage6797/Schlussbericht.pdf>; S. 151ff) werden aktuelle Telematikanwendungen beschrieben und die jeweilige Nutzerakzeptanz qualitativ abgeschätzt.

besonders durch Zeitersparnis mit Hilfe des Einsatzes von Verkehrstelematik soweit gegeben sind, dass sie die hohen Kosten der privaten Anschaffung bzw. der öffentlichen Ausstattung kompensieren können.

Zudem bleibt die Interaktion Mensch-Maschine weiterhin eine Schwachstelle vieler Telematikanwendungen (Prognos et al. 2001). So bleiben weiterhin die Identifikation der genauen Nutzeranforderungen, die Analyse der Marktakzeptanz (Keller 2001) mit Zahlungsbereitschaftsuntersuchungen und die Frage nach geeigneten Erlösmodellen<sup>69</sup> die vordringlichsten Forschungsaufgaben.

Darüber hinaus sind die Auswirkungen virtueller Mobilitätsangebote, z. B. durch das Internet und die Digitalisierung der Wirtschaftsprozesse, weiter zu erforschen, um ihre vielfältigen verkehrlichen Wirkungen besser abschätzen zu können.

#### **7.4.2 Handlungsempfehlungen**

Im Hinblick auf die Etablierung der Verkehrstelematik und innovativer Mobilitätsdienstleistungen als positivem Standortfaktor empfehlen sich die folgenden Begleituntersuchungen und Aktivitäten (insbes. Zoche et al. 2002; Hecker 1997; Zackor und Keller 1999; Keller et al. 2001; Schade und Schlag 2001; Dittler 2001):

- Der Nutzen von individualbasierten Verkehrsstaumeldungen besteht darin, dass bei geringer Marktdurchdringung der einzelne Nutzer einen strategischen Informationsvorteil gegenüber den anderen Verkehrsinfrastrukturbenutzern besitzt. Eine völlige Marktdurchdringung ist aus Sicht des Einzelnutzers unerwünscht, da dann der Nutzen für den einzelnen Nutzer reduziert wird; es kann sich ein Netzgleichgewicht auf Basis vor der Installation der Telematikeinrichtung einstellen. Daher ist davon auszugehen, dass sich die Akzeptanz mit zunehmender Diffusion verringert. Im Sinne eines marktconformen Gesamtoptimums könnte eine Lösung die Bereitstellung qualitativ unterschiedlicher Informationen für verschiedene Nutzergruppen in Abhängigkeit von Zahlungsbereitschaft und Dispositionsmöglichkeiten sein.
- Der einzelne Verkehrsteilnehmer muss ein Informationsdefizit haben und sich dessen bewusst sein, um Systeme der Verkehrstelematik überhaupt nutzen zu wollen. Entscheidend ist die Erschließung konkreter Nutzergruppen und Zielgruppen für bestimmte Produkte und die Überzeugung von den konkreten Vorteilen besonders für den einzelnen Nutzer, aber auch für die Gesellschaft. Wichtig ist auch, dass die entsprechende Zielgruppe mit der angemessenen Telematik-

---

<sup>69</sup> Einige Experten sprechen sogar davon, dass seitens der privaten Nutzer von Telematikeinrichtungen keine nennenswerten Zahlungsbereitschaften bestehen und als Konsequenz der Infrastrukturbetreiber die Telematikeinrichtung als festen, unverzichtbaren Bestandteil in die Infrastruktur integrieren müsse (Schreckenberger in Forschungs- und Anwendungsverbund Verkehrssystemtechnik Berlin 2001, 74).

anwendung konfrontiert wird, die genau ihren Optionen und Freiheitsgraden<sup>70</sup>, aber auch dem Grad ihrer Aufgeschlossenheit gegenüber der neuen Technologie entspricht. Mit dem betroffenen Verkehrssystem vertraute Personen, die eine hohe Technologieaffinität haben und bereits über Erfahrung mit technischen Geräten verfügen, bringen tendenziell ein höheres Vertrauen in die neue Technologie mit und sind fortgeschritteneren Technologien gegenüber aufgeschlossener. Bei Personen, die etwa öffentliche Verkehrsmittel häufig nutzen, liegt eine erhöhte Aufgeschlossenheit gegenüber innovativen Telematikanwendungen im öffentlichen Verkehr vor. Hier besteht das Problem vor allem darin, Nicht- und Wenignutzer von den Vorteilen des ÖV zu überzeugen.

- Bei neuen Mobilitätskonzepten, die einen starken Bruch des routinisierten Verkehrsverhaltens bedingen (z. B. Verkehrsmittelwechsel) sind flankierende Informationen (z. B. Mobilitätsberatung) bereitzustellen. Wichtig für die Betreiber solcher Mobilitätskonzepte ist die Erkenntnis, dass potenzielle Kunden umso eher den neuen Technologien aufgeschlossen sind, je stärker sie mit einem Bruch des gewohnten Verkehrsverhaltens konfrontiert sind. Die neuen Systeme sind so auszurichten, dass sich nach einer Eingewöhnungsphase eine erneute Routinisierung des Verkehrsverhaltens einstellen kann. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass Personen in größeren Städten mit einem höheren Bildungs- und Einkommensniveau (Trendsetter) solchen Konzepten aufgeschlossener gegenüber stehen.
- Bei Informations- und Zielführungssystemen (Hard- und Software) ist die Anwendung eines niedrigen Einführungspreises für die angebotenen Basisanwendungen wichtig, da gerade die Zahlungsbereitschaft für die Datenbereitstellung sehr gering ist (Prognos et al. 2001). Nach Überwindung dieser Einführungsschwelle ist es wahrscheinlich, dass durch die positive Erfahrungen mit den Systemen die Zahlungsbereitschaft steigt und komfortablere Lösungen angeschafft werden. Bei automatischen Systemen ist es wichtig, dass eine gewisse Autonomie des Fahrers gewährleistet werden kann. Eine zuverlässige, schnelle und flächendeckende Aktualisierung der Informationen, besonders wenn Störungen im ÖV oder Staus im IV auftreten, sollte selbstverständlich sein. Bei kollektiven Verkehrsbeschränkungen, z. B. Geschwindigkeitsbeschränkungen durch Wechselverkehrszeichen, sollte zur Erhöhung der Befolgungsrate der Grund hierfür (z. B. erhöhte Unfallwahrscheinlichkeit) deutlich gemacht werden. Wechselverkehrszeichen eignen sich auch gut, um in Abhängigkeit von der Verkehrssituation auf Park & Ride-Plätze hinzuweisen.
- Eine stärkere Einbindung der Endnutzer in die Entwicklung der Endgeräte seitens der Hersteller wäre sinnvoll, um die Bedienbarkeit der Geräte zu optimieren. Wichtig ist auch die Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion, z. B. durch einfache Bedienbarkeit mittels einer Sprachsteuerung. Bei neuen Abbuchungs-

---

<sup>70</sup> Etwa bei Information über neue Mobilitätskonzepte.



oder Gebührensystemen (z. B. im ÖV oder bei Road-Pricing) ist auf eine rechtzeitige und umfassende Information der potenziellen Nutzer zu achten.

- Bei preispolitischen Maßnahmen müssen die Ziele mit wichtigen Interessen der Öffentlichkeit übereinstimmen und die Verwendung der Erlöse transparent gemacht werden. Diese Verwendung sollte zweckgerichtet zur Verbesserung der Verkehrsbedingungen eingesetzt werden, die Betroffenen sollten einen Nutzen erfahren (Mock-Hecker 1998).
- Eine flächendeckende Datenversorgung ist eine wichtige Voraussetzung für eine hohe Nutzerakzeptanz. Die kommerzielle Einführung wird nicht empfohlen, falls die Information noch nicht flächendeckend und qualitativ nicht ausreichend zur Verfügung steht. Wichtig ist auch die Realisierung eines europaweiten Standards, um die Kosten der Informationsvernetzung gering zu halten. Es wird angeregt, im öffentlichen Verkehr Reisekosten und Verspätungsmeldungen flächendeckend zur Verfügung zu stellen. Mit dem PTA-Dienst sollte auch ein Vergleich der Kosten zwischen verschiedenen Routen und Verkehrsmitteln möglich sein.
- Eine rasche Regelung der noch offenen Fragen zum Datenschutz und Kommunikation der Ergebnisse ist erforderlich, um Befürchtungen entgegenzuwirken, etwa einer Erstellung von „Bewegungsprofilen“ zur Nutzung von Werbezwecken oder die Telematik als Instrument zur Implementierung ordnungsrechtlicher oder preispolitischer Maßnahmen zu nutzen (Prognos et al. 2001; Steinicke in Forschungs- und Anwendungsverbund Verkehrssystemtechnik Berlin 2001, S. 76).
- Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Faktor der deutschen IuK-Marktentwicklung ist der Aspekt der Datensicherheit und des Vertrauens der Konsumenten in die Technik sowie in die Anbieter. Unterstützende politische Maßnahmen sind mehr als je zuvor gefordert, um die beschleunigte technologische Entwicklung nachhaltig und verträglich für die Gesellschaft zu gestalten.

## 7.5 Zitierte Literatur

- Aberle, G. (2001): Krise der Verkehrsinfrastruktur – Belastung für den Standort Deutschland. In: Zukunft der Bewegung. Perspektiven und Konzepte für Mobilität und Infrastruktur. Analysen, Materialien und Fortschreibung des Mobilitätskongresses 2000. Hgg. v. Forum Zukunft Bauen, Köln: InformationsZentrum Bauen, S. 14-21
- Arlt, A. (2000): Von der Haushaltsfinanzierung zur Nutzerfinanzierung. In: TA Datenbank Nachrichten 4/2000 (Nr. 4)
- Balz, W.; Ermer, P. (1998): Feldversuche zur Bestimmung der Wirkungen verschiedener Kombinationen von WVZ-Anzeigen. In: Straßenverkehrstechnik 12/98

- Bamberg, S.; Niestroy, M.; Weber, C. (2000): Wie schätzen Verkehrsexperten die Effektivität von Maßnahmen zur Vermeidung und Verlagerung von Pkw-Fahrten ein? In: Internationales Verkehrswesen (52) 11/2000
- Bamberg, S.; Schmidt, P. (1997): Theoriegeleitete Evaluation einer umweltpolitischen Maßnahme: längsschnittliche Überprüfung der Wirksamkeit des Gießener Semestertickets mit Hilfe der Theorie des geplanten Verhaltens. In: Zeitschrift für Sozialpsychologie, Bd. 1997, 28, S. 280-297
- Becker, R.; Kals, E. (1997): Verkehrsbezogene Entscheidungen und Urteile über die Vorhersage von umwelt- und gesundheitsbezogenen Verbotsforderungen und Verkehrsmittelwahlen. In: Zeitschrift für Sozialpsychologie 1997, 28, S. 197-209
- Bock, E. (1998): Telematik im Personenverkehr: Technologien und Reaktionspotenziale der Verkehrsnachfrager. Wiesbaden: Dt. Univ. Verlag
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2001): Pressemitteilung Nr. 119/2001
- Bundesministerium für Verkehr, Bau. und Wohnungswesen (BMVBW) (2001): Auswirkungen der Informations- und Kommunikationstechnologien auf das Verkehrsaufkommen und innovative Arbeitsplätze im Verkehrsbereich. Bericht des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Wirtschaft und Technologie, Bildung und Forschung unter Mitwirkung von Industrie, Verkehrswirtschaft, Verbänden und Gewerkschaften, Berlin, November 2001
- Bundesministerium für Verkehr, Bau. und Wohnungswesen (BMVBW) (2002): Daten und Fakten Mobilität und Verkehr. Berlin
- BVUifo/ITP/PLANKO (2001): Verkehrsprognose 2015 für die BVWP, Schlussbericht im Auftrag des BMVBW
- Canzler, W.; Franke, S. (2000): Autofahren zwischen Alltagsnutzung und Routinebruch. Bericht 1 der choice-Forschung. In: WZB papers FS II 00102
- Canzler, W.; Knie, A. (2000): „New Mobility“? Mobilität und Verkehr als soziale Praxis. In: Aus Politik und Zeitgeschichte, Beilage in Das Parlament, 3.11.2000, B4546, S. 29-38
- Computer Zeitung (2001): Das Auto von morgen wird auch ein Computerarbeitsplatz sein (ohne Autor). In: Computer Zeitung 36/6
- Cuhls, K. et al. (1998): DELPHI '98 Umfrage. Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Hrsg. vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe
- Denzinger, S. (2001): Auswirkungen alternierender Telearbeit auf das Verkehrsverhalten. In: Schriftenreihe des Institut für Straßen und Verkehrswesen der Universität Stuttgart
- Deutscher Bundestag (1998): Drucksache 13/11447, Bonn
- Dicke, B. (1995): Telematik im Verkehr – Chancen und Risiken für den Produktionsstandort Deutschland. In: Müller, Hohlweg (Hrsg.): Telematik im Straßenverkehr. Berlin: Springer u. a.
- Enkelmann, W. (Hrsg.) (1999): Fraunhofer-Studie Verkehrstelematik. Fraunhofer Institut für Informations- und Datenverarbeitung IITB, Karlsruhe

- European Commission, DG IST (2000): Selected valid results from the transport sector of the telematics application programme (1994-1998 TAP), 4<sup>th</sup> framework programme. Brüssel
- Falthäuser, O.; Schreiner, M. (2001): München auf dem Weg zu einem integrierten Mobilitätsmanagement. In: Internationales Verkehrswesen (53) 9/2001
- Fleischer, T.; Halbritter, G. (2000): Bedingungen für die Gestaltung von Informations- und Kommunikationstechniken. In: Forschungszentrum Karlsruhe TA Datenbank Nachrichten 4/2000 (Nr. 4)
- Forschungs- und Anwendungsverbund Verkehrssystemtechnik Berlin (FAV) (Hrsg.) (2001): Anwendungsfelder und Märkte. In: Innovationsforum Intermodale Verkehrstelematik 6./7.9.2001, Berlin. Dokumentation
- Franke, S. (2000): Car Sharing zwischen Ökoprojekt und Dienstleistung, edition sigma 2000, Berlin
- Gorr, H.; Körber, M. (2000): Kontaktlose Chipkarten im Urteil der Fahrgäste. Ergebnisse einer Befragung im finnischen Turku. In: Der Nahverkehr 78/2000
- Grimmer, W.; Adelt, P.; Stephan, E. (1995): Die Akzeptanz von Navigations- und Verkehrsführungssystemen der Zukunft. Bonn: Deutscher Psychologen Verlag
- Güller, P.; Neuenschwander, R.; Rapp, M.; Maibach M. (2000): Akzeptanz und Machbarkeit möglicher Ansätze im Spiegel von Umfragen und internationaler Erfahrung. Report D11 des NRP 41 (Schweiz), Bern
- Hård, M.; Knie, A. (2000): Getting out of the vicious traffic circle. In: Cowan, R.; Hultén, S. (eds.): If only ...: Prospects for the electric vehicle. Aldershot, Hamps
- Hecker, F. (1997): Die Akzeptanz und Durchsetzung von Systemtechnologien – Marktbearbeitung und Diffusion am Beispiel der Verkehrstelematik. Diss, Saarbrücken
- Hoedemaeker, M.; Brookhuis, K. A. (1998): Behavioural adaptation to driving with an adaptive cruise control (ACC). In: Transportation Research Part F I, S. 95-106
- Huber, J. (2001): Chancen und Grenzen virtueller Mobilität. Über die Bedeutung der Informatisierung unserer Welt für den Verkehr. In: Perspektiven und Konzepte für Mobilität und Infrastruktur. Analysen, Materialien und Fortschreibung des Mobilitätskongresses 2000, Köln: Informationszentrum Beton, S. 118-120
- Keller, H. (2001): Telematikanwendungen im Verkehr. In: Internationales Verkehrswesen (53) 3/2001
- Keller, H.; Pischner, T.; Pollesch, P. (2001): Struktur und Bewertung des Verkehrsinformationsnetzwerks Bayerninfo. In: Internationales Verkehrswesen (53) 7+8/2001
- Kühne, R.; Neumann, L.; Pischner, T.; Schaaf, B.; Haag, G.; Grützmann, K.; Hugo, J. (1999): Auswirkungen von telematischer Beeinflussung verkehrsinfrastruktureller Kapazitäten auf die volkswirtschaftliche Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung. Abschlussbericht des BMV Projekts FE 96.481/1997. Beteiligt: Bundesminister für Verkehr; Steinbeis Transferzentrum (Stuttgart)/Angewandte Systemanalyse; SSP Consult Beratende Ingenieure GmbH. Bonn: BM für Verkehr
- Lenz, B. (2001): Verkehrssubstitution durch neue Möglichkeiten der Kommunikation. In: CORP 2001, Vienna University of Technology

- Lipps, O. (2001): Modellierung der individuellen Verhaltensvariation bei der Verkehrsentstehung. In: Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, 58/01
- Mock-Hecker, R. (1998): Erfolgreich gegen den Stau – Erkenntnisse aus dem MobilPASS-Feldversuch in Stuttgart. In: Internationales Verkehrswesen (50) 1+2, 1998
- Müller, A. (1998): Legitimierung per Knopfdruck. In: Lucke, D.; Hasse, M. (Hrsg.): Annahme verweigert. Opladen: Leske+Budrich
- Munich Comfort Consortium (1998) (o. Autor und Titel): Abschlussbericht Stand 10.11.1998, München
- Neuherz, M.; Patz, V.; Schröder, R. (2000): Akzeptanz innovativer Verkehrsinformationssysteme. In: Internationales Verkehrswesen (52) 10/2000
- Nijkamp, P.; Pepping, G.; Banister, D. (1996): Telematics and Transport Behaviour. Berlin: Springer u. a.
- NIW, Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (2002): Innovationsindikatoren zur deutschen Automobilindustrie. In: Indikatorenbericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2000/2001, Hannover, Karlsruhe, Mannheim
- Preisendörfer, P. (1998): Themenfelder von Befragungsstudien zu Umwelteinstellungen und zum Umweltverhalten in der Bevölkerung. In: Schupp, Wagner (Hrsg.): Umwelt und empirische Sozial und Wirtschaftsforschung. Beiträge und Diskussionsberichte zu einer Tagung der Projektgruppe "Das Sozioökonomische Panel" am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (S. 2743). Berlin: Duncker & Humblot
- Prognos AG; Keller, UCB (2001): Wirkungspotenziale der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsmittelnutzung. Schlussbericht im Auftrag des BMVBW, FENr. 96.584/1999 (<http://www.bmvbw.de/Anlage6797/Schlussbericht.pdf>)
- Raab, F. (2001): Bevölkerungsumfrage zum Thema Mobilität. In: Zukunft der Bewegung. Perspektiven und Konzepte für Mobilität und Infrastruktur. Analysen, Materialien und Fortschreibung des Mobilitätskongresses 2000. Hgg. v. Forum Zukunft Bauen, Köln: Informations-Zentrum Bauen, S. 128-133
- Raney, E. A.; Mokhtarian, P. L.; Salomon, I. (2000): Modeling individual's consideration of strategies to cope with congestion. In: Transportation Research Part F 3, S. 141-165
- Rangosch, S. (2000): Neue Kommunikationsmedien: Einsatz in Unternehmen und Auswirkungen auf den Verkehr. Report A7 des NRP 41 (Schweiz), Bern
- Rommerskirchen, S. (2000): Leitprojekte "Mobilität in Ballungsräumen": Eine querschnittliche Betrachtung. In: TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 4 / 9. Jahrgang Dezember 2000, S. 57-64
- Schad, H.; Kämpf, K. (2001): Noch kein Boom bei der Verkehrstelematik. PROGNOSE Trendletter, 1/2001. ([http://www.prognos.de/html/p\\_tr\\_01\\_1.pdf](http://www.prognos.de/html/p_tr_01_1.pdf))
- Schade, J.; Schlag, B. (2001): Akzeptierbarkeit von Nachfragemanagement und Preismaßnahmen in europäischen Städten. In: Internationales Verkehrswesen (53) 3/2001
- Schnittger, S.; Zumkeller, D. (2000): Skriptum zur Vorlesung Telematik (4/2000); unveröff. Vorlesungsskript des Instituts für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe

- Schwerdtfeger, W. (1995): Beiträge der Telematik zur Verkehrsentwicklungsplanung. In: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft, B 182, S. 104-120
- Strautmann, K. (2001): Telematik – bald unentbehrlich ?. In: Internationales Verkehrswesen (53) 9/2001
- TeleTraffic (2001): Marktführer 9/2001/2002
- Van der Laan, J. D.; Heino, A.; De Waard, D. (1997): A simple procedure for the assessment of advanced transport telematics. In: Transportation Research C, 5, Nr. 1, S. 110
- Waldenmaier, S. (2001a): Organizer als Verkehrslotsen. In: Funkschau, 6/2001
- Waldenmaier, S. (2001b): Dienste rund um den Verkehr. In: Funkschau, 16/2001
- Weber, K. M.; van Zuylen, H. (2000): Europäische Politik im Bereich Verkehrstechnologie: Suche nach der passenden Rolle und Wahl. IPTS Report, Ausgabe 48 (<http://www.jrc.es/pages/iptsreport/vol48/german/TRA1G486.html>)
- Zackor, U.; Lindenbach, A.; Keller, H.; Tsavachidis, M.; Bogenberger, K. (1999): Entwurf und Bewertung von Verkehrsinformations- und -leitsystemen unter Nutzung neuer Technologien. In: Straßenverkehrstechnik 9/99
- Zechnall, W. (2001): Individuelle Verkehrsinformation und -leitsysteme. In: DINMitteilungen 80, Nr. 3
- Zoche, P. (1998): Neue Dienstleistungen, veränderte Mobilitäts- und Wohnformen durch Informations- und Kommunikationstechniken – Ein Ausblick in die Zukunft mit Hilfe von Delphi'98. In: Rienecker, G. (Hrsg.): PASSIT Consulting: Kreativ die Zukunft gestalten: Futurologische Beiträge zur Wettbewerbsfähigkeit. Aschaffenburg: PASS, S. 96-112
- Zoche, P.; Kimpeler, S.; Joepgen, M. (2002): Virtuelle Mobilität: Ein Phänomen mit physischen Konsequenzen? Zur Wirkung der Nutzung von Chat, Online-Banking und Online-Reiseangeboten auf das physische Mobilitätsverhalten. Hgg. v. ifmo, Institut für Mobilitätsforschung, Berlin: Springer Verlag
- Zumkeller, D. (2001): Ein Zukunftsbild unserer Mobilität – Telekommunikation, Telematik und Verkehr im Jahre 2020. In: Zukunft der Bewegung. Perspektiven und Konzepte für Mobilität und Infrastruktur. Analysen, Materialien und Fortschreibung des Mobilitätskongresses 2000. Hgg. v. Forum Zukunft Bauen, Köln: Informations-Zentrum Bauen, S. 134-145



## **8. Analyse des Technologiefeldes „Lasertechnologie in der Medizin“**

### **8.1 Definition und Abgrenzung des Technologiefeldes für diese Untersuchung**

Laser ist ein Akronym und steht für „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“ (Lichtverstärkung durch induzierte Emission von Strahlung). Somit kann ein Laser als Verstärker für hochfrequente elektromagnetische Strahlung aufgefasst werden. Als Lasermaterial können Ionen, Atome oder Moleküle in fester (Kristall oder Glas), flüssiger oder gasförmiger Zustandsform verwandt werden (Martin Medizintechnik 2001). Die Anwendungsmöglichkeiten der Lasertechnik sind sehr vielseitig, sie reichen von der Verwendung der Laser als Forschungswerkzeug über die Materialbearbeitung und andere produktionstechnische Verfahren, über medizinische Anwendungen bis zur optischen Kommunikation und Speicherung. Laser stellen einen wesentlichen Teilbereich Optischer Technologien dar. Den Optischen Technologien wird eine Schlüsselfunktion zugemessen, da es sich um Hochtechnologie handelt, die alle Lebensbereiche durchdringt, ein großes Potenzial zur Sicherung von Wettbewerbsfähigkeit und Arbeitsplätzen auf innovativen Märkten der Zukunft aufweist, branchenübergreifend mit einem hohen Diversifikationsgrad ist und eine hohe Wertschöpfung aufweist (VDI-Technologiezentrum 2000a).

Im Technologiefeld „Lasermedizin“ werden im Rahmen unseres Projektes Anwendungen von Laserstrahlquellen im Gesundheitswesen einschließlich des Wellnessbereichs und in den Biowissenschaften untersucht. Berücksichtigt werden auch „Low-Level“-Lasertherapieverfahren, auch „Soft-Laser“ genannt, bei denen niederenergetisches, teilweise völlig ungebündeltes Laserlicht ohne Gewebeschädigung oder sonstige thermische Effekte für „Biostimulationszwecke“ angewandt wird (Medsolution 2002b).

## 8.2 Charakterisierung des Technologiefeldes Lasermedizin

### 8.2.1 Anwendungen

Laser werden heute in den verschiedensten Gebieten der Medizin verwendet. Zu den Lasereinsatzbereichen in der Medizin zählen u. a. folgende Disziplinen (vgl. u. a. Banta und Vondeling 1994)

- Augenheilkunde
- Chirurgie
- Dermatologie und ästhetische Medizin
- Gastroenterologie
- Gynäkologie
- Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
- Herz-Kreislauf
- Lungenheilkunde
- Urologie
- Zahnheilkunde

Zudem gewinnen laserbasierte Verfahren zur Analytik und Diagnostik sowie der Mikrodisektion und dem Probenhandling in der bio-(techno-)logischen, biomedizinischen und pharmazeutischen Forschung und Entwicklung (FuE), zunehmend aber auch in entsprechenden Anwendungsbereichen außerhalb von FuE an Bedeutung: So sind Laserstrahlquellen wesentliche Bauelemente in der konfokalen Lasermikroskopie, in der Durchflusszytometrie, in Mikrodisektionsgeräten und optischen Pinzetten, in DNA-Sequenzern und Lesegeräten für die Chiptechnologie und sind damit von Relevanz z. B. für die Pathologie, für -omics-Ansätze, Reproduktionstechniken bei Mensch und Nutztieren, für die Gendiagnostik und vielfältige andere Anwendungsbereiche (Lenkungsreis Optische Technologien für das 21. Jahrhundert 2000). Mit einem Laser lassen sich verschiedene biophysikalische Wirkungen erzielen (Reger & Schmoch 1996):

- *Photochemische Effekte*: durch Absorption des monochromatischen Laserlichts werden selektiv in körpereigenen oder körperfremden Farbstoffen oder chromophoren Gruppen biochemische Reaktionen an Molekülen ausgelöst.
- *Photothermische Effekte*: durch die energiereiche Laserstrahlung lassen sich Gewebe gezielt erhitzen. Je nach Grad der Erhitzung reicht die Wirkung von der reversiblen Schädigung von normalem Gewebe (Photohyperthermie) über thermisch-dynamische Effekte durch geringe Übererhitzung (Photothermolyse) bis



hin zur Blutstillung und Tumordenaturierung durch Photokoagulation und dem Austrocknen von Gewebe (Photokarbonisation).

- *Photoionisation*: durch gepulste Laserstrahlung werden hohe Lichtintensitäten erzeugt und so z. B. mechanische Schockwellen für die Zerstörung von körpereigenen Steinen ausgelöst (Photodisruption) oder Gewebeschichten explosionsartig vom Untergrund gelöst (Photoablation).

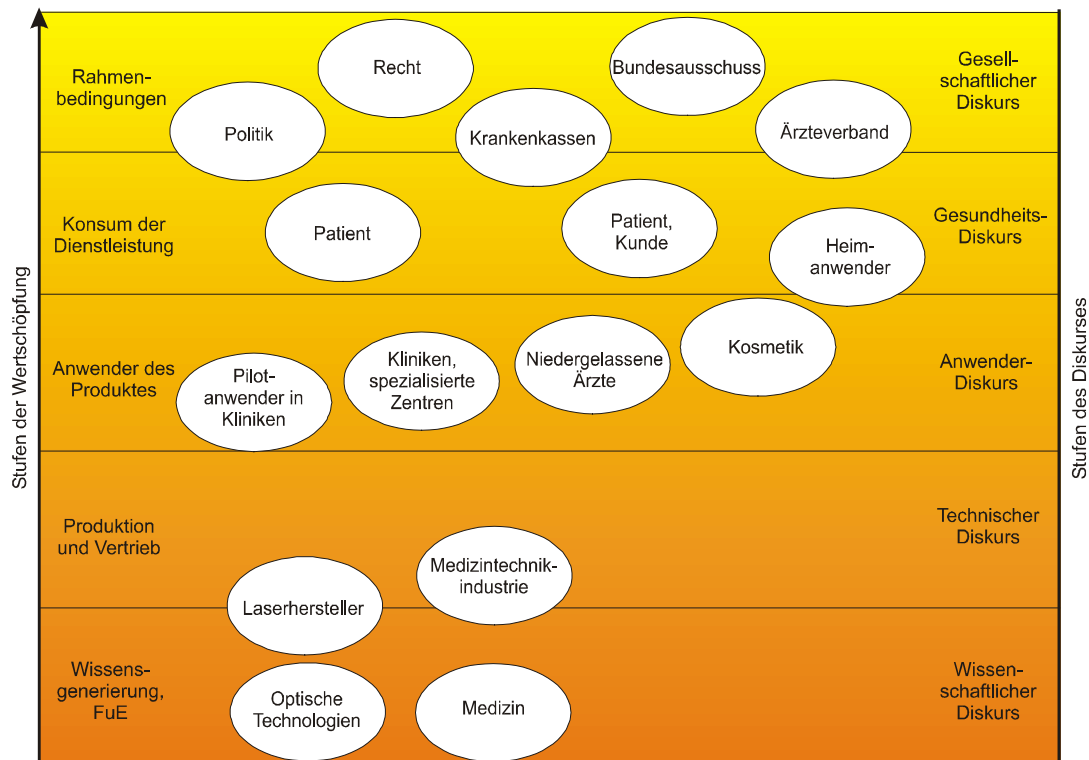
Um die Strahlung gezielt und kontrolliert an das zu therapierende Gewebe heran zu bringen, benötigt man ein komplettes Übertragungssystem, ein optisches Endgerät sowie Zubehör für spezielle medizinische Applikationen. Endgeräte können z. B. ein Operationsmikroskop mit Mikromanipulator, ein Endoskop oder eine Spaltlampe sein. Gegebenenfalls können auch bildgebende Systeme wie Ultraschall oder Magnetresonanztomographie hinzugezogen werden.

Im Bereich der Medizin finden heute eine Vielzahl von Lasern ihre Anwendung. Die am weitesten verbreiteten Lasertypen sind der Nd:YAG-Laser (Neodym-Yttrium-Aluminium-Granat), der CO<sub>2</sub>-Laser und der Argon-Laser.

### 8.2.2 Akteure

Das Feld der Lasermedizintechnik wird durch eine ausgesprochene Interdisziplinarität sowie ein breites Spektrum von technischen bis beratenden, von grundlagenorientiert bis anwendungsorientiert arbeitenden Institutionen bestimmt. Die wichtigste Kooperationsachse verbindet dabei Physiker mit Medizinern. Die Hauptakteure in der Lasermedizin sind Laserhersteller, Universitätskliniken und Krankenhäuser, Universitäten, verschiedene Forschungszentren sowie niedergelassene Ärzte. Seit einigen Jahren beginnen Lasermedizin und der Kosmetik- und Wellnessbereich Überlappungsbereiche auszubilden, so dass Akteure aus dem Kosmetik- und Wellnessbereich zunehmend an Bedeutung gewinnen. Weitere Akteure im Feld der Lasermedizin sind Patienten in Kliniken und Arztpraxen sowie Kunden, die ästhetisch-kosmetische Dienstleistungen nachfragen. Vermittelnd zwischen Geräteanbietern, Anbietern der Anwendungen und Endnutzern bzw. Patienten stehen formelle oder informelle Regulierungsgremien, die wesentlichen Einfluss auf das Handeln der vorgenannten Akteure und damit auch auf die Einführung neuer Technologien im Gesundheitswesen insgesamt nehmen. Sie können der Ebene des Gesetzgebers, der Ebene der öffentlich-rechtlichen Verbände und anderer gesetzlich geforderter Beratungsgremien und der Ebene der privaten Anbieter von Versorgungsleistungen zugeordnet werden. Die Akteure im Technologiefeld Lasermedizin lassen sich verschiedenen Ebenen zuordnen (Abb. 8.1).

Abbildung 8.1: Akteure im Technikfeld Lasermedizin



### 8.2.2.1 Forschung

Forschung im Gesundheitswesen findet in Hochschulen, staatlichen und privaten Organisationen ohne Erwerbszweck und in der privaten Wirtschaft statt. Staatliche Forschungsförderung erfolgt vorwiegend durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), welche sich vorwiegend auf die Grundlagenforschung konzentriert, sowie die Bundesministerien für Bildung und Forschung bzw. für Gesundheit (Statistisches Bundesamt 1998).

Lasermedizinische Anwendungen sind ausgesprochen wissenschaftsbasiert und erfordern eine interdisziplinäre Forschung und Entwicklung, insbesondere unter Einbezug der Disziplinen Optische Technologien und Medizin. Eine Interaktion der Wissenschaft in den Disziplinen Optische Technologien und Medizin, Laserherstellern, Medizintechnikherstellern und (Pilot)-Anwendern ist daher für die Entwicklung innovativer lasermedizinischer Anwendungen notwendig. Die Interaktionen zwischen den Akteuren schließen den Informationsaustausch genauso ein wie Ausbildung und Forschungs Kooperationen. In den Forschungs Kooperationen werden einerseits die Lasersysteme in Forschungslabors, Krankenhäusern und Praxen getestet bzw. erprobt und die Ergebnisse an die Hersteller rückgekoppelt. So können die Laser an die spezifischen medizinischen Erfordernisse angepasst werden.

Andererseits betreiben viele Universitäten und Kliniken auch eigene Forschungslabors, in denen interdisziplinäre Teams eigenständig Laser weiterentwickeln.

In der Wissenschaftsbasierung und Interdisziplinarität lagen zumindest in den 1970er und 1980er-Jahren, als erstmals die Potenziale von Laseranwendungen in der Medizin ausgelotet wurden, deutliche Defizite. Die grundlegenden Kenntnisse zu Laser-Gewebsinteraktionen waren zu gering, und neu entwickelte Laser wurden oftmals zu schnell, ohne ausreichende Evaluation und am Bedarf vorbei in den medizinischen Markt eingeführt (Banta und Vondeling 1994). Die Diffusion von Lasern in die medizinische Praxis blieb gering (Reger und Schmoch 1996). Eine strukturelle Maßnahme zur Verringerung dieser Defizite war die Gründung von Laserzentren mit dem Ziel, die zuvor meist getrennt agierenden Wissenschaftsdisziplinen Physik und Medizin zusammenzuführen, Schulungen anzubieten, neue lasermedizinische Anwendungen zu erschließen und bis hin zur Klinikreife fortzuentwickeln. Um zusätzlich zur Stärkung von Forschung und Ausbildung eine bessere Integration entlang der Wertschöpfungskette zu erzielen, schlossen sich in den letzten Jahren FuE-Zentren, Laserhersteller, Laseranwender, Laserlohnfertiger, Wirtschaftsförderer und Finanziere zu regionalen Kompetenznetzen zusammen.

### **8.2.2.2 Entwickler und Hersteller von medizinischen Lasergeräten**

Die erste Ebene wird von Akteuren gebildet, die in der Produktion von medizinischen Laserausrüstungen tätig sind und/oder Aufgaben in der Erforschung, Entwicklung und Optimierung von medizinischen Lasersystemen wahrnehmen. Dazu gehören Forschungsabteilungen in Unternehmen, an Universitäten oder in sonstigen privaten und öffentlichen Forschungseinrichtungen sowie im Wesentlichen drei Gruppen von Unternehmen:

- Lieferanten von Laserquellen für medizinische Zwecke, die von ihren Kunden, den OEM-Herstellern (sog. „Original Equipment Manufacturers“ = OEM-Hersteller) in Lasersysteme eingebaut werden.
- Weltweit agierende, relativ große Anbieter von Lasersystemen mit einem umfassenden Produktsortiment.
- Kleine und mittelständische Anbieter von Lasersystemen, die sich auf ein bestimmtes Anwendungsgebiet spezialisiert haben.

### **8.2.2.3 Anwender**

Die zweite Akteursebene wird aus Anwendern gebildet. Sie sind sowohl Nachfrager nach lasermedizinischen Geräten als auch Anbieter von lasermedizinischen Dienstleistungen und nehmen damit eine Mittlerfunktion zwischen Endverbrauchern (Patienten) und Produzenten ein. Bei den Akteuren am Beginn der abgebildeten Akteurskette steht noch die Erforschung und Optimierung von diagnostischen und the-

rapeutischen Laserverfahren im Vordergrund. Diese Pilotanwender sind forschungsnah und zeichnen sich durch ein hohes lasermedizinisches Wissen aus. Bei den nächsten Akteuren dieser Ebene dominieren diagnostische und therapeutische Anwendungen über den FuE-Aspekt.

Insbesondere in der Ophthalmologie, Dermatologie und ästhetischen Chirurgie haben lasermedizinische Anwendungen breiten Einzug in Facharztpraxen gehalten bzw. sind Zentren außerhalb von Kliniken und Krankenhäusern entstanden, die sich auf entsprechende Laseranwendungen spezialisiert haben. Erst am Beginn der Diffusion stehen Anwendungen in der Zahnheilkunde. Auf dieser Akteursstufe zeigt sich auch ein Trend, sich einem Lifestyle- und Schönheitstrend in der Gesellschaft zu öffnen, indem zunehmend ästhetisch-kosmetische Anwendungen angeboten und damit auch Dienstleistungen außerhalb des klassischen Gebiets der Medizin erbracht werden.

Die privaten Anbieter von Versorgungsleistungen, d. h. in der Regel der Ärzte, stehen unter einer zunehmenden Reglementierung durch die Gesetzgebung und einem erheblichen Kosten- und Konkurrenzdruck. Über die Gremien der Selbstverwaltung (s.u.) und durch ihre Rolle gegenüber den Patienten sind sie allerdings in der Lage, auch entgegen anderen Planungen neue Technologien am Markt zu etablieren, selbst wenn deren Wirtschaftlichkeit noch nicht von allen anderen Beteiligten anerkannt ist.

#### **8.2.2.4 Patienten bzw. Kunden**

Auf der dritten Ebene sind Akteure angesiedelt, die lasermedizinische Dienstleistungen in Anspruch nehmen. Hier kann zwischen Patienten und Kunden unterschieden werden. Patienten zeichnen sich durch ein eher reaktives Verhalten aus, d. h. sie akzeptieren in der Regel die Behandlung, die der Arzt ihnen vorschlägt. Die Kunden dagegen fragen bestimmte innovative Behandlungsmethoden wie z. B. Laserbehandlungen aktiv nach, was wiederum auf das Angebotsverhalten der vorgeschalteten Akteursebenen zurückwirkt. Die Kundenrolle wird bevorzugt im Bereich der ästhetisch-kosmetischen Anwendungen deutlich. In einem übergeordneten Sinn können die Patienten auch als Versicherte und Beitragszahler mit wiederum eigenen Interessen (v.a. niedrige Beiträge) gesehen werden (Thielmann et al. 2002).

Künftig könnte noch eine weitere Ebene relevant werden, die des Heimanwenders. Durch die Weiterentwicklung von Lasergeräten für ursprünglich medizinische Anwendungen in Richtung kostengünstiger und auch durch Laien zu bedienende Geräte sind in Zukunft gerade im dermatologischen Bereich auch Laser zu erwarten, die selbständig zu Hause angewandt werden können, beispielsweise zur kosmetischen Haarentfernung (Kimmig 2000). Dann würden Laserdienstleistungen nicht mehr von professionellen Anbietern der zweiten Ebene erbracht, sondern würden vom Nutzer der Dienstleistung selbst durchgeführt.

### 8.2.2.5 Beratungs- und Entscheidungsgremien

Vermittelnd zwischen Geräteanbietern, Anbietern der Anwendungen und Endnutzern bzw. Patienten stehen formelle oder informelle Regulierungsgremien, die wesentlichen Einfluss auf das Handeln der Akteure auf den beschriebenen Ebenen und damit auch auf die Einführung neuer Technologien im Gesundheitswesen insgesamt nehmen. Sie können der Ebene des Gesetzgebers, der Ebene der öffentlich-rechtlichen Verbände und anderer gesetzlich geforderter Beratungsgremien und der Ebene der privaten Anbieter von Versorgungsleistungen zugeordnet werden (Schwartz 1995).

Die Gesetzgebung hat im Rahmen der Gesundheitsreformen in den letzten Jahren den Spielraum der öffentlich-rechtlichen Verbände bzw. Entscheidungsgremien und der privaten Anbieter v.a. im ambulanten Sektor stark eingeschränkt. Eines der obersten Ziele gesetzlicher Regulierungsbemühungen war die Beitragsstabilität (Schwartz 1995). Damit gerät auch die medizintechnische Industrie in ein Spannungsfeld zwischen standortsichernder Industriepolitik und einer immer stärker auf Kostendämpfung ausgerichteten Gesundheitspolitik (Statistisches Bundesamt 1998).

Die öffentlich-rechtlichen Verbände und anderen gesetzlich geforderten Beratungsgremien umfassen insbesondere die Krankenkassen und die Institutionen der ärztlichen Selbstverwaltung. Die Krankenkassen geben mit der Entscheidung, ob sie die Kosten für lasermedizinische Behandlungen übernehmen, wichtige Signale für Angebot und Nachfrage von Medizinprodukten und -geräten. Diese Entscheidungen werden in gemeinsamen Ausschüssen der Spitzenverbände der Krankenkassen und der Kassenärztlichen Bundesvereinigung getroffen. Der Bundesausschuss der Ärzte und Krankenkassen (BÄK) beschließt die Richtlinien über eine ausreichende, zweckmäßige und wirtschaftliche Versorgung der Versicherten. Über die Aufnahme einer neuen Leistung oder Methode in den Gebührenkatalog der ambulanten ärztlichen Versorgung entscheidet der „Einheitliche Bewertungsausschuss“, für die qualitative Prüfung ist ein Unterausschuss „Neue Untersuchungs- und Behandlungsmethoden“ zuständig. Grundsatz für die Aufnahme in den Katalog der Kassenleistungen ist, dass die Technologie für eine ausreichende, zweckmäßige und wirtschaftliche Versorgung notwendig ist (Schwartz 1995).

Für den stationären Bereich existieren keine analogen Entscheidungsgremien, hier orientieren sich Innovationen mehr am Ziel maximaler Diagnostik- und Behandlungsmöglichkeiten als an Wirtschaftlichkeitskriterien. Die Bedarfsplanung für medizinische Großgeräte wurde bis 1997 durch §122 SGB V geregelt und nach Richtlinien vorgenommen, die von unter Mitarbeit von Krankenhäusern, Vertragsärzten

und Krankenkassen in Großgeräteausschüssen erarbeitet wurden<sup>71</sup>. Große Investitionen (für Großgeräte wie Computer-Tomographen oder Lithotripter) unterlagen demnach einer staatlichen Genehmigungspflicht. Untersuchungen zeigten aber, dass auch die dort festgelegte regionenspezifische maximale Gerätedichte häufig deutlich überschritten wurde, was Schwartz (1995) insbesondere auf ein geschicktes Marketing der Hersteller<sup>72</sup> und Anwender und eine dadurch hervorgerufene wachsende Nachfrage seitens der Patienten zurückführt: Die Genehmigungspflicht konnte durch die Hersteller der Geräte leicht unterlaufen werden, indem sie die Geräte den Kliniken zunächst kostenlos zur Verfügung stellten, bis eine ausreichende Akzeptanz geschaffen war. Ähnliche Mechanismen können auch für medizinische Lasergeräte vermutet werden.

### **8.2.3 Markt, Wettbewerb und Rahmenbedingungen**

Neben der Medizin werden Laser in verschiedenen anderen Anwendungsfeldern wie der Automobilindustrie oder dem Maschinenbau, der Elektroindustrie, der Informations- und Kommunikationstechnik oder im Verkehrsbereich eingesetzt. Dabei zeigt sich, dass medizinische Applikationen nur einen relativ geringen Anteil des weltweiten Marktes für Laser ausmachen. Betrachtet man nur den Markt für Laserquellen, so wurden im Jahr 2000 etwa 0,7 Milliarden € für Laserquellen für medizinische Zwecke ausgegeben (Optech Consulting 2001). Dies entspricht einem Anteil von knapp 10 % des weltweiten Gesamtumsatzes für Laserquellen in Höhe von 7,3 Milliarden € im Jahr 2000 (Optech Consulting 2001).

Betrachtet man den weltweiten Umsatz mit Lasersystemen (das sind Anlagen oder Maschinen mit Lasern), so haben medizinische Anwendungen eine noch geringere Bedeutung. Der weltweite Gesamtumsatz mit Lasersystemen wurde für das Jahr 2000 auf etwa 75 Milliarden € geschätzt (Optech Consulting 2001). Zwar variieren die Marktabschätzungen für den Einsatz von Lasern für medizinische Zwecke zwischen 1,6 Milliarden € (Optech Consulting 2001) und 2,5 Milliarden € (Wheeler 2002) für das Jahr 2000, doch zeigen beide Zahlen die relativ geringe Relevanz medizinischer Anwendungen für den weltweiten Lasermarkt.

Der Einsatz von Lasern für medizinische Zwecke ist Teil des Marktes für medizintechnische Produkte und Systeme. Nach Angabe des Sachverständigenrats für die konzertierte Aktion im Gesundheitswesen betrug das Produktionsvolumen der etwa 1.200 Medizinprodukteunternehmen mit 110.000 Beschäftigten in Deutschland im

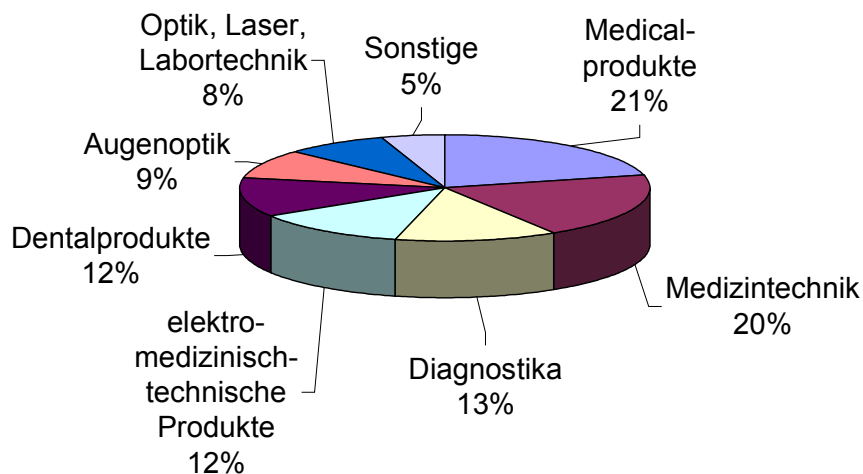
---

<sup>71</sup> Die bisherige Großgeräteplanung wurde mit Wirkung vom 1.7.1997 durch das 2. GKV-Neuordnungsgesetz außer Kraft gesetzt (Haufe SGB Office Version 4.2 2002).

<sup>72</sup> So wirbt ein Hersteller beispielsweise mit folgenden Vorteilen eines Low-Level-Lasergeräts: Umgehung der Deckelung durch die Krankenkassen, Privatliquidation als Möglichkeit das Einkommen zu steigern, enorme Umsatzsteigerung; gutes Marketing-Tool (MedSolution 2002a).

Jahr 1996 etwa 14 Milliarden € (Krappe et al. 2000). Optik, Laser und Labortechnik machten im Jahr 1996 jedoch nur einen Anteil von 8 % am Gesamtumsatz der Medizinprodukteindustrie in Deutschland aus (Abb. 8.2). Der genaue Anteil, der davon auf die Lasermedizin entfällt, ist nicht bekannt. Da die Struktur der Medizinprodukteindustrie in Deutschland nicht als repräsentativ für das spezifische Feld der Lasermedizin angesehen werden kann, wird auf eine detaillierte Darstellung der Medizinprodukteindustrie verzichtet.

Abbildung 8.2: Anteil verschiedener Marktsegmente am Umsatz mit Medizinprodukten in Deutschland im Jahr 1996



Quelle: BMBF 2000

In den 1970er- und 1980er-Jahren, als die Potenziale von Laseranwendungen in der Medizin ausgelotet wurden, kam es nach einer zunächst euphorischen Bewertung des künftigen Anwendungspotenzials von Lasern in der Medizin zu einer gewissen Ernüchterung. Hierzu trugen folgende Faktoren bei (Reger und Schmoch 1996, National Research Council 1998):

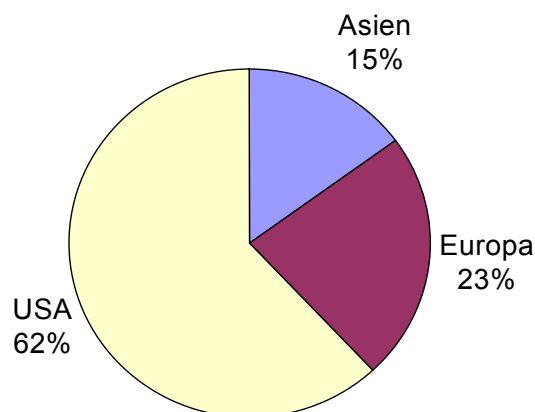
- Unzureichende Wissenschaftsbasierung der ersten Anwendungen, insbesondere unzureichende grundlegende Kenntnisse über Laser-Gewebs-Interaktionen auf Grund mangelnder Interdisziplinarität in der Forschung.
- Fehlende bzw. für eine breite Diffusion nicht ausreichende Alleinstellungsmerkmale von Laseranwendungen gegenüber alternativen Geräten und Verfahren (z. B. in der minimal-invasiven Chirurgie gegenüber der Laparoskopie).
- Das erforderliche, aber oft nicht ausreichende interdisziplinäre Spezial-Know-how bei den Anwendern.

- Begrenzter Markt, bedingt durch nur kleine Anwendungsbereiche der lasermedizinischen Geräte und Verfahren, in denen sie komparative Vorteile aufweisen; durch erforderliches Spezial-Know-how bei den Anwendern; durch teilweise hohe Kosten der Geräte, die nur die Ausrüstung von wenigen, auf Laseranwendungen spezialisierten Zentren zulassen, bei gleichzeitig vergleichsweise hohen FuE-Aufwendungen, was den „Return on investment“ ungünstig werden lässt.
- Die „Gatekeeper“-Funktion von Chefarzten, deren Aufgeschlossenheit gegenüber innovativen Lasermedizinanwendungen eine wesentliche Rolle für den tatsächlichen Einsatz in ihrer Klinik zukommt.

Erst ab den 1990er-Jahren waren größere Verkaufserfolge bei lasermedizinischen Geräten zu registrieren. Während der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre hatte der weltweite Markt für Lasermedizin ein dynamisches Wachstum zu verzeichnen. Im Jahr 1994 wurde ein weltweites Marktvolumen von 0,75 Milliarden € erreicht. Dieses erhöhte sich bis zum Jahr 1997 auf knapp 1,3 Milliarden € (Arons 1997). In den folgenden fünf Jahren stieg das Marktvolumen weiter bis auf etwa 2,3 Milliarden € im Jahr 2001 (Wheeler 2002). Bezogen auf den Zeitraum von 1994 bis 2001 betrug das jährliche Wachstum des globalen Lasermedizinmarktes damit mehr als 17 %.

Der mit Abstand bedeutendste Markt für lasermedizinische Anwendungen sind die USA. Im Jahr 2001 entfielen etwa 1,4 Milliarden € (dies entspricht 62 % des Weltmarktes) auf dieses Land (Abb. 8.3). Der Markt in Europa wird auf ein Volumen von etwa 530 Millionen € (23 % des Weltmarktes) und der in Asien auf etwa 345 Millionen € (15 % des Weltmarktes) geschätzt.

Abbildung 8.3: Regionale Aufteilung des Marktes für medizinische Laser im Jahr 2001



Quelle: Wheeler 2002



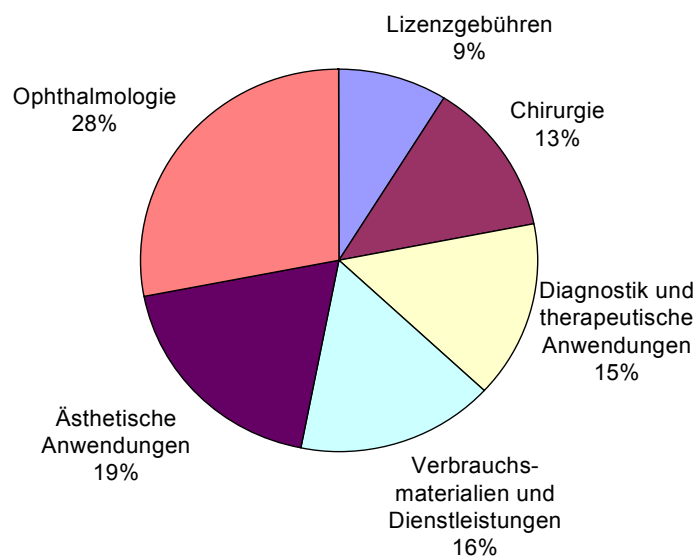
Der Markt für Lasermedizin lässt sich in verschiedene Anwendungsfelder unterteilen, von denen jedes seine eigenen Entwicklungstendenzen aufweist. Das größte Marktsegment sind Chirurgielaser, deren Marktvolumen auf etwa 950 Millionen € im Jahr 2001 geschätzt wird (Lewotsky 2001). Dabei haben chirurgische Anwendungen in verschiedenen Einsatzfeldern (z. B. Dermatologie, Ophthalmologie, Urologie, Gynäkologie) eine Bedeutung. Die Anwendungsbreite und das Marktvolumen traditioneller Chirurgielaser (z. B. CO<sub>2</sub>- und ND:YAG-Laser) ist dabei seit einigen Jahren relativ konstant, wohingegen Laser für kosmetische Anwendungen (z. B. Haarentfernen, Glättung von Falten, Beseitigung von Tätowierungen und Hautflecken) in den letzten Jahren ein deutliches Wachstum erfahren haben. So soll sich beispielsweise das Marktvolumen zur Entfernung von Falten und Altersflecken oder zum Abtragen von Hautmalen, Narben oder Warzen weltweit von etwa 60 Millionen € im Jahr 1999 auf 84 Millionen € im Jahr 2001 erhöhen (Asclepion 2000). Schätzungen von Frost & Sullivan gehen von einem Marktvolumen für das Entfernen von Haaren in den USA von rund 200 Millionen € im Jahr 2003 aus (Asclepion 2000). Das Wachstum ästhetischer Anwendungen der Lasermedizin wird insbesondere vom Life-Style-Trend der Konsumenten getragen und unterliegt, wie der Konjunkturreinbruch in den USA im Jahr 2001 zeigt, konjunktur- und einkommensbedingten Schwankungen (Wheeler 2002).

Ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld der Lasermedizin ist die Augenheilkunde. Nach Expertenschätzungen lag das globale Marktvolumen ophthalmologischer Laser im Jahr 2001 bei 644 Millionen € (28 % des Weltmarktes; Abb. 8.4). Dabei stieg der Weltmarkt für Laser für die refraktive Chirurgie von etwa 158 Millionen € im Jahr 1998 auf mehr als 300 Millionen € im Jahr 2001 (Asclepion 2000, Wheeler 2002). So wurden z. B. mehr als 1,4 Millionen refraktive chirurgische Behandlungen allein in den USA im Jahr 2001 durchgeführt (Arons 2002). Allerdings zeigen sich für dieses Marktsegment erste Sättigungserscheinungen, da von 2000 auf 2001 insbesondere in den USA die Wachstumsraten für neue Behandlungen deutlich zurückgingen und auch die Zahl neu verkaufter Geräte mit eingebauten Lasern im Jahr 2001 unter der von 2000 lag (Arons 2002). Ein weiteres Indiz für Sättigungstendenzen im Bereich der refraktiven Chirurgie sind um 30 % rückläufige Behandlungskosten pro Patient zwischen 2000 und 2001 in den USA (Wheeler 2002). Für Deutschland wird jedoch erwartet, dass die Zahl der lasergestützten Myopie-Behandlungen noch deutlich anwachsen wird (Lenzen-Schulte 2001). Weiter entwickelte Produkte mit neuen Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Ophthalmologie (z. B. Diodenlaser zur Therapie einer altersbedingten Degeneration der Makula, Laser zur Behandlung des Grauen Star) haben ebenfalls noch stark wachsende Umsätze zu verzeichnen (Asclepion 2000, Laser 2001 – World of Photonics und Fachkongress weisen Weg in der Lasermedizin 2001, Wheeler 2002).

Andere Anwendungen der Lasermedizin sind bislang erst in relativ geringem Umfang verbreitet. Der globale Markt für Dentallaser wird für das Jahr 2001 auf etwa 25 Millionen € geschätzt (Wheeler 2002), doch werden für dieses im Wesentlichen

von der Erbiumtechnologie geprägte Marktsegment sehr hohe Zuwachsraten erwartet (Asclepion 2000). Ein ähnliches Marktvolumen weist der Einsatz von Lasern in der Veterinärmedizin auf, dessen jährlicher Umsatz auf etwa 15 bis 20 Millionen € geschätzt wird (Wheeler 2002). In Abbildung 8.4 sind zudem noch Lizenzgebühren in Höhe von etwa 207 Millionen € ausgewiesen (9 % des globalen Medizinlasermarktes), die im Wesentlichen von US-Augenärzten erbracht werden, die für jede LASIK-Behandlung (Laser-in-situ-Keratomeileusis) eine Lizenzgebühr von 148 € bezahlen müssen. Derzeit sind solche Gebühren in Europa nicht üblich.

Abbildung 8.4: Bedeutung verschiedener Anwendungsfelder im Markt für medizinische Laser im Jahr 2001



Quelle: Wheeler 2002

Der Lasermarkt für ophthalmologische, dermatologisch/kosmetische und dentologische Anwendungen ist bislang durch relativ vielfältige Behandlungsmöglichkeiten und bis auf einzelne Marktsegmente eine geringe Marktdurchdringung gekennzeichnet. Auch in den kommenden Jahren dürften die USA der mit Abstand größte Markt für medizinische Laseranwendungen bleiben, da auch dort noch eine relativ geringe Marktdurchdringung vorherrscht. Der Entwicklung in den USA folgen mit einiger Zeitverzögerung die Märkte in Europa, Asien und einigen Schwellenländern. Nach Einschätzung der vorliegenden Marktstudien sollte die Anwendung von Lasern in der Medizin in den kommenden Jahren weiter ansteigen. Dafür werden im Wesentlichen die folgenden Gründe angeführt:

- Der Einsatz von Lasern schafft in verschiedenen Bereichen der Medizin neue Behandlungsmöglichkeiten, ermöglicht teilweise einen besseren Behandlungserfolg oder das Behandlungsziel kann mit geringeren Nebenwirkungen erreicht werden.

- Der Life-Style-Trend und das gestiegene Körperbewusstsein in zahlreichen Industrie- und zunehmend auch Schwellenländern (verbunden mit steigender Kaufkraft in diesen Regionen) öffnet interessante Marktpotenziale für kosmetische Laserbehandlungen.
- Die bereits in den 1990er-Jahren begonnene Diversifikation der Praxisleistungen vieler Ärzte in Industrieländern in den Bereich privat bezahlter Leistungen (z. B. LASIK-Behandlung, kosmetische Anwendungen) dürfte auch in Zukunft noch anhalten.
- Patienten sehen Laserbehandlungen oftmals als innovative oder schmerzarme Behandlungsmethode an und induzieren dadurch eine entsprechende Nachfrage nach Geräten durch die Ärzte.
- Die steigende Wirtschaftskraft vieler Schwellenländer eröffnet neue regionale Marktpotenziale insbesondere dadurch, dass ein Trend zur Behandlung im eigenen Land in diesen Ländern zu registrieren ist (Asclepion 2000).
- Die Lasermedizin ermöglicht in vielen Schwellenländern neuartige Behandlungsformen, die oftmals auch nicht örtlich gebunden sind (Biolitec 2000).
- Der schrittweise Ersatz der weltweit installierten Basissysteme der Lasermedizin durch neuartige Geräte bietet den Unternehmen Marktpotenziale im Bereich der Ersatzbeschaffung.

Kostenaspekte sind von wesentlicher Bedeutung für den Verbreitungsgrad lasermedizinischer Geräte und für ihre Nutzung in der Diagnostik und Therapie. Vergleichsweise hohe Kosten für hochwertige Lasersysteme führen dazu, dass sie bevorzugt in spezialisierten Laserzentren, fachübergreifenden Laserinstituten, Apparatgemeinschaften, Zentren der Lasertherapie, die von Investoren betrieben werden und in denen angestellte Ärzte Lasertherapien durchführen, zum Einsatz kommen (Kimmig 2000). Fast 80 % der deutschen Augenärzte, die Laseroperationen durchführen, nutzen Laser gemeinschaftlich, meist in Form einer GmbH (Kulp et al. 2000).

Darüber hinaus gibt es inzwischen zunehmend Laservermietungsfirmen, die den behandelnden Ärzten gegen Tages- oder Wochengebühr entsprechende Systeme zur Verfügung stellen. Zunehmend entstehen auch Praxen mit angeschlossenen Laserinstituten, Kosmetikinstituten und sogar Klinikzulassungen. Zudem bieten immer mehr dermatologische Kliniken, auch Universitätskliniken niedergelassenen Ärzten die Behandlungsmöglichkeit mit den Lasern in Kooperation an (Kimmig 2000). Ein Motiv für den letztgenannten Trend dürfte die Notwendigkeit sein, aus wirtschaftlichen Gründen eine maximale Auslastung der vorhandenen Lasersysteme anzustreben. Dies ist zum einen durch die hohen Investitionskosten für die Geräte bedingt, zum anderen durch die Kostendämpfungsmaßnahmen im Gesundheitswesen. Sie führen auch dazu, dass Ärzte ihren Patienten zunehmend Laserdienstleistungen jenseits der medizinisch indizierten Anwendungen bzw. durch die Krankenkasse er-

statteten Leistungen anbieten, beispielsweise kosmetische Anwendungen, um auf diese Weise neue Einkommensquellen zu erschließen. Die Akteure, die nicht im traditionellen Medizinsystem oder an dessen Rand arbeiten, unterliegen den dort geltenden Regeln und Qualitätssicherungsmechanismen nur bedingt und stellen für Fachärzte Konkurrenten um Kunden bzw. Patienten dar.

Auf dem Markt für medizinische Laser sind im Wesentlichen drei Gruppen von Unternehmen aktiv:

- Lieferanten von Laserquellen für medizinische Zwecke, die von ihren Kunden, den OEM-Herstellern (sog. „Original Equipment Manufacturers“ = OEM-Hersteller) in Lasersysteme eingebaut werden,
- weltweit agierende, relativ große Anbieter von Lasersystemen mit einem umfassenden Produktsortiment,
- kleine und mittelständische Anbieter von Lasersystemen, die sich auf ein bestimmtes Anwendungsgebiet spezialisiert haben.

In den vergangenen zwei Jahren ist bei den weltweit agierenden Anbietern von Lasersystemen ein deutlicher Konsolidierungstrend zu erkennen. Dies zeigt sich z. B. daran, dass der weltweit größte Anbieter von lasermedizinischen Geräten, Lumenis Ltd., mit einem Umsatz von 426 Millionen € im Jahr 2001 durch die Fusion zweier führender Anbieter von lasermedizinischen Geräten (ESC Medical Systems, Israel, und Coherent Medical, USA) entstand (Wheeler 2002, Lumenis 2002). Dieses Unternehmen mit etwa 1.400 Beschäftigten bietet weltweit eine umfassende Produktpalette in den Bereichen Kosmetik/Dermatologie, Ophthalmologie, Chirurgie und für dentale Anwendungen an (Tab. 8.1). Damit hat Lumenis Ltd. etwa doppelt so hohe Umsätze wie VISX, das größte Unternehmen im Bereich der refraktiven Ophthalmologie (Tab. 8.1) sowie der Carl Zeiss Meditec AG, die in allen Feldern der Ophthalmologie eine weltweit bedeutende Stellung als Anbieter einnimmt. Zu den weltweit agierenden Anbietern medizinischer Lasersysteme zählen daneben Nidek (Japan), das insbesondere auf dem Gebiet der Augenheilkunde und Dermatologie aktiv ist, Summit Ltd. (USA), das zu den führenden Anbietern für Laser für die refraktive Chirurgie zählt sowie Candela Ltd. (Kanada), das sich auf den kosmetischen Markt spezialisiert hat (Tab. 8.1).

Der größte deutsche Anbieter von lasermedizinischen Geräten, die Carl Zeiss Meditec AG, Gera, ist ebenfalls durch eine Fusion zweier Unternehmen im Jahr 2001 entstanden. Dies waren der Geschäftsbereich Ophthalmologie von Carl Zeiss, Oberkochen, einem der weltweit führenden Anbieter von Produkten für die Augenheilkunde (von der Diagnose über therapeutische Behandlungen bis zur Nachsorge) sowie der Asclepion-Meditec AG, Jena, einem der größten europäischen Systemanbieter auf dem Gebiet der refraktiven Chirurgie (Asclepion 2002). Von den etwa 880 Mitarbeitern werden neben lasermedizinischen Lösungen von der Diagnose bis zur Therapie aller Krankheitsbilder am Auge (Refraktion, Grauer und

Grüner Star, Netzhauterkrankungen) auch Lasersysteme für kosmetische Anwendungen (wie Laserepilation oder die Beseitigung von Tattoos) sowie zur schmerzarmen Kariesbehandlung entwickelt und produziert (Tab. 8.1). Die anderen Anbieter von Lasersystemen in Deutschland sind deutlich kleiner als die Carl Zeiss Meditec AG. Dies gilt z. B. für die Wavelight Lasertechnologie AG, Erlangen, die mit mehr als 120 Mitarbeitern einen Umsatz von knapp 25 Millionen € im Geschäftsjahr 2000/2001 erzielte. Dieses Unternehmen bietet Lasersysteme insbesondere für die Ophthalmologie und ästhetische Anwendungen und seit 2001 auch für die Urologie an (Tab. 8.1). Ein ähnliches Angebotsspektrum weisen z. B. auch Dornier Medizinlaser GmbH, Germering, und A.R.C. Laser GmbH, Nürnberg, auf. Demgegenüber konzentrieren sich die beiden Unternehmen Biolitec AG, Jena, und World of Medicine AG, Ludwigstadt, stärker auf das Feld minimal-invasiver laser-gestützter Therapien oder Chirurgie und sind zudem beide noch in Anwendungsgebieten außerhalb der Medizin tätig (Tab. 8.1).

Eine weitere Gruppe von Anbietern auf dem Markt für medizinische Laser sind Produzenten von Laserquellen, die von Systemherstellern in Lasersysteme eingebaut werden. Ein Beispiel für diesen Typ von Unternehmen ist die Lamda Physik AG, Göttingen, die als OEM-Lieferant vor allem für die Ophthalmologie und Dermatologie im Jahr 2001 mehr als 30 Millionen € umsetzte (Tab. 8.1). Ein anderes Unternehmen in diesem Feld ist die TUI-Laser AG, Gräfelfing, die als OEM-Lieferant im Bereich der Augenheilkunde aktiv ist.

Tabelle 8.1: Ausgewählte Unternehmen der Lasermedizin im Jahr 2000/2001

Name	Sitz	Umsatz (Mio €)		Mitarbeiter	Regionale Schwerpunkte	Tätigkeitsspektrum
		Gesamt	Lasermedizin			
Lumenis Ltd.	Israel/USA	426	426	1.400	USA, Europa, Asien	Kosmetik/Dermatologie, Ophthalmologie, Chirurgie, Dental
VISX	Santa Clara, USA	191	191	330	USA, Europa, Asien	Ophthalmologie (Refraktion)
Nidek	Japan	563	-	1.400	Asien, USA, Europa	Ophthalmologie, Dermatologie, Optoelektronik, Medizintechnik
Summit Ltd.	USA	-	-	-	USA, Europa, Asien	Ophthalmologie (Refraktion)
Candela Ltd.	Kanada	-	-	-	USA, Europa, Asien	Kosmetik
Carl Zeiss Meditec AG	Jena, Deutschland	233	233	880	Deutschland, Europa, USA, Asien	Ophthalmologie (Refraktion, Grauer und Grüner Star, Netzhauterkrankungen), Kosmetik/Dermatologie, Dental
Wavelight Lasertechnologie AG	Erlangen, Deutschland	25	25	127	Deutschland, Europa, USA	Ophthalmologie, Kosmetik/Dermatologie, Urologie
Biolitec AG	Jena, Deutschland	18,5	12,5	163	Deutschland, Europa, USA, Asien	Minimal-invasive, lasergestützte Therapie, Photosensitizer, Dental
World of Medicine AG	Ludwigstadt, Deutschland	30,4	3,0	298	Europa, USA	Minimal-invasive Chirurgie, Urologie

Fortsetzung Tabelle 8.1

Name	Sitz	Umsatz (Mio €)		Mitarbeiter	Regionale Schwerpunkte	Tätigkeitsspektrum
Dornier Medizin-Laser GmbH	Germering, Deutschland	-	-	-	Europa, USA, Asien	Chirurgie, Kosmetik
A.R.C. Laser GmbH	Nürnberg, Deutschland	-	-	-	Europa	Ophthalmologie, Dermatologie
Lamda Physik AG	Göttingen, Deutschland	137	30,0	400	USA, Europa, Asien	OEM-Lieferant v. a. für Ophthalmologie, Dermatologie
TUI Laser AG	Gräfelfing, Deutschland	-	-	120	-	OEM-Lieferant Ophthalmologie
- : Die entsprechenden Angaben sind für das Unternehmen nicht verfügbar.						

Quelle: Recherche von Fraunhofer ISI 2002, Unternehmensberichte

Trotz der registrierten Wachstumsraten ist der Markt für lasermedizinische Anwendungen weltweit durch einen starken Wettbewerb geprägt. Indizien dafür sind ausgeprägte Konsolidierungstendenzen bei den umsatzstärksten Anbietern sowie teilweise deutliche Probleme mit der Profitabilität bei einzelnen dieser Unternehmen. Insbesondere in nur wenig wachsenden Produktsegmenten (z. B. bestimmte chirurgische Anwendungen, Korrektur der Fehlsichtigkeit) sind die Unternehmen einem starken Wettbewerb ausgesetzt, der sich in rückläufigen Erlösen pro verkauftem Gerät bei gleichzeitig hohen Aufwendungen für Forschung und Produktentwicklung äußert. Als weiterer Grund für Unternehmensübernahmen oder -fusionen wird der hohe Kapitalbedarf für die Entwicklung neuer Lasertechnologien und deren Markteinführung insbesondere außerhalb des Krankenhaussektors genannt (Wheeler 2002).

Generell ist der Markt der Lasermedizin durch einen schnellen weltweiten Technologie- und Innovationswettbewerb geprägt. Neue Erkenntnisse der Wissenschaft führen zu relativ kurzen Produktzyklen, die zudem auch noch durch neue medizinische und klinische Erkenntnisse beeinflusst werden. Nur denjenigen Unternehmen, denen es kontinuierlich über einen längeren Zeitraum gelingt, neue Behandlungsverfahren und Technologien zu wirtschaftlich interessanten Konditionen für die Ärzte zu entwickeln und in den Markt einzuführen, können von dem so genannten „first mover advantage“ im weltweiten Innovationswettbewerb mit überdurchschnittlichen Preisen profitieren. Der Markterfolg eines Unternehmens wird zudem stark davon beeinflusst, inwiefern es diesem gelingt, für seine neu entwickelten Produkte eine möglichst frühzeitige Zulassung auf den wichtigsten Märkten zu erreichen, um diese früher als seine Wettbewerber bedienen zu können.

#### **8.2.4 Risiken und Konfliktpotenziale**

Technikspezifische Risiken von Laseranwendungen sind gesundheitliche Schädigungen des Anwenders bei unsachgemäßer Anwendung sowie gesundheitliche Schädigungen des Patienten durch Fehlanwendungen, unsachgemäße Anwendungen sowie durch Nebenwirkungen der Behandlung, die auch bei sachgemäßer Anwendung auftreten können.

Es existieren mehrere Konfliktfelder zwischen verschiedenen Akteuren: Zunächst sind die unterschiedlichen Interessenlagen von Kostenträgern und Leistungserbringern zu nennen. Die Kostenträger und der Staat müssen die notwendige Versorgung gewährleisten und benötigen dazu auch neue Technologien. Sie müssen diesen aber eher restriktiv gegenüber stehen, so lange kein sicherer Behandlungs- und Einsparereffekt nachgewiesen ist. Die Ärzte und anderen Leistungserbringer möchten demgegenüber ihr Angebot erweitern und streben eher eine maximale Versorgung an, wobei sie – mitbedingt durch den unmittelbaren Kontakt zum Patienten - den Interessen der Patienten entgegen kommen. Konflikte können somit einerseits zwischen



Patienten, die gegenüber dem Arzt auf eine Laseranwendung drängen, und zwischen Ärzten und Gesundheitsverwaltung um die Abrechnungsfähigkeit der Laseranwendungen entstehen.

Negative Nebeneffekte der Technologie sind für die Allgemeinbevölkerung nicht wahrnehmbar, die behandelten Patienten nehmen individuelle Risiken wegen des erwarteten Nutzens in Kauf. Dass mit der Verbreitung der Lasermedizin die Kostenexpansion im Gesundheitswesen verschärft werden könnte, wird von der breiten Bevölkerung vermutlich nicht wahrgenommen.

Zudem treten Konkurrenzsituationen zwischen verschiedenen Arztpraxen oder Kliniken wie auch zwischen Ärzten und nichtärztlichen Laseranwendern auf, in denen der Laser als Marketing-Instrument eingesetzt wird. Hierbei kann ein unterschiedliches Wissenschaftsverständnis eine Rolle spielen, indem manche Anwender mehr Wert auf eine wissenschaftliche Absicherung der Laseranwendung legen, während andere weniger kritisch sind und evtl. früher ein Lasergerät anschaffen. In diesen Bereich fallen auch die Diskussionen über Qualitäts-, Ausbildungs- und Anwendungsstandards für Laserapplikationen, welche dazu genutzt werden können, einzelne Anwender oder bestimmte Anwendergruppen vom Markt auszuschließen, wenn diese die Standards nicht erfüllen. In den USA wird beispielsweise diskutiert, ob von nichtärztlichem Personal Epilationen vorgenommen werden dürfen. Auch in Deutschland berufen sich Ärzte auf die Notwendigkeit einer medizinischen Grundausbildung mit entsprechender laserbezogener Weiterbildung (Kimmig 2000).

### **8.3 Analyse empirischer Erhebungen zu Akzeptanz und Nachfrage und ihren Determinanten**

#### **8.3.1 Akzeptanz für Lasermedizin generell**

Die Akzeptanz für medizinische Technologien ist generell hoch, was sich auch auf medizinische Laseranwendungen übertragen lässt. 55.8% der Deutschen interessieren sich am meisten für wissenschaftlich-technische Entwicklungen aus dem Bereich der Medizin, diese besondere Bedeutung der Medizin ist in den meisten anderen europäischen Ländern jedoch noch stärker ausgeprägt. Ärzte sind in Deutschland die am meisten respektierte Berufsgruppe (Europäische Kommission 2001). Hinsichtlich der Bekämpfung von Krankheiten durch Technik bestehen in der Bevölkerung insgesamt positive Erwartungen (May 2001; Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag [TAB 1997]). Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass auch für lasermedizinische Anwendungen eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung besteht.

In welchem Ausmaß Medizinlaser erworben und eingesetzt, in welchem Ausmaß lasermedizinische Dienstleistungen erbracht bzw. in Anspruch genommen wurden, konnte im Rahmen dieser Untersuchung als Maß für die faktische Nachfrage bzw. Akzeptanz der Lasermedizin nicht ermittelt werden. Dies liegt an den Besonderheiten der entsprechenden statistischen Erfassung im deutschen Gesundheitssystem.

Verlässliche Daten über die Ausgaben der Krankenkassen oder gar des gesamten Gesundheitssystems für Medizinprodukte und damit auch für Medizinlaser existieren nicht, da diese Kosten zu großen Teilen Vorleistungen der Leistungsanbieter darstellen und sich hinter den Gebührenscheitern für einzelne Behandlungen verbergen. Ein Teil der im Einheitlichen Bewertungsmaßstab (EBM<sup>73</sup>) genannten Laseranwendungen ist von der Anrechnung auf Praxisbudgets ausgenommen und kann deshalb zusätzlich zu den ansonsten begrenzten Leistungen durchgeführt werden. Daten zum Vergleich mit anderen medizinischen Technologien oder zu Laseranwendungen in anderen Bereichen als der Medizin liegen aber nicht vor. Trotz der ungenügenden Datenlage wird aber allgemein davon ausgegangen, dass die Medizintechnik einen nicht unbeträchtlichen Teil des Ausgabenzuwachses im Gesundheitsbereich verursacht (Statistisches Bundesamt 1998). Für die USA wird allerdings geschätzt, dass die tatsächliche Nutzung von Lasern bei verschiedenen Ärztesgruppen relativ niedrig ist (Lanzafame 2001).

Insgesamt ist die Datenbasis jedoch sehr gering: Insbesondere gibt es kaum quantitative Daten, worin die individuellen und gesellschaftlichen Vorteile und Risiken der Laser gesehen werden. Die meisten Literaturquellen stammen von Pilotanwendern, die auf der Basis von Einzelfällen oder kleinen Fallserien über ihre Erfahrungen berichten, auf Grund der noch geringen Verbreitung wurden nur selten Routinenanwender befragt.

### **8.3.2 Akzeptanz in einzelnen Anwendungsfeldern**

Als Indikatoren für die wissenschaftlich-technische Leistungsfähigkeit von Laseranwendungen, die für ihre Akzeptanz im Medizinsystem eine Rolle spielen dürfte, konnten 22 Reviews aus den Indikationsgebieten Augenheilkunde, Dermatologie und Ästhetische Medizin, Gynäkologie, Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Lungenheilkunde und Orthopädie/Rheumatologie ermittelt werden, die Laseranwendungen zumindest als eine Therapiealternative einbezogen. Die Reviews wurden von Arbeitsgruppen der Cochrane Collaboration erstellt und gelten als relativ „harte“ Evidenz mit entsprechend hohem wissenschaftlichem Ansehen. Ihre Umsetzung in die

---

<sup>73</sup> Der Einheitliche Bewertungsmaßstab (EBM) regelt für den Bereich der kassenfinanzierten ambulanten Leistungen, welche Laseranwendungen zu Lasten der Krankenkassen abgerechnet werden können.

Praxis ist aber oft noch mangelhaft. Die ermittelten Reviews werden in den entsprechenden Abschnitten zu den einzelnen Fachdisziplinen zusammengefasst.

Leitlinien dienen dazu, vorhandene wissenschaftliche Evidenz und Praxiserfahrung für die medizinische Praxis verfügbar zu machen. Bisher liegen allerdings nur für wenige Krankheitsbilder Behandlungsleitlinien vor, die vorhandenen sind qualitativ und hinsichtlich ihres Einflusses auf die tatsächliche Behandlungspraxis häufig noch suboptimal. In der Datenbank zu Leitlinien der AWMF wurden 16 Leitlinien gefunden, in denen therapeutische Laseranwendungen aufgeführt werden. Sie lassen sich den Disziplinen Dermatologie und Ästhetische Medizin, Gynäkologie, Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Urologie zuordnen und werden in den entsprechenden Abschnitten ausgeführt. Die vier Leitlinien zu Humane Papillomviren (HPV)-assoziierten Krankheitsbildern der verschiedenen Gesellschaften sind weitgehend identisch und werden deshalb gemeinsam im Bereich der Dermatologie abgehandelt.

Die Bedeutung von Reviews, Leitlinien und wissenschaftlicher Literatur überhaupt für die ärztliche Praxis darf jedoch nicht überschätzt werden, da viel beschäftigte Ärzte oft nicht in der Lage sind, die einschlägige Literatur zu lesen. Zudem sind alte Gewohnheiten schwer zu durchbrechen (Lanzafame 2001).

### **8.3.2.1 Chirurgie**

Zum Bereich der Chirurgie wurden hier solche Studien gezählt, die sich mit Operationstechniken befassen, allerdings nur dann, wenn sie nicht einer der Spezialdisziplinen zugeordnet werden können. Laser-gestützte Augenoperationen z. B. bei Glaukom werden also nicht in diesem Abschnitt, sondern im Unterkapitel „Augenheilkunde“ vorgestellt.

Der Lasereinsatz in der Chirurgie, speziell in der minimal invasiven Chirurgie, ist teilweise bereits Standard oder birgt große Potenziale für die Zukunft (z. B. Behandlung von Krebsleiden oder Gefäßverletzungen). Eingesetzt werden Laser u. a. zur Zerstörung von Gehirntumoren (Fraunhofer-Gesellschaft 1999), teilweise wird die Lasertechnologie mit Ultraschall-Technologie kombiniert (Laser-Ultraschall-Chirurgie; Laser- und Medizin-Technologie gGmbH 2000). Neuere Zahlen für die Anwendung von chirurgische Laserverfahren in Deutschland existieren nicht (Keuchel und Beske 1992; Shakespeare et al. 1998). Für die USA ist bekannt, dass Laserverfahren in der allgemeinen Chirurgie nur relativ selten eingesetzt werden (Lanzafame 2001).

Für Laserchirurgie kann auf Antrag des Arztes an die Kassenärztliche Vereinigung ein Zusatzbudget zuerkannt werden, wenn ein besonderer Versorgungsbedarf besteht (Kassenärztliche Bundesvereinigung, Spitzenverbände der Krankenkassen 2001).

### 8.3.2.2 Augenheilkunde

Laseranwendungen in der Augenheilkunde gelten als relativ ausgereift, die Verbreitung nimmt zu (Statistisches Bundesamt 1998). Ophthalmologische Anwendungen der Lasermedizin sind neben dermatologischen die Schrittmacher für eine neuere Entwicklung, bei der lasermedizinische Anwendungen erstmals den Bereich der Medizin verlassen und ästhetische sowie kosmetische Anwendungen erschließen und damit an der Schwelle zur Erschließung eines Massenmarktes, neuer Kundenschichten und Marktsegmente stehen. Eine solche Anwendung im Bereich der Ophthalmologie ist die Photorefraktive Keratektomie bzw. technologisch neuer die Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK), Laserapplikationen an der Hornhaut mit dem Ziel, Myopie (Kurzsichtigkeit) zu korrigieren, ohne dass eine Brille oder Kontaktlinsen getragen werden müssen. Solche Laseroperationen der Hornhaut zur Behandlung von Kurzsichtigkeit erfreuen sich im Ausland einer hohen und weiter steigenden Nachfrage. So finden in den USA jährlich mehr als eine Million dieser Laserbehandlungen statt. In Deutschland führen allerdings nur ca. 4 % der Augenärzte Laseroperationen durch. Insgesamt wurden 1999 in Deutschland Laser bei ca. 20.000 Operationen zur Korrektur von Kurzsichtigkeit eingesetzt (Kulp et al. 2000). Es wird aber erwartet, dass die Zahl der Behandlungen im Jahr 2001 auf 60.000 anwachsen wird (Lenzen-Schulte 2001).

Die Myopieoperation zeigt zumindest in unkontrollierten Studien hinsichtlich der Korrektur der Fehlsichtigkeit gute und zumindest mittelfristig stabile Ergebnisse. Auch Astigmatismus kann erfolgreich behandelt werden. Subjektive Verschlechterungen beziehen sich v.a. auf die Sichtqualität bei Nachtfahrten, Blendeffekte und Lichtempfindlichkeit, Komplikationen traten in 5 % der Fälle auf, 11 % mussten nachbehandelt werden. Mehr als 80 % der Behandelten sind zufrieden oder sehr zufrieden (McDonald et al. 2001, McGhee et al. 1996). In einer anderen Studie brachen immerhin 15 % der Patienten die Behandlung nach dem ersten Auge ab, vorwiegend wegen Unzufriedenheit mit dem Operationsergebnis (Quah et al. 1996).

Mittelfristig wird die Zahl von Laseroperationen bei Myopie vermutlich weiter zunehmen (Kulp et al. 2000), ob sie allerdings zum Standardeingriff wird, hängt von der Erstattung durch die Krankenkassen ab (s.u.). Auch Übersichtigkeiten können lasergestützt operiert werden (Augen-Laser-Klinik Nürnberg 2001).

Die Bereitschaft, an einer Laserbehandlung von altersbedingter Degeneration der Netzhaut (Macula) teilzunehmen, war in einer Studie von Bernstein und Seddon (1996) hoch, für diese Krankheit existiert allerdings keine Alternativmethode.

Bei der Glaukombehandlung mit Laser gab nur die Hälfte der Behandelten an, die Situation habe sich danach verbessert, bei den Operierten war die Rate der Gebesserten etwas höher (Odberg et al. 2001).

Im Bereich der Augenheilkunde liegt ein Cochrane-Review vor („Interventions for asymptomatic retinal breaks and lattice degeneration for preventing retinal detachment“, Wilkinson 2002), es konnten aber keine randomisierten kontrollierten Studien gefunden werden, die Laseranwendungen wie z. B. die Photokoagulation mit einem anderen Therapieverfahren oder mit keiner Behandlung verglichen. Leitlinien für den Bereich der Augenheilkunde wurden bei der AWMF bislang nicht vorgestellt.

Als ambulante vertragsärztliche Leistungen abgerechnet werden können im Bereich der Augenheilkunde folgende Leistungen (Kassenärztliche Bundesvereinigung, Spitzenverbände der Krankenkassen 2001):

- Laserbeleuchtung im Rahmen einer Photodynamischen Therapie mit Verteporfin bei altersabhängiger feuchter Makuladegeneration,
- Bestimmte Operationen an Linse oder Diszission oder Ausschneidung des Nachstars oder der Linsenkapsel, ggf. mittels Laser-Verfahren,
- Operative Regulierung des Augeninnendrucks (Zyklodialyse, Iridektomie, Lasertrabekuloplastik),
- Licht- bzw. Laser-Koagulation(en) der Netzhaut und/oder der Aderhaut.

### 8.3.2.3 Dermatologie und Ästhetische Medizin

Die dermatologische Lasertherapie hat in den letzten Jahren durch neue Entwicklungen in der Grundlagenforschung und durch die nachfolgende Umsetzung in medizinische Geräte einen rasanten Aufschwung genommen. Insgesamt gibt es einen „impressive array of amazing new and effective treatments for a wide array of disorders“ (Stratigos et al. 2000, S. 920). Mit dem Laser können gezielt krankhafte Strukturen in der Haut zerstört werden, ohne die gesunde Haut zu beeinträchtigen (Prinzip der selektiven Photothermolyse). Damit lassen sich die nachfolgend aufgeführten Hautveränderungen mit unterschiedlichen Lasern behandeln (siehe auch Kimmig 2000):

- *Gefäßveränderungen*: Feuermale, Blutschwämme, Rubinflecke, erweiterte Äderchen (Teleangiektasien), Angiofibrome, „Säufernase“ (z. B. Hellwig et al. 1998). Tan und Vinciullo (1996) berichten von einem hohen Maß an Zufriedenheit mit der Laserbehandlung von Feuermalen: mehr als 90 % der behandelten Patienten würden die Methode anderen Betroffenen empfehlen. Auch bei anderen Gefäßveränderungen fand sich nach sechs Monaten eine hohe Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis, nahezu keine Verbesserungen fanden sich im subjektiven Gesundheitsstatus (Shakespeare et al. 1998).
- *Pigmentablagerungen*: Tätowierungen, Permanent Make-up, Schmutzeinsprengungen, Altersflecke, Hyperpigmentierungen (z. B. Hellwig et al. 1998; Stratigos et al. 2000).

- *Wundbehandlung*: Hinsichtlich der Wirksamkeit von Lasertherapie bei Druckgeschwüren stellen Ter Riet et al. (1992) Uneinigkeit unter Experten fest.
- *Gutartige Hautneubildungen*: Warzen, erhabene Muttermale, Narben, Neubildungen der Hautanhangsgebilde, z. B. der Talgdrüsen, Fettablagerungen der Haut.
- *(Beginnende) bösartige Hautneubildungen*: Aktinische Keratosen, flache Basaliome, Kaposi-Sarkome, Kraurosis vulvae, Morbus Bowen, initiale Plattenepithelkarzinome.
- *Epilation*: Permanente Entfernung von störenden Körperhaaren wie z. B. Beinbehaarung, männlicher Haarwuchs bei der Frau (Hirsutismus) (z. B. Dierickx et al. 1999; Sommer et al. 1998). Bei Haarentfernungen mittels Laser war in den USA eine deutliche Zunahme zu verzeichnen: Der Umsatz für dieses Segment wuchs von 85 Millionen US\$ im Jahr 1997 auf 185 Millionen US\$ im Jahr 1999 (Booth 1999).
- *Sonstige kosmetische Indikationen*: Gesichtsfalten, Narben nach Akne, Verletzungen, Lidchirurgie (Hagen 2001) und andere Operationen oder Windpocken (z. B. Raulin et al. 1997). Die Behandlung von Gesichtsfalten wird von Raulin et al. (1997) als elegant und nebenwirkungsarm bezeichnet. Für das Facelifting besteht nach Roberts und Pozner (2000) ein Expertenkonsens, dass die Risiken durch die Vorteile aufgewogen werden. Kaum eine andere Technologie habe innerhalb von nur zwei Jahrzehnten eine so breite Akzeptanz gefunden, wie der Lasereinsatz beim Facelifting (Roberts und Pozner 2000). In einer Studie zum Laser-Resurfacing konnten die Patientenerwartungen in 70 % der Fälle erfüllt werden, ca. 80 % der Patienten würden die Behandlung wiederholen und anderen empfehlen. Zwar waren kurzfristige unerwünschte Nebenwirkungen häufig, aber nur in 7 % der Fälle traten längerfristige Komplikationen auf (Goodman 1998).

Obwohl die Wirksamkeit der Anwendungen noch wenig evaluiert ist, kann von mangelnder Akzeptanz seitens der Patienten beim Einsatz von Lasern in der Dermatologie und der ästhetischen Medizin keine Rede sein. Vielmehr sprechen Ärzte davon, dass Laseranwendungen schon *zu* stark nachgefragt werden (Raulin et al. 2000). So wurden z. B. 1996 weltweit annähernd 1 Million kosmetische Laserbehandlungen durchgeführt und im Jahr 2000 schätzungsweise 3,4 Millionen.

Für Dermatologie und Ästhetische Medizin existieren drei Cochrane-Reviews, die Lasereinsatz thematisieren. Im Review „Laser therapy for venous leg ulcers“ (Flemming und Cullum 2002a) konnte für Beingeschwüre kein Nutzen einer Low-Level-Lasertherapie allein festgestellt werden. Der Review „Therapeutic ultrasound for pressure sores“ (Flemming und Cullum 2002b) beschäftigt sich mit Laser-Anwendungen nur als Vergleichsbedingung für die Ultraschalltherapie bei Druckwunden. Der Laser wies eine geringere Heilungsrate als eine Kombination von Ultraschall und UV-Licht auf. Der Review zum „Laser resurfacing for facial acne scars“

(Jordan et al. 2002) muss einen derart großen Mangel an hochwertiger Evidenz für diese Anwendung feststellen, dass keine Aussagen zur Wirksamkeit des Lasers gemacht werden können. Dringend benötigt würden Vergleiche von CO<sub>2</sub>- mit Erbium:YAG-Lasern bei dieser Indikation.

Für Dermatologie und ästhetische Medizin liegen sieben Leitlinien vor, von denen sich allerdings vier auf HPV-assoziierte Krankheitsbilder beziehen:

1. Vereinigung der Deutschen Plastischen Chirurgen: Hautbehandlung (Skin-Resurfacing) mit Laser
2. Deutsche Dermatologische Gesellschaft: Acne inversa
3. Deutsche Krebsgesellschaft und Deutsche Dermatologische Gesellschaft: Plattenepithelkarzinom der Haut
4. Deutsche Dermatologische Gesellschaft: Feigwarzen in der anorektalen Region
5. Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe: HPV-Infektion des weiblichen Genitale
6. Deutsche STD-Gesellschaft: Condylomata acuminata und andere HPV-assoziierte Krankheitsbilder des Genitale und der Harnröhre
7. Deutsche Gesellschaft für Urologie: Genitalerkrankungen durch Humane Papillomviren (HPV)

Für das Skin-Resurfacing mit Laser existieren nach der Leitlinie der Vereinigung der Deutschen Plastischen Chirurgen (2001) bereits viele Anwendungen, für deren Effektivität oder Effizienz wird allerdings keine Evidenz angeführt. Die Deutsche Dermatologische Gesellschaft (2001) empfiehlt zur Behandlung der Acne inversa das Abtragen der pathologisch veränderten Haut, was mit Skalpell, elektrochirurgisch oder auch mit Laser erfolgen könne. Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden werden allerdings nicht beschrieben. Bei der Behandlung von Plattenepithelkarzinomen der Haut empfiehlt die gemeinsame Leitlinie der Deutschen Krebsgesellschaft und der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft, die Laserbehandlung (aber auch andere ablativ Methoden) auf Präkanzerosen oder In-situ-Tumoren zu beschränken (Deutsche Krebsgesellschaft und Deutsche Dermatologische Gesellschaft 1999).

Die Deutsche Dermatologische Gesellschaft empfiehlt, bei (in der Regel HPV-infizierten) Feigwarzen in der anorektalen Region die Laser-Therapie eher ergänzend zu einer Elektrokoagulation. Es wird von einer Heilungsrate von 43 bis 90 % nach Lasertherapie berichtet (Deutsche Dermatologische Gesellschaft 1999). Für die HPV-Infektion des weiblichen Genitale sieht die Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (2001) eine breite Anwendung der Laser-Vaporisation vor. Die Leitlinien der Deutschen STD-Gesellschaft bezeichnet den

Laser bei Condylomata acuminata und anderen HPV-assoziierten Krankheitsbildern des Genitale und der Harnröhre als aktuelles, empfehlenswertes Verfahren (Deutsche STD-Gesellschaft 2000), für die Deutsche Gesellschaft für Urologie (2001) zählt er schon zu den „klassischen“ und evidenzbasierten Behandlungsoptionen. Alle HPV-Leitlinien weisen darauf hin, dass insbesondere bei der Laser-Vaporisation, aber auch der Elektrokautertherapie die Freisetzung von infektiösen Viruspartikeln im Rauch möglich ist und deshalb Schutzmasken etc. vorgeschrieben sind.

Für Dermatologische Lasertherapie kann auf Antrag des Arztes an die Kassenärztliche Vereinigung ein Zusatzbudget zuerkannt werden, wenn ein besonderer Versorgungsbedarf besteht. Nach dem EBM können Thermokoagulation bzw. Kauterisation krankhafter Haut- und/oder Schleimhautveränderungen, z. B. mittels Lasertechnik, und die Behandlung von Hämangiomen und Naevi flammei mittels Laser zu Lasten der Kassen abgerechnet werden (Kassenärztliche Bundesvereinigung, Spitzenverbände der Krankenkassen 2001).

#### **8.3.2.4 Gastroenterologie**

Die palliative Behandlung bei Darmkrebs mit Laser wird als effektiv, sicher und reif bezeichnet und hat schon 1993 die Kryotherapie an einzelnen Zentren verdrängt, das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis wird allerdings kontrovers diskutiert (Keuchel und Beske 1993).

In den USA werden Laserverfahren in der Gastroenterologie nur relativ selten eingesetzt (Lanzafame 2001), für Deutschland liegen in diesem Bereich keine Angaben vor. Für den Lasereinsatz in der Gastroenterologie existieren bislang keine Cochrane-Reviews und keine Leitlinien.

Nach dem EBM können gastroenterologische Laser-Vaporisationen, wenn sie zusätzlich zu endoskopischen Leistungen erbracht werden, abgerechnet werden (Kassenärztliche Bundesvereinigung, Spitzenverbände der Krankenkassen 2001).

#### **8.3.2.5 Gynäkologie**

Deutsche Übersichten zur Verbreitung von Laserverfahren in der Gynäkologie liegen nicht vor. In den USA werden Laserverfahren in der Gynäkologie nur relativ selten eingesetzt (Lanzafame 2001).

Für die Gynäkologie und Geburtshilfe wurden sieben Cochrane-Reviews identifiziert, die Lasertherapien thematisieren. Der Review „Techniques for pelvic surgery in subfertility“ kann keinen Vorteil des Lasereinsatzes gegenüber Standardtherapien bei der Behebung von Fertilitätsstörungen feststellen (Watson et al. 2002).



Mit dem Ziel, Ovulationen auszulösen, werden teilweise Laser-unterstützt laparoskopische Eingriffe vorgenommen. Der Review „Laparoscopic ‚drilling‘ by diathermy or laser for ovulation induction in anovulatory polycystic ovary syndrome“ (Farquhar et al. 2002) enthält keine Aussage darüber, ob die Lasermethode gegenüber anderen laparoskopischen Methoden einen Vorteil bietet, da diese Fragestellung nicht untersucht wurde.

Für den Review „Laparoscopic surgery for pelvic pain associated with endometriosis“ (Jacobson et al. 2002) konnte nur eine Primärstudie gefunden werden, in der eine lasergestützte laparoskopische Operation hinsichtlich der Schmerzreduktion einer nur diagnostischen Laparoskopie deutlich überlegen war. Mit anderen Interventionen wurde der Laser nicht verglichen. Auch im Review „Endometrial resection and ablation versus hysterectomy for heavy menstrual bleeding“ erfolgte keine direkte Prüfung von Laser gegenüber anderen minimal-invasiven Methoden.

In einem neuen Review „Endometrial destruction techniques for heavy menstrual bleeding“ wurden verschiedene Interventionen verglichen. Der Laser zählt dort schon zu den „gold standard“-Techniken. Beim Laser werden häufigere technische Probleme als bei anderen Methoden berichtet, neueren Techniken gegenüber schien der Laser eher unterlegen (Lethaby und Hickey 2002).

Für den Review „Interventions for the treatment of twin-twin transfusion syndrome“ konnten keine kontrollierten Studien gefunden werden, in denen die mögliche Laserkoagulation mit anderen Therapien verglichen wurde (Roberts et al. 2002).

Im Review „Surgery for cervical intraepithelial neoplasia“ (Martin-Hirsch et al. 2002) wurden sieben Operationstechniken, darunter auch laser-gestützte, untereinander verglichen, für das Laserverfahren konnten keine eindeutigen Vor- oder Nachteile festgestellt werden.

Im Bereich der Gynäkologie liegt eine Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (1998) mit Diagnostischen und therapeutischen Standards beim Zervixkarzinom vor. Bei auf die Ektozervix beschränkten Befunden wird die CO<sub>2</sub>-Laser-Vaporisation als Standardtherapie genannt.

In der Gynäkologie kann nach dem EBM ein Zuschlag zu bestimmten operativen Leistungen bei Durchführung mittels Laser abgerechnet werden (Kassenärztliche Bundesvereinigung, Spitzenverbände der Krankenkassen 2001).

### **8.3.2.6 Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde**

In einer retrospektiven Befragung von Patienten vorwiegend mit Erkrankungen des Innenohrs zum Behandlungsergebnis einer Low-Level-Lasertherapie war etwa die

Hälfte der Symptome nach sechs Monaten andauernd gebessert (41 %) oder völlig verschwunden (12.9 %). Ein Teil der Patienten hatte zusätzlich zu Hause eine Eigenbehandlung mit einem Home-Laser-Gerät durchgeführt, dort waren die Ergebnisse noch etwas günstiger (Ellerbrock und Wilden o.J.).

Zwei Cochrane-Reviews befassen sich mit Laseranwendungen im HNO-Bereich. Der Erste („Interventions for treating oral leukoplakia“, Lodi et al. 2002) kann lediglich konstatieren, dass keine randomisierte, kontrollierte Studie für den Lasereinsatz bei dieser Indikation gefunden werden konnte. Der zweite Cochrane-Review „Radiotherapy versus open surgery versus endolaryngeal surgery (with or without laser) for early laryngeal squamous cell cancer“ (Dey et al. 2002) vergleicht Strahlentherapie mit offener Operation mit endoskopischer Operation (mit oder ohne Laser) bei frühem Kehlkopfkrebs. Aussagen zur Lasertherapie konnten jedoch ebenfalls nicht gemacht werden, da entsprechende Primärstudien fehlten.

Für den therapeutischen Einsatz von Lasern in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde existieren fünf Leitlinien der AWMF:

1. Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie: Schnarchen: primäres Schnarchen
2. Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie: Schnarchen: Obstruktive Schlafapnoe (OSA) und obstruktives Schnarchen
3. Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie: Onkologie des Kopf-Hals-Bereiches
4. Leitlinie Kinderchirurgie: Ösophago-tracheale Fistel (H-Fistel)
5. Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie: Ösophagus-Atresie

In der Kinderchirurgie wird der Laser zur Behandlung von ösophago-trachealen Fisteln nur sehr eingeschränkt empfohlen (Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie 1999a). Bei der Behandlung der Ösophagus-Atresie soll er nur zur Behandlung von Rezidiven eingesetzt werden (Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie 1999b).

Die Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie hat drei Leitlinien entwickelt, die zumindest teilweise den Einsatz von Lasern als Therapieoption betrachten: Beim Schnarchen wird zwischen primärem Schnarchen einerseits (Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie 1999c) und Obstruktiver Schlafapnoe (OSA) und obstruktivem Schnarchen andererseits (Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie 1999a) unterschieden. In beiden Leitlinien wird eine Laser-assistierte Uvulopalatoplastik als Therapieoption genannt, allerdings

ohne entsprechende Evidenz dafür anzugeben. In der Behandlung onkologischer Erkrankungen des Kopf-Hals-Bereiches kann die Exzision des Tumors „gegebenenfalls mit dem CO<sub>2</sub>-Laser“ durchgeführt werden, es wird aber nicht angegeben, in welchen Fällen diese Methode zu bevorzugen oder auszuschließen ist. Eine Vaporisation des Tumors stelle nur in den Fällen eine therapeutische Alternative dar, in denen die radikale Entfernung des Tumors nicht möglich sei (Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie 1999b).

Zu Lasten der Krankenkassen kann ein Zuschlag zu verschiedenen operativen Eingriffen (z. B. Entfernung festsitzender Fremdkörper aus der Nase, Entfernung von Nasenpolypen) bei Durchführung mittels Laser und die Laser-Koagulationen bei Entfernung von Polypen oder anderen Neubildungen aus dem Kehlkopf durchgeführt werden (Kassenärztliche Bundesvereinigung, Spitzenverbände der Krankenkassen 2001).

### **8.3.2.7 Herz-Kreislauf-Erkrankungen**

Laseranwendungen in der Gefäßchirurgie (Stents, Gefäßprothesen, Laserabtragungen etc.) stagnieren oder nehmen nur langsam zu (Statistisches Bundesamt 1998). Für den Laser-Einsatz bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen liegt kein Cochrane-Review vor.

Es existieren zwei Leitlinien: Die Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung (1999) legt eine Leitlinie zur interventionellen Therapie der koronaren Herzerkrankung vor. Es werde davon ausgegangen, dass eine Reduktion von atherosklerotischem Gewebe per Laser (Laserangioplastie) mit oder ohne zusätzliche PTCA (Perkutane transluminale Koronarangioplastie, vermutlich ist in der Leitlinie hiermit die konventionelle Ballondilatation gemeint) effektiver ist als die PTCA allein, die angeführte Evidenz ist aber noch nicht ausreichend. Verschiedene „mögliche Indikationen“ für die Laser-Angioplastie werden genannt, eine generelle Anwendung der Lasertechnik könne allerdings noch nicht empfohlen werden.

Kipfer et al. (1997) berichten über positive Effekte der transmyokardialen Laser-revaskularisations-Technik.

Bei Verschlüssen der Oberschenkelarterien hat die Verwendung des Lasers nicht zu überzeugenden Ergebnissen geführt (Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gefäßchirurgie 1999).

### 8.3.2.8 Urologie

Der therapeutische Einsatz bei Blasen Tumoren wird hinsichtlich seiner Kostenwirksamkeit als viel versprechend angesehen (Keuchel und Beske 1993). Lasereinsätze in der Urologie waren bislang nicht Gegenstand eines Cochrane-Reviews.

Für die Urologie haben verschiedene deutsche urologische Gesellschaften eine gemeinsame Leitlinie zur Therapie des BPH-Syndroms (benigne Prostatatahyperplasie) herausgegeben (Deutsche Urologen 1999). Darin werden Laserverfahren als eines von mehreren operativen Verfahren genannt, die eingesetzt werden können, sie hätten möglicherweise geringe Komplikationsraten, teilweise aber eine verzögert einsetzende Wirkung oder einen hohen Zeitbedarf. Die Effektivität sei hinsichtlich verschiedener Parameter auch über mehrere Jahre katamnestisch nachgewiesen, die Langzeitdaten seien aber (wie für die meisten der dort genannten anderen Therapieoptionen) begrenzt.

Für den ambulanten Bereich zu Lasten der Krankenkassen können bestimmte Eingriffe an der Harnröhre per Laser durchgeführt werden (Kassenärztliche Bundesvereinigung, Spitzenverbände der Krankenkassen 2001). Die transurethrale Laseranwendung zur Behandlung der Prostata z. B. ist jedoch vom Bundesausschuss der Ärzte und Krankenkassen (BÄK) nicht zur Abrechnung über die Krankenkassen anerkannt (BÄK 2002).

### 8.3.2.9 Zahnheilkunde

Erst am Beginn der Diffusion stehen Anwendungen in der Zahnheilkunde, denen ein großes Potenzial – von einem aktuell niedrigen Niveau aus – eingeräumt wird. Der Er:YAG-Laser wird in der Kariestherapie eingesetzt und hat durch seine Keime reduzierende Wirkung auch präventive Effekte. Bestehende Komposit- oder ähnliche Füllungen können entfernt werden, nicht jedoch Gold- oder Keramikrestaurationen. Auch Parodontoseablagerungen und entzündetes Weichgewebe können effizient und schonend entfernt werden, wobei es nur zu minimalen Blutungen kommt (Thoma 2000). Insgesamt kommen Laser in den folgenden Gebieten der Zahnmedizin zum Einsatz (s.a. Hagen 2001):

- minimal-invasive Kariestherapie,
- supra- und subgingivale Kongremententfernung,
- Sterilisation von Wurzelkanälen,
- Anwendungen in der Oralchirurgie,
- Parodontosebehandlung.

In den uns vorliegenden Studien stehen Zahnpatienten dem Einsatz von Lasern in der Medizin durchweg positiv gegenüber, was hauptsächlich daran liegt, dass das

Fehlen von Schmerzen und Bohrgeräuschen den Zahnarztbesuch weniger traumatisch machen (Smith et al. 1993). 69 von 100 Patienten geben in einer Umfrage von Wigdor (1997) an, Laser würden ihnen den Zahnarztbesuch erleichtern. Immerhin 56 von 100 Patienten würden sogar einen Aufpreis bezahlen, wenn statt des Bohrers ein Laser eingesetzt würde.

In einer deutschen Studie von Keller et al. (1998) wurden Patienten an zwei verschiedenen kariösen Zähnen der konventionellen und der Laserpräparation unterzogen, um beide Methoden direkt vergleichen zu können. 80 % der Patienten fanden die konventionelle Methode weniger angenehm, dabei wurden tendenziell häufiger Lokalanästhesien benötigt. Für die Zukunft würden 82 % der Patienten wiederum den Laser bevorzugen.

Die Zahnärzte stehen der Laserzahnbehandlung deutlich reservierter gegenüber (Glockner et al. 1997). In einer Umfrage von Evans et al. (2000) bevorzugten sie signifikant die konventionelle Methode der Zahnbehandlung.

Für Laser-Anwendungen in der Zahnheilkunde konnten weder AWMF-Leitlinien noch Cochrane-Reviews gefunden werden. Auch in den aufgefundenen Studien wurden keine Angaben zum Behandlungsergebnis bei Laser-präparierten Zähnen gemacht.

### **8.3.2.10 Orthopädie/Rheumatologie**

Für den Bereich der Orthopädie und Rheumatologie liegen sieben Cochrane-Reviews vor, in denen Lasertherapien genannt werden. Für den Review „Low level laser therapy (Classes I, II and III) for treating Osteoarthritis“ (Brosseau et al. 2002a) wurden Studien ausgewertet, welche Laserbehandlungen mit einem Placebo-Laser verglichen. Die Ergebnisse waren uneinheitlich, es konnte kein klarer Vorteil der Lasertherapie ermittelt werden. Gewisse Vorteile gegenüber Placebo im Hinblick auf die Zielkriterien Schmerz, Morgensteifigkeit und Fingerbeweglichkeit fanden sich jedoch für die Anwendung der Low-Level-Lasertherapie bei rheumatoider Arthritis (Review „Low level laser therapy [Classes I, II and III for treating rheumatoid arthritis“; Brosseau et al. 2002b).

Im Review „Acupuncture for lateral elbow pain“ wird lediglich eine Studie erwähnt, welche die Wirksamkeit von Laser-Akupunktur bei dieser Indikation (dem sog. „Tennisarm“) prüfte, aber keinen Vorteil gegenüber einer Placebo-Behandlung feststellen konnte. Auch andere Akupunktur-Techniken zeigten allerdings keine deutliche Wirkung (Green et al. 2002).

In einem weiteren Review wurden Therapieformen bei Entzündungen der Achilles-Sehne untersucht („Interventions for treating acute and chronic Achilles tendinitis“;

McLauchlan und Handoll 2002). Hierbei fand sich kein Hinweis, dass eine Laseranwendung positive Effekte hätte.

Im Review „Interventions for treating plantar heel pain“ (Schmerzen beim Aufsetzen der Ferse; Crawford et al. 2002) konnten keine Hinweise auf eine Wirksamkeit einer niedrigintensiven Lasertherapie festgestellt werden. Die verfügbaren Studien besaßen zudem nur eine schlechte Qualität.

Bei der Behandlung von Nackenschmerzen konnten mit Lasertherapien (im Gegensatz zu elektromagnetischer Therapie) keine Effekte erzielt werden (Review „Physical medicine modalities for mechanical neck disorders“; Gross et al. 2002).

In einem weiteren Review zum lumbalen Bandscheibenvorfall („Surgery for lumbar disc prolapse“; Gibson et al. 2002) wird lediglich erwähnt, dass zu diesem Störungsbild keine randomisierten kontrollierten Studien für die Laser-Diskektomie gefunden werden konnten.

### **8.3.2.11 Analytik und Diagnostik**

Laserstrahlen kommen in verschiedensten Gebieten zu diagnostischen Zwecken zum Einsatz, die teilweise der Medizin, teilweise aber auch eher der Grundlagenforschung zugeordnet werden können. Das konfokale Lasermikroskop kann eine histologische In-vivo-diagnostik ermöglichen (Kimmig 2000). Entwickelt werden auch laserspektroskopische Methoden. Laser können zudem zur Herstellung von radioaktiven Isotopen benutzt werden, welche für die Diagnostik verwendet werden (Institut für Lasermedizin der Heinrich-Heine-Universität 2001).

Laser können innerhalb der „gepulsten photothermischen Radiometrie“ dazu eingesetzt werden, die optischen Eigenschaften von Körpergeweben zu erfassen und Gefäßstrukturen zu vermessen. Mit der Laserdiffraktoskopie können verschiedene Eigenschaften von Erythrozyten gemessen werden (Institut für Lasermedizin der Heinrich-Heine-Universität 2001).

Eine andere Technik erlaubt dreidimensionale holographische Darstellungen beispielsweise der Augenhornhaut oder in der Endoskopie oder Biopsie (Forschung an der Universität Münster – Medizin 2001; Institut für Medizinische Physik und Lasermedizin der Freien Universität Berlin 2001). Auch für die Mammographie wurde ein Lasergerät entwickelt (Physikalisch-Technische Bundesanstalt 1998).

Auch im Bereich der Biotechnologie können Lasergeräte eingesetzt werden, beispielsweise der Laserfluoreszenzdetektor (Forschungsmarkt Berlin 2001). Viele Anwendungen der Gendiagnostik sind ohne Laserstrahlquellen als Bauelemente von Detektoreinheiten zur DNA-Sequenzierung oder zum Auslesen von DNA-Chips nicht denkbar (VDI-Technologiezentrum 2000b), doch bestehen zurzeit noch er-

hebliche Unsicherheiten darüber, wie sich Angebot von und Nachfrage nach gendiagnostischen Dienstleistungen und damit auch der Markt für die Unternehmen, die diese Laserbauelemente herstellen bzw. in die Endgeräte integrieren, künftig entwickeln werden (s. z. B. Hennen et al. 2000). Es wird aber davon ausgegangen, dass Gendefekte und Genvarianten immer rascher, kostengünstiger und leichter identifiziert werden können und dafür auch ein gewisser Bedarf erwachsen wird (Bayertz et al. 2002), woraus ein erhöhter Bedarf an lasergestützten gendiagnostischen Geräten entstehen würde. Die fortschreitende Entwicklung von Lab-on-a-Chip-Systemen könnte die klassischen Hochdurchsatz-Screeningverfahren jedoch verdrängen (Oppenheim Research GmbH 2002). Zudem ist die Rechtslage bezüglich Gentests, welche die Verbreitung von Tests und damit auch das Marktpotenzial der Geräte wesentlich mitbestimmt, noch weitgehend ungeklärt, momentan wird jedoch eine deutliche Zurückhaltung insbesondere gegenüber Tests auf Krankheiten zu bemerken, für die keine präventiven oder Therapiemöglichkeiten bestehen (Hennen et al. 2000).

#### **8.3.2.12 Weitere medizinische Einsatzgebiete**

Im Bereich der Lungenheilkunde bescheinigt der Review „Lung volume reduction surgery for diffuse emphysema“ einer Laser-unterstützte Operation eine geringere Wirksamkeit und eine gegenüber einer thorakoskopischen Technik („stapling“) erhöhte Komplikationsrate (Hensley et al. 2002).

Beim Review „Acupuncture for smoking cessation“ zeigte sich, dass eine Laser-Therapie (vermutlich Laser-Akupunktur) wie alle anderen geprüften Techniken hinsichtlich der Abstinenzrate keine bessere Wirkung aufwies als eine Placebo-Behandlung (White et al. 2002).

Neben den oben angeführten Anwendungen wurden in der Literatur noch weitere Einsatzgebiete für medizinische Laser genannt, ohne dass zur Höhe oder den Determinanten der Akzeptanz und Nachfrage Stellung genommen wurde:

- Akupunktur, fraktale Somatotopien (Europäisches Forum für Lasertherapie und Fraktale Medizin 2001)
- Laserinduzierte Steinertrümmerung (z. B. Speichelsteine; Laser- und Medizin-Technologie gGmbH 2000)

### **8.3.3 Determinanten für Akzeptanz von und Nachfrage nach lasermedizinischen Geräten und Anwendungen**

Mit dem Ziel, Determinanten für Akzeptanz und Nachfrage lasermedizinischer Geräte, Anwendungen und Dienstleistungen auf der Basis empirischer Studien zu erheben, wurden etwa 50 wissenschaftliche Publikationen ermittelt, denen entspre-

chende Informationen entnommen werden können. Dabei handelt es sich ganz überwiegend um Publikationen in medizinischen Fachzeitschriften. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt zum einen auf der Befragung medizinischen Personals, das lasermedizinische Dienstleistungen erbringt und vor allem zu Vor- und Nachteilen von Laserverfahren befragt wurde. Einen weiteren Schwerpunkt stellen Befragungen von Patienten dar, die sich einer lasermedizinischen Behandlung unterziehen wollen bzw. unterzogen haben, wobei in der Regel die Zufriedenheit mit der gewählten Behandlungsform untersucht wird. Die Untersuchungen sind in der Regel konzeptionell und methodisch schlicht angelegt und fragen nur wenige „vordergründige“ und meist klinisch-medizinisch orientierte Parameter ab. Untersuchungen, in denen auch nach Erklärungen und Determinanten für das Antwortverhalten (z. B. Wertorientierungen, emotionale Dimensionen) gesucht werden, kommen kaum vor. Inhaltlich befassen sich die ermittelten Untersuchungen nur mit einem kleinen Spektrum der aktuell etablierten und künftig möglichen lasermedizinischen Anwendungen, und zwar insbesondere mit ophthalmologischen und dermatologisch-ästhetisch-kosmetischen Anwendungen.

Medizinlaser diffundierten in unterschiedlich starkem Maße in den Alltag medizinischer Spezialdisziplinen. Ausschlaggebend dafür waren und sind verschiedene Filtermechanismen. Zum einen können *akteursspezifische Faktoren* den Diffusionsprozess beschleunigen bzw. bremsen. Hier spielen Interessen und Zielsetzungen der Akteure eine wichtige Rolle sowie die Akzeptanz, die die neue Technologie bei ihnen findet. Zum Zweiten spielen *technologiespezifische Faktoren* wie der technische Reifegrad der Laser, ihr Risikopotential oder ihre Benutzerfreundlichkeit eine Rolle. Aber auch die *Rahmenbedingungen* können eine Filterfunktion bei der Verbreitung von Medizinlasern haben. Damit sind sowohl interne Rahmenbedingungen wie z. B. Alternativtechniken zur Lasertechnik, als auch allgemeinere Rahmenbedingungen wie gesetzliche Einschränkungen, Förderkonzepte oder auch allgemeinere Akzeptanzprobleme gemeint. Zudem ist die Akzeptanz für Anwendungen aus diesem Technologiefeld abhängig von der *Diffusionsphase*, in der sich die jeweilige Anwendung befindet. Zudem spielen spezifische Faktoren der *einzelnen* Anwendungsfelder und medizinischen Disziplinen bei der Verbreitung lasermedizinischer Anwendungen eine Rolle.

In diesem Abschnitt werden die Faktoren zusammengefasst, die die Akzeptanz und Nachfrage nach lasermedizinischen Anwendungen begünstigen oder hemmen und damit die Entwicklung der lasermedizinischen Industrie am Standort Deutschland beeinflussen.

### **8.3.3.1 Akteurspezifische Faktoren**

Für Gesundheitsleistungen allgemein ist bekannt, dass deren Relevanz von der medizinischen Vorbildung der Befragten abhängt: mit zunehmendem Wissen (z. B. bei medizinischem Fachpersonal) geht eine kritischere Bewertung der Wichtigkeit zahl-



reicher Indikationen einher (Röstermund et al. 2001). Weil zum unterschiedlichen Kenntnisstand noch bedeutende Interessen der Akteure kommen, wird an dieser Stelle zwischen den verschiedenen Akteursgruppen unterschieden.

### **Hersteller und Anbieter**

Durch die Entwicklung neuer, weniger aufwändiger Lasersysteme, die zudem kostengünstiger angeboten werden, haben die Akteure auf der Anbieterseite einen großen Einfluss auf die Diffusion von Lasern in die Medizintechnik. Insbesondere wird durch zunehmende Nutzerfreundlichkeit die Bedienung der Geräte auch durch weniger spezialisiertes Personal ermöglicht. Werbe- und Marketingmaßnahmen, aber auch produktbegleitende Dienstleistungen wie z. B. Einweisungen und Schulungen von Anwendern, können den Diffusionsprozess weiter begünstigen. Die Bestrebungen der Medizingerätehersteller, neue Märkte mit günstigem Return on Investment zu erschließen, können aber auch dazu führen, dass Geräte vorzeitig in den Markt eingeführt werden oder für Anwendungen propagiert werden, für die Wirksamkeit und Sicherheit (noch) nicht ausreichend erwiesen sind.

Auf Seiten der Technikentwickler fördern folgende Aspekte die Qualität der Lasersysteme und der lasermedizinischen Dienstleistungen:

- ein hoher Stellenwert der Sicherheit und Nutzerfreundlichkeit bei der Geräteentwicklung,
- breite Markteinführung von Geräten erst, wenn Wirksamkeit und Sicherheit ausreichend erwiesen und die erforderlichen Anwendungsparameter und sinnvollen Indikationen erarbeitet sind,
- ausreichende Orientierung der Abnehmer über die Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Geräte,
- ausreichende Schulung von Anwendern als produktbegleitende Dienstleistung, die über Wirksamkeit, Nebenwirkungen, Langzeitwirkungen und Komplikationen dieser lasermedizinischen Behandlungen informiert, den unsachgemäßen Einsatz der Geräte verhindert und die Umsetzung von Standards für Geräte, Hygiene, Einrichtungen und Personal in die Praxis fördert.

### **Anwender**

Während nichtmedizinische Laseranwender in der Lasermedizin einen großen Markt wittern und den Lasereinsatz weitgehend befürworten, stehen Ärzte der Anwendung von Lasern oft ambivalent gegenüber. Einerseits verspricht die Lasernutzung neue Einkommensquellen, deren Erschließung auf Grund von Kostendämpfungsmaßnahmen bei kassenfinanzierten Leistungen im Gesundheitswesen attraktiv ist. Auch der mit den Lasern verbundene Prestigegewinn und die Nachfrage von

Patienten nach Laserbehandlungen veranlassen viele Ärzte, sich ein Lasergerät anzuschaffen (Raulin et al. 2001).

Die Einkommenserwartungen werden jedoch nicht immer erfüllt (Kulp et al. 2000). Die hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten der Lasergeräte führen zudem gleichzeitig zu ökonomischen Anreizen, die Geräte auch für Indikationen zu nutzen, in denen Wirksamkeit und Sicherheit der Laser-Anwendung noch nicht ausreichend erwiesen sind und für die es sicherere und z. T. sogar kostengünstigere Behandlungsalternativen gibt (Hohenleutner und Landthaler 1998; Raulin et al. 2001). Dies birgt die Gefahr der Fehlbehandlung und gesundheitlichen Schädigung der Patienten, die zu Schadensersatzklagen und zu Vertrauensverlust seitens der Patienten führen können und dadurch auch die Anwender beeinträchtigen. Um dieser Entwicklung zu begegnen, müssen zum einen Qualifikations- und Trainingsmaßnahmen in Theorie und Praxis für die Anwender durchgeführt werden. Zum anderen Darüber hinaus gibt es verschiedene Modelle, mit denen die Anschaffungs- und Betriebskosten für Lasersysteme begrenzt werden sollen. Hierzu zählen Apparategemeinschaften, Kooperationen zwischen Laserzentren und niedergelassenen Ärzten sowie Laservermietungsfirmen, die den behandelnden Ärzten gegen Tages- oder Wochengebühr entsprechende Systeme zur Verfügung stellen (Kimmig 2000). Nachteilig sind der hohe organisatorische Aufwand sowie der nach wie vor bestehende Anreiz, möglichst viele Patienten an den Tagen zu behandeln, an denen Zugang zum Laser besteht. Vertrauen in die Lasertechnik können Anwender v.a. durch qualitativ hochwertige Arbeit, ein interdisziplinäres Spezial-Know-how und durch eine bessere Aufklärung der Patienten über Behandlungsmöglichkeiten (auch über nicht-laserbasierte) erreichen.

Neben diesen durch wirtschaftliche Rahmenbedingungen ausgelösten Entwicklungen können auch Vorbehalte der Anwender die Diffusion von Lasern in die medizinische Praxis behindern. Hinter diesem als Konservatismus wahrgenommenen Phänomen können unterschiedliche Ursachen stehen. So kann die Ursache zwar durchaus in einer generellen Technikfeindlichkeit der medizinischen Spezialisten zu finden sein. Häufiger wird die Ursache jedoch in der Notwendigkeit des Umlernens von gewohnten Behandlungstechniken, dem durch den Lasereinsatz erhöhten Zeitaufwand bei der Behandlung, in der nicht zufrieden stellenden Ergonomie der Lasergeräte sowie auch in die Tatsache gesehen, dass es einfach bessere nicht-laserbasierte Alternativen gibt.

In einer Studie an Medizinstudenten fand sich ein stärkerer Wunsch nach Hochtechnologie in der Medizin bei solchen angehenden Ärzten, die gegenüber klinischer Unsicherheit weniger tolerant waren. Ein weiteres Merkmal der stärker technikorientierten Studenten war eine geringere Orientierung an psychischen Problemen der Patienten (Merrill et al. 1998). Bei Krankenschwestern trug unter anderem höhere subjektive Belastung durch die Arbeit, niedrigere Arbeitszufriedenheit und

niedrigere Autonomie und Anpassungsfähigkeit zu einer höheren Ängstlichkeit gegenüber medizinischer Technologie bei (Kjerulff et al. 1992).

Am Beispiel der bildgebenden Verfahren in der Medizin diskutieren Klump und Plagens (2000) den Einfluss des Gesundheitssystems auf medizinisch-technische Innovationen. Die Ärzte arbeiten einerseits mit den Geräteanbietern bei der Entwicklung und Testung der Geräte zusammen, zudem stehen sie auf Grund einer großen Konkurrenz unter einem erheblichen Innovationsdruck. Auf Grund ihres Berufsethos sind sie bestrebt, ihre Patienten nach Art, Umfang und Qualität bestmöglich zu versorgen. Bei den Patienten fehlt allerdings ein ausreichendes Preisbewusstsein, da die Kosten nicht von ihnen, sondern von den Krankenkassen als „third-party-payer“ getragen werden (Statistisches Bundesamt 1998). Diese Faktoren tragen zur Akzeptanz von Großgeräten bei, die dann allerdings auch ausgelastet werden sollen. Auf Grund seiner Position und seines Informationsvorsprungs dem Patienten gegenüber kann der Arzt stark beeinflussen, welche Leistungen ein Patient erhält. Dies führt teilweise zu einer angebotsinduzierten Nachfrage im Sinne der Verordnung von Leistungen, die medizinisch nicht unbedingt erforderlich wären. Trotz mehrerer Gesundheitsreformen in den vergangenen Jahren, deren Ziel auch Sparsamkeit bei der Beschaffung von Geräten war, ist „der Trend zur Ausweitung der Apparatedizin und zur Kostenexpansion ungebrochen“ (Klump und Plagens 2000, S. 373), die Regulierungsbemühungen erwiesen sich als nicht in der Lage, die Diffusion der neuesten Technologien noch das dadurch mitverursachte Ansteigen der GKV-Ausgaben zu verhindern (siehe auch Schwartz 1995). Nach dem Scheitern der Regulationsversuche schlagen Klump und Plagens (2000) eine Deregulierung vor, welche über einen verstärkten Innovationsdruck letztlich die Anwender zum Einsatz qualitativ besserer Geräte zu geringeren Preisen bringen könnte.

Um Akzeptanzverluste bedingt durch unsachgemäßen Lasereinsatz zu vermeiden, kommt der Qualitätssicherung auf der Ebene der Technikentwickler und -anwender große Bedeutung zu. Unter Qualitätsaspekten wird deshalb gefordert, dass

- bei den Anwendern eine ausreichende Qualifikation vorliegt, um über eine sachgemäße Laseranwendung entscheiden und die Laserbehandlung kompetent durchführen zu können,
- eine ausreichende Aufklärung und Beratung der Patienten bzw. Kunden hinsichtlich der Wirksamkeit, Nebenwirkungen, Langzeitwirkungen und Komplikationen dieser lasermedizinischen Behandlungen erfolgt.

### **Patienten und Kunden**

Entsprechend den wichtigen Zielen Gesundheit und Wohlbefinden (und teilweise auch Schönheit) ist die Akzeptanz für medizinische Maßnahmen bei Patienten allgemein hoch. Wenn es bei Patienten oder in der Öffentlichkeit zu Widerständen gegenüber neuen Medizintechnologien kommt, hängt dies häufig mit einer Entper-

sonalisierung der Medizin zusammen, die weniger von der Tatsache abhängt, dass eine Technik angewandt wird, sondern wie sie eingesetzt wird (Cousins 1981).

Die Rolle der „Konsumenten“ der lasermedizinischen Dienstleistungen ist in einem Wandel begriffen, der das gesamte Gesundheitssystem betrifft: Aus Patienten, die im traditionellen Medizinsystem im Vergleich zu anderen Lebensbereichen nur ein eingeschränktes Wissen und eingeschränkte Wahlmöglichkeiten über in Frage kommende Behandlungsformen haben und tendenziell diejenigen Behandlungsformen akzeptieren, die Ärzte und Krankenkassen ihnen anbieten, werden zunehmend Kunden, die eigengesteuert lasergestützte Dienstleistungen in Anspruch nehmen, aus eigener Tasche bezahlen und eine ihren Erwartungen entsprechende Leistung für ihr Geld verlangen. Auch bei Versicherungsleistungen soll durch Zuzahlungen und Zusatzversicherungen das Kostenbewusstsein der Patienten gestärkt werden, durch Wahlmöglichkeiten, Patientenräte, Beschwerdemanagement und die Erhebung von Patientenzufriedenheit als Qualitätsindikator wird die Kundenorientierung der Leistungsträger und der Leistungserbringer erhöht. Fraglich ist allerdings, ob eine Selbstbestimmung der Patienten mit allen Rechten und Pflichten von den Akteuren des Gesundheitswesens wirklich gewollt ist (Thielmann 2002). Die Patienten jedenfalls bevorzugen es in der Regel, Entscheidungen über mögliche Therapieverfahren gemeinsam mit dem Arzt zu fällen (Rosén et al. 2001).

Dabei wird es als unstrittig bezeichnet, dass Qualitätsverbesserungen und Reformen im Gesundheitswesen nur erreicht werden können, wenn die Erwartungen, Bedürfnisse und Urteile der Nutzer berücksichtigt werden. Zudem liegen gerade im Gesundheitswesen in einer verstärkten Partizipation der Patienten an Entscheidungsprozessen und einer dadurch möglicherweise erhöhten Compliance erhebliche Einsparungspotenziale (Thielmann et al. 2002).

Insbesondere bei solchen Laser-Anwendungen, die die „Konsumenten“ aus eigener Tasche bezahlen müssen und bei denen also die Vermittlung zwischen Arzt und Patient fehlt, die im Fall der Kassenleistungen von den Regulierungsgremien und Richtlinien übernommen wird, ist die Eigenverantwortung der Kunden in besonderem Maß gefordert. Qualitativ hochwertige Information einerseits und Transparenz der Angebote andererseits sind dafür Bedingung (Thielmann 2002).

Laser werden in der subjektiven Wahrnehmung von Patienten und Kunden mit der „positiven Aura“ einer schmerz- und nebenwirkungsfreien Hightech-Behandlung verbunden. Und tatsächlich sind in den untersuchten Anwendungsbereichen Schmerzfreiheit, kleinere Wunden, Verbesserung des emotionalen Wohlempfindens, weniger Komplikationen, schnellere Heilung und bessere Resultate die Hauptgründe für Patienten, eine lasermedizinische Behandlung nachzufragen. Durch die schnellere Gesundung können Patienten zudem schneller wieder an ihren Arbeitsplatz zurückkehren.

Aber auch medizinische Gründe (z. B. Kontaktlinsenunverträglichkeit) oder berufliche Gründe (z. B. Behinderung der Berufsausübung durch Brillen) können für einen weiteren Nachfrageschub nach Laserbehandlungen sorgen. Weiterhin haben Wellness und ästhetisches Körperbewusstsein bei den nachfragenden Kunden einen hohen Stellenwert. Durch gesellschaftlich vorgegebene Ideale ist der Einzelne immer weniger bereit, körperliche Abweichungen von der Norm zu akzeptieren. Andererseits liegen bei Patienten und Kunden teilweise überhöhte und unrealistische Erwartungen an Laserbehandlungen vor. Hierfür werden Werbung von Lasergeräteherstellern und -anwendern sowie beschönigende Berichte in Massenmedien als Ursache angenommen. Inwieweit diese Annahme zutreffend ist, ist bislang noch nicht empirisch untersucht worden. Es weist jedoch auf die Notwendigkeit hin, Defizite bei der Information und Aufklärung von Patienten und Kunden über Wirksamkeit, Nebenwirkungen, Langzeitwirkungen und Komplikationen von Laserbehandlungen zu beseitigen. In einer bevölkerungsrepräsentativen Befragung stellten Kluge und Sonnenmoser (2001) ein Potenzial von 16 % der Bevölkerung für Schönheitsoperationen fest, von denen ein Teil mit Lasertechnik vorgenommen werden kann.

Soziodemografische Merkmale wie Alter und Geschlecht, aber auch krankheitsspezifische Faktoren und frühere Erfahrungen mit Laserbehandlungen hatten in einer Studie von Bernstein und Seddon (1996) keinen Einfluss auf die Entscheidung für oder gegen eine Laserbehandlung an den Augen, einen Alterseinfluss stellten jedoch Kidd et al. (1997) bei Myopie-Patienten fest.

### **Regulierungsgremien**

Die Rolle der Beratungs- und Regulierungsgremien wurde weiter oben erläutert, Allgemein besteht ein Dilemma zwischen hohem Versorgungsstandard und Kostenbegrenzung. Die Gremien sind in gewissem Maß vom Vorhandensein wissenschaftlicher Evidenz abhängig, die aber häufig fehlt.

Gewisse Unterschiede bestehen zwischen dem ambulanten und dem stationären Sektor. Grundsätzlich wird aber davon ausgegangen, dass die Einführung einer neuen Leistung zu einer Kostensteigerung (bei den Krankenkassen) bzw. zu neuen Einkommensmöglichkeiten (auf Seiten der Ärzte) führt, auch wenn langfristig durch effizientere Verfahren Kosten gespart werden könnten. Deshalb müssen die Vertreter der Krankenkassen im BÄK bzw. dem Einheitlichen Bewertungsausschuss neuen Technologien gegenüber grundsätzlich reservierter sein als die Vertreter der Ärzte.

### **8.3.3.2 Technikspezifische Faktoren**

Bei Lasern handelt es sich um qualitativ hochwertige Technik, welche komparative Vorteile und Alleinstellungsmerkmale gegenüber alternativen Techniken aufweisen kann. Diese Vorteile liegen häufig in der Präzision bzw. Selektivität von Diagnose- und Behandlungsverfahren, die auf anderen Wegen nicht erzielbar sind.

Andererseits wird die Nachfrage nach Lasern dadurch gebremst, dass sie sowohl in der Anschaffung als auch ihrer Unterhaltung sehr teuer sind. Hinzu kommt, dass für spezifische Anwendungsbereiche verschiedene Geräte benötigt werden, und zumindest in früheren Jahren die Lieferzeiten für Speziallasergeräte zu lang waren (Keuchel und Beske 1993).

Technikimmanente Faktoren, die die Nachfrage nach Lasern steigern können, werden in der Entwicklung besserer und sicherer Laser gesehen, in der Verbesserung von Komfort und Ergonomie der Lasergeräte als auch in der besseren Kombination der Lasertechnik mit anderen medizinischen Behandlungstechniken.

Spezifisch nicht nur für die Laser-Technologie selbst, sondern für den gesamten Anwendungsbereich der Gesundheitsdienstleistungen ist die Bedeutung von wissenschaftlicher Evidenz und Leitlinien für die Akzeptanz bei den Anwendern, insbesondere aber für die Zulassung als GKV-Leistung und die damit verbundene Eröffnung eines relativ großen und sicheren potenziellen Absatzmarktes.

### **8.3.3.3 Rahmenbedingungen**

Zu den weiteren Einflussfaktoren auf den Diffusionsprozess von lasermedizinischen Anwendungen zählen eine Reihe gesellschaftlicher Rahmenbedingungen. Neben den erwähnten Abrechnungsmöglichkeiten haben die Richtlinien für die Qualitätssicherung einen Einfluss auf das Image und damit die Akzeptanz von Laserdienstleistungen bei Anwendern und Endnutzern. Nach § 135 a SGB V sind die Leistungserbringer zur Sicherung und Weiterentwicklung der zu Lasten der Krankenversicherung erbrachten Leistungen verpflichtet. Zumindest für diesen Teil der Laseranwendungen kann also von gewissen Qualitätsstandards ausgegangen werden. Anders sieht es für die privatwirtschaftlich erbrachten Laseranwendungen aus, für die entsprechende Regelungen zur Qualitätssicherung fehlen.

Vorgeschlagen werden Regelungen für die Ausbildung der Laseranwender, Qualitätsstandards für den Einsatz von Lasern, Zertifizierungssysteme für Laseranwender oder gar die Begrenzung des Lasereinsatzes allein auf Mediziner sowie die wissenschaftliche Begutachtung der Lasersysteme hinsichtlich ihrer Sicherheit und Effizienz. Gegenstand aktueller Diskussionen ist allerdings, auf welcher Ebene der rechtlichen Verbindlichkeit diese Maßnahmen erforderlich sind (gesetzliche Rege-

lungen, standesrechtliche Richtlinien, Selbstverpflichtungen) und wie sie konkret ausgestaltet werden sollen.

Die Nachfrage nach Lasern wird aber auch dadurch bestimmt sein, ob es eine öffentlich finanzierte Forschungsförderung und Trainingsmaßnahmen geben wird und inwieweit es gelingt, Laser als alltägliche Werkzeuge bereits in die medizinische Ausbildungspraxis zu integrieren und damit qualifizierten Nachwuchs verfügbar zu machen.

#### **8.3.3.4 Diffusionsphasen**

Die Akzeptanz für eine Technologie kann je nach Diffusionsphase von unterschiedlichen Faktoren abhängen. Studien über Unterschiede in der Bewertung von Laseranwendungen zwischen Pilot- und Routinephase liegen nicht vor. Im Überblick fällt jedoch die positive Bewertung vieler Anwendungen in den älteren Quellen wie auch in den Darstellungen von neuartigen Laseranwendungen (z. B. Low-Level-Lasertherapie) gegenüber eher zurückhaltenden Berichten über Routineanwendungen, Leitlinien und Überblicksarbeiten auf. Die erste Euphorie für eine Anwendung scheint sich in der Routine dann zumindest so allgemein nicht halten zu lassen. Eine Rolle spielt dabei sicherlich auch, dass die Erstanwender mit ihren Darstellungen eigene Marketinginteressen verbinden, da sie die teilweise von ihnen selbst entwickelte Methode bekannt machen wollen oder sich mit der Lasertechnologie von ihren Wettbewerbern abheben möchten. Zudem zielen die frühen Darstellungen darauf ab, die technischen Möglichkeiten zu beschreiben, ohne systematisch auch die Grenzen und Nachteile der Anwendungen zu berücksichtigen. Sie beruhen oft nur auf wenigen Fällen und stützen sich häufig nur auf Zufriedenheitsäußerungen der Patienten, so dass insgesamt ein zu positives Bild entsteht.

#### **8.3.3.5 Faktoren in einzelnen Anwendungsfeldern**

Im Folgenden wird für die medizinischen Spezialdisziplinen dargestellt, auf Grund welcher Faktoren Laser in den medizinischen Alltag diffundierten und sich z. B. als Standardtherapie etablieren konnten bzw. welche Faktoren einen breiteren Einsatz von Lasertechnik verhinderten.

### **Chirurgie**

Der Lasereinsatz in der Chirurgie, speziell in der minimal-invasiven Chirurgie, ist teilweise bereits Standard oder birgt große Potenziale für die Zukunft (z. B. Behandlung von Krebsleiden oder Gefäßverletzungen). Das liegt einerseits daran, dass diese Operationstechniken Vorteile für die Patienten bieten: kleinere Wunden, weniger Schmerz und geringere emotionale Belastung. Auch die kosmetischen Resultate sind besser als bei herkömmlichen Operationen und z. T. kommt es auch zu we-

niger Komplikationen (Keuchel und Beske 1992; Shakespeare et al. 1998). Andererseits ergeben sich sozioökonomische Vorteile: die Operationszeit reduziert sich, die Krankenhausaufenthalte verkürzen sich, die Patienten gesunden schneller und können eher an ihren Arbeitsplatz zurückkehren (Keuchel und Beske 1992). Und wenn die Lasermethode auch noch leichter zu handhaben ist, kann sie schnell, sogar ohne administrative Eingriffe die bisherige Operationstechnik verdrängen (Banta und Vondeling 1994). Zu einer schnellen und kritiklosen Übernahme neuer (z. B. endoskopischer) Operationstechniken kommt es v.a. dann, wenn die Methode leicht und ohne große Gefahr für den Patienten durchführbar ist. Methoden, die von Autoritäten propagiert werden, können hingegen selbst Ergebnissen klinischer Studien lange Zeit Widerstand leisten (Troidl 1995).

Ärzte, die Laser nur ab und an nutzen, tendieren dazu, ganz auf die Nutzung von Lasern zu verzichten (Lanzafame 2001). Hinzu kommt, bedingt durch breite Erfahrungen und routinierte Anwendung der bisherigen Operationstechniken, ein gewisser Konservatismus der medizinischen Spezialisten gegenüber neuen Operationstechniken. So konnte sich beispielsweise die Laserbehandlung des Gebärmutterhalskarzinoms nicht gegenüber dem chirurgischen Eingriff durchsetzen, obwohl die Laserbehandlung effektiver ist (de Wit und Trimbois 1991). Weitere Hindernisse für die Diffusion der Lasertechnik in die Operationspraxis sind die hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten der Geräte, die langen Lieferzeiten für Spezialinstrumente sowie das Fehlen systematischen Trainings in der minimal invasiven Chirurgie (Keuchel und Beske 1993).

Aber auch Weiterbildungsprogramme sind nur bedingt erfolgreich. Lanzafame und Hinshaw (1992) konnten in ihrer Untersuchung zeigen, dass ein vierjähriges Weiterbildungsprogramm unter dem Krankenhauspersonal zwar zu einem leichten Anstieg der Nutzung von Lasern führte, aber sowohl die Belegschaft, als auch die zugehörigen Chirurgen bevorzugten weiterhin Nichtlaser-Technologien und waren äußerst zufrieden damit. Als Gründe führen die Autoren an:

- Erfordernis der Anpassung der chirurgischen Eingriffe an die Lasertechnik bzw. -geräte,
- Größere Unsicherheit beim Operieren, da geringere Erfahrung,
- Unergonomisches Design der Geräte, fehlender Komfort,
- Kosten der Lasergeräte,
- Technikphobie in vielen Operationssälen.

Als Ausweg schlagen die Autoren vor, neue Anreize zum Gebrauch von Lasern zu schaffen und v.a. die Anstrengungen zu verstärken, Lasertechnologie bereits in den Ausbildungseinrichtungen als alltägliches Werkzeug einzusetzen.



## Augenheilkunde

Die Diffusion von Lasern in der Augenheilkunde wird derzeit vor allem durch ihren hohen Preis begrenzt. Da neben der Anschaffung auch die Unterhaltung eines Lasers sehr teuer ist, nutzen fast 80 % der deutschen Augenärzte, die Laseroperationen durchführen, Laser gemeinschaftlich, meist in Form einer GmbH (Kulp et al. 2000). Die Entwicklung preisgünstiger und Platz sparender Laser könnte in Zukunft zu einer weiteren Verbreitung von Lasern führen.

Die Gründe von Patienten, Laseroperationen in Anspruch zu nehmen, ähneln denen von Patienten, die die plastische Chirurgie nutzen (Erickson et al. 1995). Dieser Studie zufolge entscheiden sich eher flexible, anpassungsfähige und risikofreudige Personen für eine Photorefraktive Keratektomie. Kidd et al. (1997) stellen präoperativ zudem eine geringere Sehleistung bei Patienten fest, die sich einer Laserbehandlung unterziehen, als bei anderen Myopie-Patienten. Ebenso kann sich eine sinkende Bereitschaft des Einzelnen, Abweichungen von der Norm zu akzeptieren, in dem Sinn auswirken, dass in Zukunft die Zahl der Laseroperationen aus kosmetischen u. a. Gründen steigt (Kulp et al. 2000). Als Hauptmotive für eine Laserbehandlung bei Myopie nennen die Befragten (McGhee et al. 1996):

- Steigerung der Lebensqualität, z. B. durch Verbesserung des emotionalen Wohlbefindens,
- Erhöhung des Freizeitwertes,
- Medizinische Gründe, z. B. Kontaktlinsenunverträglichkeit,
- Kosmetische Gründe,
- Finanzielle Gründe, wenn eine einmalige Laseroperation kosteneffizienter ist als die Finanzierung von Brillen und Kontaktlinsen,
- Berufliche Gründe, z. B. Behinderungen durch Brillen im Berufsleben.

Neben anderen Faktoren waren den Patienten eines Laserzentrums, die dort an den Augen behandelt wurden, die operativen Fertigkeiten des Chirurgen und die Qualität der technischen Ausrüstung für die Wahl des Zentrums wichtig. Gute Chancen von Patienten ausgewählt zu werden haben Laserkliniken, die die Qualität ihres Angebots sichern (Orr et al. 1998).

Mittelfristig wird die Zahl von Laseroperationen bei Myopie weiter zunehmen, ob sie dabei allerdings zum Standardeingriff wird, hängt von der Kostenerstattung oder Beteiligung durch die Krankenkassen ab. Offiziell werden die Operationen derzeit nur von den privaten Krankenversicherungen bezahlt. Die Praxis zeigt aber, dass sich auch die gesetzlichen Krankenversicherungen an den Kosten beteiligen. Die Augenärzte, die Laseroperationen durchführen, lehnen allerdings die Aufnahme von

Laseroperationen in den Leistungskatalog der gesetzlichen Krankenkassen zu 77 % ab (Kulp et al. 2000). Folgende Gründe werden für die Ablehnung angeführt:

- Es besteht keine medizinische Notwendigkeit für Laseroperationen, da als Alternative das Tragen einer Brille oder von Kontaktlinsen möglich ist (Luxusmedizin),
- Laseroperationen sind bereits von der Kassenärztlichen Bundesvereinigung in den Katalog der individuell zu finanzierenden Gesundheitsleistungen (IGEL) aufgenommen,
- Von den gesetzlichen Krankenversicherungen ist keine kostendeckende Honorierung zu erwarten,
- Es könnte zu Qualitätseinbußen und Preisverfall kommen,
- Punktwertverfall, da Laseroperationen und Budgetierung nicht miteinander vereinbar sind.

Für die weitere Diffusion von Lasern in die Augenheilkunde sowie die Steigerung der Nachfrage nach Laseroperationen können die folgenden Faktoren von Bedeutung sein (Orr et al. 1998; Banta und Vondeling 1994):

- Zertifizierung von Personen oder Instituten, die Lasertherapien durchführen,
- Unterstützung von Trainingsprogrammen durch staatliche Stellen,
- verstärkte Anstrengungen zur Verbesserung des Laienwissens, welche Behandlungstechniken (z. B. Laser) es gibt,
- Sicherheit des Verfahrens,
- Etablierung weniger aufwändiger Lasersysteme.

### **Dermatologie und Ästhetische Medizin**

Mit Lasermedizin verbindet die Öffentlichkeit „Schmerzfreiheit“, „Langzeitheilung“ sowie das Versprechen von schöner und sanfter Haut. Obwohl ein Großteil der Bevölkerung gegenüber Röntgen- und anderen Strahlen skeptisch eingestellt ist, gelten Laserstrahlen als harmlos und werden z. T. sogar wie magische Kräfte wahrgenommen (Raulin et al. 2001). Dem Laser werden in der Regel positive und „wertgebende“ Eigenschaften der Dienstleistung zugeschrieben, wobei dahingestellt sei, ob dies im konkreten Fall objektiv gerechtfertigt ist oder nicht. Gerade bei dermatologischen Störungen, die häufig zu starken emotionalen Belastungen führen, entstehen hohe Erwartungen auf Seiten der Patienten. Diese Hoffnungen bedingen sicherlich eine hohe Akzeptanz bei dermatologischen Anwendungen, können jedoch teilweise nicht erfüllt werden (Augustin et al. 1998). Die langfristige Wirksamkeit von Laserepilationen hängt beispielsweise stark von der Haar- und Hautfarbe ab (Dierickx et al. 1999).

Patienten, die sich einer Skin-Resurfacing-Behandlung unterziehen wollten, äußerten vor der Behandlung Befürchtungen, die sich vor allem auf die Rückkehr zur Arbeit und Schmerzen bezogen (Trelles et al. 2000). Dies sind jedoch Faktoren, welche auch bei anderen Behandlungsformen relevant würden.

Probleme entstehen in diesem Gebiet eher durch zu große Akzeptanz, denn der Einsatz von Lasern vollzieht sich zunehmend angebots- bzw. nachfrage- und nicht mehr krankheitsgetrieben, wodurch Laser auch in Bereichen angewandt werden, für die ihre Eignung und ihr Nutzen noch nicht nachgewiesen sind (Hohenleutner und Landthaler 1998).

Das zweite Problemfeld entsteht dadurch, dass Laser im Bereich der kosmetischen Anwendungen zunehmend das traditionelle Feld der Medizin verlassen und damit auch den dort wirkenden Qualitätssicherungsmechanismen nicht mehr unterliegen (Wagner et al. 1998, 2000). Jedermann kann sich heutzutage einen Laser anschaffen und einsetzen, ohne dass es Anforderungen an die Ausbildung der Anwender oder Qualitätsstandards für den Einsatz von Lasern gibt. Da es teilweise an der wissenschaftlichen Grundlage fehlt, kann es hier zu falschen Versprechungen und auch zu Anwendungsfehlern wie beispielsweise der Auswahl nicht geeigneter Laser für den geplanten Eingriff oder unterlassenen Probebehandlungen kommen. Von der Qualität der Dienstleistung hängt jedoch in hohem Maß das künftige Vertrauen der Patienten ab. In jüngster Zeit hat dadurch die Zahl der Schlichtungsverfahren und Rechtsstreitigkeiten nach dermatologischen Lasertherapien deutlich zugenommen. Die Patienten erwarten besonders bei kosmetischen Behandlungen, die sie selbst bezahlen müssen, den uneingeschränkten therapeutischen Erfolg ohne Nebenwirkung oder Komplikation (Raulin et al. 2000).

Entsprechend geht die Forderung vieler Ärzte in die Richtung, Gesetze zu erlassen, die Laseranwendungen allein auf ihren Berufsstand beschränken. Bislang hat das Bundesland Nordrhein-Westfalen entschieden, dass Tätowierungen nur noch von ärztlichem Personal entfernt werden dürfen. Weiterhin bereitet die Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Gesundheit eine Stellungnahme zu den Gefahren der Laseranwendung durch medizinische Laien vor. Und die Deutsche Dermatologische Lasergesellschaft hat zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Lasertherapie Richtlinien zur Laserbehandlung der Haut erarbeitet, um so zur Qualitätssicherung beizutragen (Kimmig 2000; Raulin et al. 2000, Kap. 8.3.2.3).

Neben der Entwicklung von Richtlinien gibt es weitere Möglichkeiten, um die Qualität des Lasereinsatzes in der Dermatologie und der ästhetischen Medizin zu sichern. So schlagen Raulin et al. (2000) vor:

- wissenschaftliche Begutachtung der neuen und der bereits existierenden Lasersysteme hinsichtlich Sicherheit und Effizienz und

- qualitativ hochwertiges Training für Laseranwender in Theorie, v.a. aber in der Praxis.

Weiteres Augenmerk sollte aber auch auf die Entwicklung neuer, besserer Laser sowie auf bessere Kombination von Lasertechniken und chirurgischen Techniken gelegt werden (Roberts und Pozner 2000).

Inwieweit sich die Lasertechnik in weiteren Bereichen der Dermatologie und ästhetischen Medizin durchsetzt, hängt nicht nur von der Nachfrage durch Patienten, der qualitätsgesicherten Arbeit der Anbieter und der Verbesserung der Lasertechnik selbst ab, sondern auch von der Kostenerstattungspraxis der Krankenkassen: Die dermatologische Lasertherapie wird auch bei medizinischen Indikationen zunehmend schlechter oder zögerlicher von den kassenärztlichen Vereinigungen honoriert. Aus diesem Grunde werden auch medizinische Indikationen von vielen Lasertherapeuten nicht mehr in der Kassenpraxis angeboten. Von gesetzlichen Krankenkassen werden Laserleistungen in den meisten Fällen nur nach Einzelfallentscheidung vergütet. Bei gesetzlich versicherten Patienten wird auf ärztliches Attest nach Rücksprache mit den Krankenkassen oder dem Medizinischen Dienst der Krankenkassen in besonderen Fällen die Entfernung von Tätowierungen (bei Sozialfällen) erstattet, ebenfalls die Entfernung von Schmutzeinsprengungen oder Schmauchverletzungen, entstellenden Gesichtsnarben, schweren Aknenarben im Gesicht sowie extremer Gesichtshaarung (insbesondere auch bei transsexuellen Patientinnen). Die Behandlung von Feuermalen (Naevus flammeus) und Blutschwämmen (Hämangiomen) wird von verschiedenen Kliniken auch bei gesetzlich versicherten Patienten durchgeführt.

Von den privaten Krankenversicherungen werden in der Regel alle medizinisch indizierten dermatologischen Laseranwendungen (Haarentfernung, Couperosebehandlung, Entfernung von Altersflecken, Cellulitisbehandlung usw.) übernommen, nicht aber kosmetische wie die Behandlung von Falten.

### **Zahnheilkunde**

In der Zahnheilkunde werden als wichtigste Gründe für die hohe Akzeptanz von Lasergeräten gegenüber dem Bohrer weniger Schmerz, schnellere Behandlung, kein Bohren und keine Geräusche angeführt (Smith et al. 1993, Wigdor 1997). Eine Befragung von Patienten (Thoma 2000), die eine Behandlung mit dem Bohrer strikt ablehnten, ergab, dass während der Laserbehandlung keine oder lediglich geringe Schmerzen auch ohne Lokalanästhesie empfunden wurden, die ansonsten der wichtigste Grund für Zahnarztangst sind (Smith et al 1993). Diese hohe Akzeptanz erklärt sich weiter durch ausbleibende Vibrationen und Druck sowie durch den reduzierten Geräuschpegel. In der weiteren Studie (Glockner et al. 1997), die den Einsatz von Laser zur Zahnbehandlung mit dem konventioneller Bohrer verglich, wurden physiologische Parameter der Patienten und ihr subjektives Schmerzempfinden

erfasst. Während bei der konventionellen Präparation der Blutdruck und der Puls der Patienten deutlich anstiegen, blieb ihr Blutdruck bei der Laserpräparation normal und der Puls nahm während der Behandlung sogar ab. Dieses Ergebnis spricht für geringen Stress bei der Laserzahnbehandlung und stimmt mit der subjektiven Einschätzung der Patienten überein. 12 Patienten beurteilten die Laserbehandlung mit „sehr gut“ und drei mit „gut“, die konventionelle Behandlung wurde nur von zwei Patienten mit „gut“ bewertet. Diese positive Einschätzung der Laserbehandlung ist sicherlich auch auf den Wegfall des Bohrgeräusches und auf die nicht taktile Präparation zurückzuführen. Ein höherer Zeitbedarf wurde aus Sicht der Patienten durch die nicht erforderliche Lokalanästhesie aufgewogen.

In der Paradontosebehandlung mit Laser kann es allerdings zu einem für die Patienten unangenehmen Geschmack von verbranntem Fleisch kommen, was aber durch die unterbleibende Blutung und geringere oder keine Schmerzen aufgewogen werden kann (Smith et al. 1993). Damit – vermuten die Autoren – könnte sich das Bild der Öffentlichkeit vom Zahnarztbesuch verändern, Patienten, die bisher den Zahnarztbesuch aus Angst vor Schmerzen vermieden, könnten die erforderliche Behandlung erhalten.

Die Gründe für die – gegenüber den Patienten – niedrigere Akzeptanz des Lasers bei Zahnärzten liegen im erhöhten Zeitaufwand für die Behandlung auf Grund einer langsameren Schneidegeschwindigkeit und in der schwierigeren Erreichbarkeit der Läsionen im Vergleich zur herkömmlichen Präparationsart (Evans et al. 2000, Glockner et al. 1997, Keller et al. 1998).

### **Analytik und Diagnostik**

In der Analytik und Diagnostik sind Laser teilweise nicht mehr wegzudenken. Die Dienstleistung, also z. B. der Gentest, der durch Laserbauelemente erst möglich wird, wird von Ärzten, Patienten und ggf. Kunden aber auf Grund von Kriterien bewertet, bei denen der Laser keine Rolle spielt, da er keine „wertgebende“ Komponente, sondern nur „Mittel zum Zweck“ ist. Aus diesem Grund können keine Aussagen dazu gemacht werden, welchen Anteil das Laserbauteil an der Akzeptanz eines Tests hat.

### **8.3.4 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse**

Untersucht wurden Laseranwendungen in allen Disziplinen der Medizin mit einem Schwerpunkt auf Studien zur Akzeptanz und Nachfrage bei den verschiedenen Akteursgruppen.

### 8.3.4.1 Forschungsstand

Das Technologiefeld Lasermedizin ist bisher zu klein, um in Bevölkerungsbefragungen direkt abgefragt zu werden, diese beziehen sich höchstens auf Medizintechnologien allgemein. Spezifische Befragungen von Medizinern oder Patienten sind eher techniklastig und zielen meist auf subjektive Wirkungen und auf die Zufriedenheit mit der Behandlung. Vergleiche mit anderen Medizintechnologien fehlen. Auch der Forschungsstand zur Wirksamkeit und Effizienz von Laseranwendungen in der Medizin ist noch wenig fortgeschritten. Es sind viele Geräte im Einsatz, deren Wirksamkeitsnachweis fehlt (Hohenleitner und Landthaler 1998).

Eine Recherche in der Review-Datenbank der Cochrane-Collaboration mit dem Suchwort „Laser“ ergab 21 Reviews, welche sich dem Titel nach zumindest teilweise mit Lasertherapien beschäftigen, tatsächlich wurden teilweise keine passenden Primärstudien gefunden oder Lasertherapien wurden lediglich als eine von mehreren Behandlungsoptionen innerhalb eines übergreifenden Therapieverfahrens behandelt, so dass nur wenige Reviews Aussagen zur Wirksamkeit von Lasertherapien an sich enthalten.

In der Datenbank für HTA-Reports der DAHTA fand sich nur ein abgeschlossener HTA-Bericht aus dem Jahr 1998, der aber keine deutsche Publikation umfasst, sondern vorwiegend auf HTA-Berichten aus den USA und aus Kanada beruht. Ein weiterer HTA-Bericht wurde von Bundesärztekammer und Kassenärztlicher Bundesvereinigung zur Laserinduzierten interstitiellen Thermotherapie vorgelegt (Kassenärztliche Bundesvereinigung 2002). In Vorbereitung befindet sich bei der DAHTA ein Bericht zum Einsatz des Excimer-Lasers in der refraktären Augen Chirurgie inklusive einer ökonomischen Evaluation.

International konnten in der HTA-Datenbank des NHS Centre for Reviews and Dissemination 45 HTA-Berichte identifiziert werden, die sich auf Laserapplikationen als medizinisches Behandlungsverfahren beziehen.

Ausgehend von der Anzahl der aufgefundenen Studien wurden bislang Laseranwendungen in der Augenheilkunde und in Dermatologie/Kosmetische Anwendungen am häufigsten untersucht, was auch der Verbreitung der Verfahren entspricht. Umfragestudien, welche die Akzeptanz und Nachfrage von Laseranwendungen in der Medizin sowie deren Determinanten quantitativ untersuchen, sind für Deutschland mit Ausnahme einer Vollerhebung bei Augenärzten (Kulp et al. 2000) nicht vorhanden, auch Marktzahlen zu in Deutschland verkauften Geräten fehlen praktisch vollständig. Insofern mussten die Aussagen dieser Studie weitgehend aus qualitativen Äußerungen von Ärzten und Patienten zur Zufriedenheit mit den Geräten und Anwendungen und deren subjektivem Nutzen erschlossen werden. Panelstudien zur Entwicklung über die Zeit hinweg wie auch internationale Vergleiche fehlen ebenfalls.

In den angeführten Cochrane-Reviews und HTA-Berichten wird häufig eine geringe Qualität der zu Grunde liegenden Studien konstatiert. Dabei sind überwiegend Studien zur Ergebnisqualität angesprochen, aber auch die Studien zur Akzeptanz und zu deren Einflussfaktoren sind häufig wenig systematisch und beruhen auf kleinen Fallzahlen. Häufig fehlt eine Kontrollgruppe. Ganz überwiegend sind in der Literatur Berichte von Einzelfällen oder kleinen Behandlungsgruppen zu finden, an denen die Anwendungsmöglichkeiten und mögliche Nebenwirkungen von Lasertherapien dargestellt werden, ohne dass eine systematische Evaluation durchgeführt wird (z. B. Raulin et al. 2000). Bei den klinischen Evaluationen von Laseranwendungen wird oft eine hohe Zufriedenheit mit der Behandlung festgestellt, dabei wird aber zu wenig berücksichtigt, dass bei der Messung von Patientenzufriedenheit generell mit hohen Werten zu rechnen ist (Bührlen-Armstrong et al. 1998; Williams et al. 1998), weshalb auch hier dringend Vergleichsgruppen, welche z. B. mit einem anderen Verfahren behandelt wurden, erforderlich wären. Gesundheitsökonomische Studien, die den Nutzen von Laserverfahren auf der gesellschaftlichen Ebene belegen, fehlen völlig.

Ein großer Teil der Patientenbefragungen stammt von Medizinern, die Laser in ihrer Praxis einsetzen und zu sehr positiven Einschätzungen gelangen. Das erweckt den Eindruck, dass durch diese – meist methodisch wenig fundierten – Studien die Vorteilhaftigkeit der neuen Laseranwendung belegt werden soll.

Insgesamt ist der Forschungsstand zu lasermedizinischen Anwendungen äußerst unbefriedigend, was jedoch auch für viele andere medizinische Anwendungen konstatiert werden muss. Anders als viele andere medizinischen Technologien werden Laserdienstleistungen jedoch auch auf privatrechtlicher Basis außerhalb der Kontrolle durch die Regulationsgremien des Gesundheitswesens erbracht, z. B. kosmetische Anwendungen. In diesem Sektor sind Wirksamkeits- und Wirtschaftlichkeitsnachweise aus der Perspektive der Kunden oder der gesamten Gesellschaft nicht vorgeschrieben, weshalb die entsprechenden Studien nicht angefertigt werden.

#### **8.3.4.2 Markt für Laseranwendungen in der Medizin**

Der Markt für lasermedizinische Anwendungen war in den 1970er und 1980er-Jahren durch ein dynamisches Wachstum geprägt, dem aber eine gewisse Ernüchterung folgte. Vor allem getrieben durch die USA als größtem Markt wuchs der globale Lasermedizinmarkt zwischen 1994 und 2001 jährlich aber wieder um mehr als 17 % auf ein Marktvolumen von rund 2,3 Milliarden € im Jahr 2001, an denen Europa einen Anteil von etwa 530 Millionen € (23 % des Weltmarktes) besitzt (Wheeler 2002). Für Deutschland liegen keine separaten Marktabschätzungen vor, insgesamt stellen medizinische Laser in Deutschland nur einen kleinen Teil der Medizinprodukteindustrie dar.

Die Entwicklung in den einzelnen Anwendungsfeldern verläuft unterschiedlich: während im größten Marktsegment, den chirurgischen Anwendungen in den letzten Jahren das Marktvolumen relativ konstant blieb, erfuhren kosmetische und ophthalmologische Anwendungen ein deutliches Wachstum. In Deutschland wird insbesondere für die lasergestützten Myopie-Behandlungen ein deutliches Wachstum erwartet (Lenzen-Schulte 2001), ebenso wie für neue Produkte mit erweiterten Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Ophthalmologie sowie für Laser in der Zahnheilkunde.

Außer für wenige Indikationen muss bei Medizinlasern noch von einer noch geringen Marktdurchdringung ausgegangen werden, was ein weiteres Wachstum ermöglicht. Wichtigster Markt dürften die USA bleiben, denen mit einiger Zeitverzögerung die Märkte in Europa, Asien und einigen Schwellenländern folgen. Insbesondere die kosmetischen Anwendungen sind jedoch konjunkturellen Schwankungen unterlegen. Der Markt für lasermedizinische Anwendungen ist weltweit durch einen starken Wettbewerb geprägt, der teilweise zu deutlichen Problemen mit der Profitabilität bei einzelnen Geräteherstellern führt.

#### 8.3.4.3 Akzeptanz von Laseranwendungen in der Medizin

Der Forschungsstand für einzelne Indikationen kann wie in Tabelle 8.2 zusammengefasst werden. Neben den zusammengefassten Ergebnissen aus Studien zur Akzeptanz wird auch – als Basis für die Akzeptanz der Anwendung bei Nutzern und Entscheidern – berichtet, ob eine deutsche Leitlinie oder ein systematischer Review vorliegt, welche die Laseranwendung zumindest als eine von mehreren Therapiemöglichkeiten nennen, und welche Evidenz sich daraus für die Wirksamkeit und den gesundheitsökonomischen Nutzen ergibt.

Tabelle 8.2: Forschungsstand zu Laseranwendungen in der Medizin

Disziplin/ Indikation	Akzeptanz	Leitlinie vorhanden	Review vorhanden	Wirksamkeit	Gesundh.-ökon. Nutzen
	0 unklar – gering + teilweise ++ hoch	+ ja (Anzahl)	+ ja (Anzahl)	0 unklar – keine positive Evidenz + teilweise ++ gute Evidenz	
<b>Chirurgie</b>					
Tumore	0			0	0
<b>Augenheilkunde</b>					
Diabetische Netzhautentzündung					
Altersbedingte Degeneration der Netzhaut	+				



Fortsetzung Tabelle 8.2

Disziplin/ Indikation	Akzeptanz	Leitlinie vorhanden	Review vorhanden	Wirksamkeit	Gesundh.-ökon. Nutzen
	0 unklar - gering + teilweise ++ hoch	+ ja (Anzahl)	+ ja (Anzahl)	0 unklar - keine positive Evidenz + teilweise ++ gute Evidenz	
Netzhautablösung, Netzhautvenenverschluss			ja, aber zu wenig gute Studien		
Grüner Star/Glaukom	0				
Linsenkapsel-Operation					
Myopie/Hyperopie	+ (USA)				
<b>Dermatologie / Kosmetische Medizin</b>					
Gefäßveränderungen (Feurmale, Blutschwämme, Rubinflecke, erweiterte Äderchen etc.)	+				
Pigmentablagerungen, Tätowierungen					
Beingeschwüre (Low-Level-Lasertherapie)			+	-	
Wundbehandlung					
Gutartige Hautneubildungen					
Warzen		+			
HPV-Infektion		3		+	
Bösartige Hautneubildungen		+			
Epilation					
Skin-Resurfacing	+	2	ja, aber zu wenig gute Studien		
Sonstige kosmetische Indikationen	++				
<b>Gastroenterologie</b>	- (USA)				
Blutstillung bei Magengeschwüren					
Darmgefäßmissbildung					
Linderung von Beschwerden bei Ösophaguskrebs					
Linderung von Beschwerden bei Darmkrebs	+				0
Darmzottengeschwulst					
Hämorrhoiden					
<b>Gynäkologie</b>	- (USA)				
Neubildungen	-	+	+	+	
Fertilitätsstörungen, z. B. Eileiterrekonstruktion			+	+	
Endometriose (Gebärmutter-schleimhautversprengung)			+	+	
Verstärkte Regelblutung					
Kondylome					
Twin-twin transfusion syndrome			+	0	

Fortsetzung Tabelle 8.2

Disziplin/ Indikation	Akzeptanz	Leitlinie vorhanden	Review vorhanden	Wirksamkeit	Gesundh.-ökon. Nutzen
	0 unklar – gering + teilweise ++ hoch	+ ja (Anzahl)	+ ja (Anzahl)	0 unklar – keine positive Evidenz + teilweise ++ gute Evidenz	
<b>Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde</b>					
Tumore		+	+	0	
Schnarchen, Obstruktive Schlafapnoe		2			
Ödeme der Stimmbänder					
Kehlkopfverengung					
Schlundtasche					
Zungenresektion					
Kinderchirurgie: Ösophago-tracheale Fistel (H-Fistel)	0	+			
Kinderchirurgie: Ösophagus-Atresie	0	+			
Nasenoperation					
Orale Leukoplakie			+	0	
<b>Herz-Kreislauf-Erkrankungen</b>					
Rekanalisation von peripheren Arterien		+		–	
Rekanalisation von Herzarterien (Reduktion von atherosklerotischem Gewebe, Laserrevaskularisation) (zusätzlich zu PTCA)		+		+	
<b>Lungenheilkunde</b>					
Linderung bei fortgeschrittenem Lungenkrebs					
Operation bei Lungenemphysem			+	–	
<b>Urologie</b>					
Blasentumor					„vielversprechend“
Peniskarzinom					
Kondylome					
Prostatakrebs					
Benigne Prostatahyperplasie	– (ambulant keine Abrechnung)	+		+	
<b>Zahnheilkunde</b>					
Präparation bei Karies, Entfernen von Füllungen	++ (Pat.) – (Ärzte)				
Kariesprophylaxe					
Entfernung von Kongrementen/Zahnstein					
Sterilisation von Wurzelkanälen					
Zahnwurzelbehandlung					
Parodontose	++				
Oralchirurgie					

Fortsetzung Tabelle 8.2

Disziplin/ Indikation	Akzeptanz	Leitlinie vorhanden	Review vorhanden	Wirksamkeit	Gesundh.-ökon. Nutzen
	0 unklar – gering + teilweise ++ hoch	+ ja (Anzahl)	+ ja (Anzahl)	0 unklar – keine positive Evidenz + teilweise ++ gute Evidenz	
<b>Orthopädie/Rheumatologie</b>					
Low-Level-Lasertherapie bei Osteoarthritis			+	0	
Low-Level-Lasertherapie bei rheumatoider Arthritis			+	+	
Laser-Akupunktur bei „Tennisarm“			+	0	
Entzündungen der Achilles-Sehne			+	–	
Schmerzen beim Aufsetzen der Ferse			+	–	
Nackenschmerzen			+	–	
Laser-Diskektomie			ja, aber zu wenig gute Studien		
<b>Analytik und Diagnostik</b>		entfällt	entfällt	entfällt	
Konfokales Lasermikroskop					
Laserspektroskopie					
Herstellung von radioaktiven Isotopen					
Gepulste photothermische Radiometrie					
Laserdiffraktoskopie					
Dreidimensionale holographische Darstellungen					
Mammographie					
Detektoren in der Biotechnologie / Gendiagnostik / DNA-Sequenzierung / Auslesen von DNA-Chips					
<b>Weitere Einsatzgebiete</b>					
Raucherentwöhnung (vermutlich per Laser-Akupunktur)			+	–	
Akupunktur, fraktale Somatotopien					
Laserinduzierte Steinzertrümmerung (z. B. Speichelsteine)					

Die Übersicht zeigt, dass für viele Bereiche, in denen Medizinlaser angewandt werden, Informationen zur Akzeptanz fehlen oder die Befundlage uneindeutig ist. Positiv ist die Akzeptanz bei Anwendungen, für die Alternativen fehlen, wie z. B. die altersbedingte Degeneration der Netzhaut, manche dermatologische und kosmetische Anwendungen, oder wo eindeutige Alleinstellungsmerkmale der Laserbehandlung vorliegen (Zahnpräparation bei Karies ohne Bohreräusche, Verzicht auf die Brille bei Myopiebehandlung).

Akzeptanzprobleme im Technikfeld Lasermedizin können auf verschiedenen Ebenen der Wertschöpfungskette auftreten. Ein erster Akzeptanz-Brennpunkt findet sich an der Schnittstelle von Laserherstellern zu Laseranwendern. Die Entwicklung innovativer lasermedizinischer Anwendungen ist auf interdisziplinäre Forschung und Entwicklung angewiesen. Daran mangelte es in den 1970er und 1980er-Jahren mit dem Ergebnis, dass neue Laser oft am Markt vorbei entwickelt wurden und in der Medizin keinen Fuß fassen konnten.

Auf der Ebene der Anwender von Medizinlasern, also insbesondere der praktizierenden Ärzteschaft, ist die Akzeptanz sehr ambivalent ausgeprägt. Es gibt Ärzte, die der Einführung lasermedizinischer Anwendungen eher abwartend gegenüber stehen, sei es auf Grund nicht ausreichender Evidenz für Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit, hoher Aufwendungen für den Erwerb der Geräte und des dazugehörigen Know-hows oder auf Grund mangelnder Technikaufgeschlossenheit. Andererseits erschließen sich manche Ärzte durch den Einsatz von Lasermedizintechnik neue Einkommensquellen und schätzen den Prestigegewinn.

Auch wenn derzeit nur wenig dafür spricht, könnte sich ein weiterer Akzeptanz-Brennpunkt auf der Ebene der Patienten bzw. Kunden, die sich aus gesundheitlichen oder kosmetischen Gründen mit Lasern behandeln lassen, entstehen. Dadurch, dass sie bewusst lasergestützte Dienstleistungen in Anspruch nehmen und häufig auch dafür bezahlen, entwickeln sie auch hohe – teilweise unrealistische – Erwartungen an die zu erbringende Leistung. Zusammen mit fehlender Evidenz für Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit lasermedizinischer Behandlungen sowie unzureichender Qualitätssicherung auf Seiten der Dienstleistungserbringer ist es möglich, dass nicht in jedem Fall die erwartete Behandlungsqualität geleistet wird und der Patient sogar gesundheitliche Schäden davon trägt. Diese Entwicklung kann außerdem zu Rechtsstreitigkeiten und Schadensersatzklagen führen und das Vertrauen potenzieller Kunden in die Lasermedizin negativ beeinflussen.

Sofern eine Behandlungsmethode nicht nur Selbstzahler ansprechen will, ist für die Akzeptanz von Gesundheitsleistungen die Möglichkeit besonders wichtig, sie zu Lasten der GKV durchführen zu können. Deshalb ist für die Einführung einer neuen Gesundheitstechnologie die Anerkennung in den dafür zuständigen Gremien entscheidend. Die vorliegende Analyse zeigt, dass nur ein kleiner Teil der Leistungen, die tatsächlich auf dem Markt verfügbar sind und teilweise auch häufig durchgeführt werden, zur Abrechnung über die Krankenkassen zugelassen ist. Dies spiegelt eine deutliche Zurückhaltung bei Ärzten und Krankenkassen wider.

#### **8.3.4.4 Determinanten der Akzeptanz**

Die Determinanten der Akzeptanz von und Nachfrage nach lasermedizinischen Geräten und Anwendungen können nach aktorspezifischen und technikspezifischen Faktoren, den Rahmenbedingungen, Abhängigkeiten von Diffusionsphasen, Kon-

fliktfeldern und Faktoren in einzelnen Anwendungsfeldern unterschieden werden. Die wichtigsten werden in Tabelle 8.3 genannt.

Bei den Herstellern ist ein relativ offensives Marketing für ihre Geräte zu beobachten. Für sie stellt die Erschließung eines neuen oder Erweiterung des bestehenden Absatzmarkts für ihre Produkte oder Dienstleistungen ein wichtiges Moment dar.

Bei den Anwendern, in der Regel also Ärztinnen und Ärzten, ist teilweise eine optimistische Einschätzung der Anwendbarkeit verknüpft mit Erwartungen hinsichtlich neuer Einkommensquellen außerhalb der Budgets der Krankenkassen. Zudem können Kliniken und Praxen auf einen Wettbewerbsvorteil hoffen, den ihnen eine neuartige Technologie bietet, da sie mit einem Lasergerät auf einen Imagegewinn hoffen können, ihr Angebotsspektrum erweitern und in wenigen Bereichen Krankheiten behandeln können, die ohne Lasergerät nicht behandelbar sind (z. B. altersbedingte Makuladegeneration).

Hemmnisse sind die hohen Anschaffungskosten, welche aber durch die gemeinschaftliche Nutzung der Geräte und eine häufige Nutzung abgemildert werden können. Relevanter scheinen ein hoher Aufwand durch erforderliche Weiterbildungsmaßnahmen sowie Vorbehalte, die aus einem gewissen Konservatismus und auch aus durchaus berechtigten Zweifeln an den Vorteilen vieler Laseranwendungen gegenüber konventionellen Methoden resultieren. Außer in spezifischen Anwendungsgebieten bestehen aus medizinischen oder gesundheitsökonomischen Gründen kaum Vorteile gegenüber konventionellen Verfahren, wie die (allerdings noch zu seltenen) Reviews und Leitlinien belegen. Lasergeräte werden teilweise als unergonomisch betrachtet, es kommt zu praktischen Problemen bei der Anwendung auch auf Grund ungenügender Qualifikation und Erfahrung. Zudem entsteht Verunsicherung, da bisher keine klaren Regelungen für Ausbildung, Anwendung und Qualitätssicherung existieren.

Auf dem Markt der kassenfinanzierten ambulanten Leistungen können sich Laseranwendungen nur etablieren, wenn sie über die GKV abgerechnet werden können, was bislang die Akzeptanz von Laseranwendungen bei Ärzten eng begrenzt. Breite Akzeptanz finden Laserverfahren deshalb insbesondere bei Indikationen, für die bei den Patienten oder besser: Kunden eine hohe eigene Zahlungsbereitschaft besteht, wie der Myopieoperation oder ästhetischen Anwendungen.

Die hohen Gerätekosten erzeugen bei den Besitzern einen wirtschaftlichen Druck, das Gerät einzusetzen, was die Häufigkeit des Einsatzes über das notwendige Maß erhöhen kann. Fehlende Qualitätsstandards und gesetzliche Regelungen verstärken diese Tendenz, Laser bei fragwürdigen Indikationen und möglicherweise ohne ausreichende Qualifikation anzuwenden.

Patienten und Kunden stehen Laseranwendungen in der Regel positiv gegenüber, auch wenn ihnen keine ausreichenden Informationen zur Verfügung stehen. Sie haben teilweise sehr hohe Erwartungen, die möglicherweise auch durch positive Medienberichterstattungen geprägt sind und mit dem Bild einer minimal-invasiven, schmerz- und nebenwirkungsfreien Behandlung verknüpft sind. Viele der Vorteile von Laseranwendungen bestehen aber auch insbesondere für die Patienten, seien es kosmetische Aspekte, das Erreichen eines Schönheitsideals oder Schmerzvermeidung. Soziodemographische Einflüsse auf die Akzeptanz von medizinischen Laseranwendungen spielen höchstens eine untergeordnete Rolle. Kostenaspekte werden aus Sicht der Patienten nicht relevant.

Schon für Patienten ist ein gewisses Maß an Partizipation bei der Entscheidung, ob eine Laserbehandlung durchgeführt werden soll, wichtig. Eine besondere Rolle nehmen die Endnutzer von Laseranwendungen aber ein, wenn sie nicht als Patienten Laseranwendungen zu Lasten der Krankenkasse verordnet bekommen, sondern diese als Kunden aus eigenem Antrieb und auf eigene Verantwortung in Anspruch nehmen und aus eigener Tasche bezahlen. Hier können sie ihre volle Marktmacht nutzen, sind aber auch in besonderem Maß auf objektive und ausreichende Information über Vor- und Nachteile angewiesen.

Die Regulierungsgremien sind von den teilweise widersprüchlichen Interessen ihrer Mitgliedsgruppen geprägt. Die Vertreter der Krankenkassen müssen wie auch die Gesundheitspolitiker auf Ausgabenbegrenzung drängen. Da für Laseranwendungen bisher noch kein ausreichender Nachweis von Spareffekten vorliegt, müssen die Kassenvertreter zurückhaltend bei der Zulassung von Laserverfahren als GKV-Leistung sein. Auch die Ärzte sind einer sparsamen und evidenzbasierten Bewilligungspraxis verpflichtet, sind jedoch ihrem Berufsethos entsprechend einer optimalen Behandlung ihrer Patienten verpflichtet und müssen auch die Interessen ihrer Berufsgruppe berücksichtigen und das Leistungsspektrum möglichst erweitern. Aus diesem Dilemma heraus ist verständlich, dass die Regulierungsgremien ihre Steuerungsfunktion gegenüber neuen Techniken, auch der Lasermedizin – die sich im Großen und Ganzen auch nur auf die ambulanten Leistungen bezieht – nur eingeschränkt ausüben können.

Technikimmanente Faktoren der Akzeptanz und Nachfrage sind u. a. die mögliche Ausweitung der Anwendungsmöglichkeiten, Reduktion der Gerätekosten sowie Verbesserungen bei Sicherheit und Ergonomie.

Auch in den Rahmenbedingungen für Laseranwendungen in der Medizin können förderliche oder hemmende Faktoren der Akzeptanz und Nachfrage liegen. Hierzu sind neben den Abrechnungsmöglichkeiten zu Lasten der Krankenkassen insbesondere die fehlenden Regelungen zur Qualitätssicherung zu nennen, welche letztendlich dem Image der Laseranwendungen schaden könnten. Vorgeschlagen werden

Tabelle 8.3: Determinanten der Akzeptanz

<p><b>Akteurspezifische Faktoren</b></p> <p><b>Hersteller</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ offensives Marketing</li> <li>• Erschließung eines neuen oder Erweiterung des bestehenden Absatzmarkts</li> </ul>
<p><b>Anwender</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrechnungsfähigkeit über GKV (für kassenfinanzierte ambulante Leistungen)</li> <li>• Teilweise optimistische Einschätzung der Anwendbarkeit</li> <li>• Erwartungen hinsichtlich neuer Einkommensquellen</li> <li>• Vorteil im Wettbewerb um Patienten/Kunden (Imagegewinn, erweitertes Angebot)</li> <li>• Therapiemöglichkeit für Krankheiten, die ohne Lasergerät nicht behandelbar sind</li> <li>• Wirtschaftlicher Druck, das Gerät einzusetzen</li> <li>• Anschaffungskosten</li> <li>• Aufwand durch erforderliche Weiterbildungsmaßnahmen</li> <li>• Konservatismus</li> <li>• Zweifel an den Vorteilen vieler Laseranwendungen gegenüber konventionellen Methoden</li> <li>• Ergonomie</li> <li>• Praktische Probleme</li> <li>• Ungenügende Qualifikation und Erfahrung</li> <li>• Fehlen von klaren Regelungen für Ausbildung, Anwendung und Qualitätssicherung</li> </ul>
<p><b>Patienten/Kunden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahlungsbereitschaft (z. B. für Myopieoperation oder ästhetische Anwendungen)</li> <li>• Mangelnder Informationsstand</li> <li>• Teilweise sehr hohe Erwartungen</li> <li>• Bild einer minimal-invasiven, schmerz- und nebenwirkungsfreien Behandlung</li> <li>• Erreichen eines Schönheitsideals</li> <li>• Schmerzvermeidung</li> <li>• Therapiemöglichkeit für Krankheiten, die ohne Lasergerät nicht behandelbar sind</li> <li>• Kostenaspekte für Patienten nicht relevant</li> </ul>
<p><b>Regulierungsgremien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilweise widersprüchliche Interessen ihrer Mitgliedsgruppen</li> <li>• Verpflichtung zur Ausgabenbegrenzung</li> <li>• Fehlender Nachweis von Spareffekten</li> <li>• Teilweise Interesse an Erweiterung des Leistungsspektrums</li> <li>• Begrenzte Steuerungsmöglichkeiten</li> </ul>
<p><b>Technikspezifische Faktoren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mögliche Ausweitung der Anwendungsmöglichkeiten</li> <li>• Reduktion der Gerätekosten</li> <li>• Verbesserungen bei Sicherheit und Ergonomie</li> </ul>
<p><b>Rahmenbedingungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrechnungsfähigkeit über GKV (für kassenfinanzierte ambulante Leistungen)</li> <li>• Fehlende Regelungen für Qualitätssicherung, Ausbildung der Laseranwender</li> <li>• Begrenzung des Lasereinsatzes auf bestimmte Berufsgruppen</li> <li>• Öffentliche Forschungsförderung</li> </ul>
<p><b>Diffusionsphasen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Akzeptanz bei Pilot- als bei Routineanwendern</li> </ul>

Regelungen für die Ausbildung der Laseranwender, Qualitätsstandards für den Einsatz von Lasern, Zertifizierungssysteme für Laseranwender oder gar die Begrenzung des Lasereinsatzes allein auf Mediziner sowie die wissenschaftliche Begutachtung der Lasersysteme hinsichtlich ihrer Sicherheit und Effizienz. Nicht zuletzt

kann die öffentliche Forschungsförderung einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung von Geräten und Anwendungen und deren Evaluation leisten.

Bezogen auf die Diffusionsphasen kann tendenziell eine höhere Akzeptanz bei Pilotanwendern festgestellt werden, während die Routineanwender eher auch von Nachteilen oder Grenzen der Anwendbarkeit von Lasergeräten berichten.

## **8.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

Der Prozess der Zulassung von lasermedizinischen Geräten und Anwendungen richtet sich nach den Besonderheiten des deutschen Gesundheitsmarkts mit komplexen Regulierungen und massiven gesetzgeberischen Eingriffen. Deshalb spielt die Akzeptanz bei den Endadressaten (Patienten) und in der Allgemeinbevölkerung nur eine untergeordnete Rolle bei der Diffusion lasermedizinischer Dienstleistungen in die gesellschaftliche Praxis. Eine nicht zu unterschätzende Rahmenbedingung ist beispielsweise, ob und in welchem Umfang die Krankenkassen lasermedizinische Dienstleistungen bezahlen. Im Folgenden werden Möglichkeiten abgeleitet, die Standortfaktoren zu nutzen und Markthemmnisse abzubauen.

### **Standortfaktoren**

Die Lasermedizin ist zwar nur ein kleiner Teilbereich der Schlüsseltechnologie Optische Technologien, im zukunftssträchtigen Bereich der optischen Technologie in der Bio-Medizin hält Deutschland jedoch eine gute Ausgangsposition. Diese Stellung gilt es zu halten bzw. insbesondere gegenüber USA und Japan auszubauen (Frietsch und Grupp 2002). Für die Zukunft gilt es, kompaktere, benutzerfreundlichere und billigere Geräte zu entwickeln, neue Anwendungsmöglichkeiten zu schaffen und neue Nutzergruppen zu erschließen. Wichtige Standortvorteile für die forschungsintensive Entwicklung von Geräten und Anwendungen sind Erfahrungen und gut ausgebildetes Personal in Medizintechnik, z. B. bei den bildgebenden Verfahren, in denen deutsche Firmen 10 % des Weltmarkts abdecken.

Das deutsche Gesundheitswesen als Inlandsmarkt benötigt Innovationen, die helfen Kosten zu reduzieren oder zumindest zu begrenzen. Dazu kann auch die Medizintechnik beitragen, indem sie Rationalisierungs- und Einsparpotenziale eröffnet und zur Verringerung von Arbeitsausfallzeiten beiträgt (Statistisches Bundesamt 1998). Das Gesundheitssystem wird zwar als wenig innovationsfreudig (Ärzte) oder gar innovationshemmend (Überregulierung) gesehen, die verstärkte Konkurrenz unter Leistungserbringern (Kliniken, Arztpraxen) und unter Krankenkassen in Verbindung mit pauschalierten Abrechnungsformen kann aber zu einem Wettbewerb führen, der Kosten sparende Innovationen fördert. Für eine breite Akzeptanz und damit auch Finanzierung durch die GKV muss aber der Nutzen der Technologie und dar-



auf folgend auch ihre Wirtschaftlichkeit nachgewiesen werden, was bislang noch weitgehend aussteht.

Mit lasermedizinischen Verfahren verbinden sich große Erwartungen auf Seiten der Patienten (Therapie ohne schwere Nebenwirkungen, Schmerzfreiheit, Schönheit) und bei Anwendern (Zusatzeinkommen außerhalb des Budgets). Auch wenn diese Erwartungen nicht immer erfüllt werden können, scheint im Technikfeld Lasermedizin insbesondere in der Dermatologie und der Augenchirurgie ein großes Nachfragepotenzial vorhanden zu sein.

### **Empfehlungen:**

- Nutzung von Wissensressourcen aus und Synergieeffekten mit anderen Sparten der Medizintechnik
- Erhaltung und Erweiterung des hohen Wissensstands durch Qualifikationsmaßnahmen
- Förderung von Innovationen, die auf die Reduktion von Gesundheitskosten abzielen
- Förderung von Studien, die Realisierbarkeit der hohen Erwartungen an Laseranwendungen auf Seiten der Ärzte und Patienten untersuchen

### **Forschung**

Für den Erhalt und Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Lasermedizin-forschung und -industrie ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Physik, Ingenieurwissenschaften und Medizin essenziell, um den „Nachschub“ an Know-how zu sichern, um neue Geräte zu entwickeln, um neue medizinische Anwendungen zu erschließen und um den Kenntnisstand über die Wirksamkeit, Nebenwirkungen etc. für bekannte Anwendungen zu erweitern.

Die Verfügbarkeit von Wirksamkeits- und Wirtschaftlichkeitsnachweisen für Laseranwendungen in der Medizin spielt für die Akzeptanz dieser Technologie eine wichtige Rolle. Ohne ausreichende Evidenz muss befürchtet werden, dass die Lasermedizin ihr positives Image und damit ihre Entwicklungspotenziale verliert. Niederländische Erfahrungen zeigen, dass es möglich ist, die Diffusion von Lasergeräten zu beschränken, so lange sie nicht ausreichend evaluiert wurden (Banta und Vondeling 1994). Auf dem medizinischen Forschungssektor sind weltweit anglo-amerikanische Arbeitsgruppen am aktivsten, so dass möglicherweise auch Geräteentwicklungen aus diesem Raum eine bessere Chance besitzen, wissenschaftliche Unterstützung zu erhalten.

Für eine dauerhafte und breite Verankerung auf dem größten potenziellen Marktsegment, den durch die gesetzlichen Krankenkassen finanzierten Leistungen, sind für die einzelnen Laseranwendungen ökonomische Evaluationen bzw. HTA-Be-

richte erforderlich. Der mangelhafte Forschungsstand zur Wirksamkeit vieler Anwendungen gibt Anlass zu Befürchtungen, dass die gesamte Methode trotz der Fortschritte, die sie z. B. in der Dermatologie gebracht hat, ins Zwielicht geraten könnte (Hohenleitner und Landthaler 1998). Ohne den sicheren Nachweis eines Nutzens der Laseranwendungen sind aber keinerlei Kosten-Nutzen-Abwägungen und Wirtschaftlichkeitsvergleiche mit anderen Technologien möglich.

Die empirische Datenbasis speziell zur Akzeptanz von Lasermedizin ist schmal, lückenhaft und konzeptionell wenig anspruchsvoll. Viele Untersuchungen wurden im Ausland durchgeführt, ohne dass Informationen vorliegen, inwieweit die dort erarbeiteten Erkenntnisse auf die Verhältnisse in Deutschland übertragbar sind. Insbesondere fehlen Daten, die eine vergleichende Analyse verschiedener lasermedizinischer Anwendungen bzw. Anwendungsfelder zulassen, die zeitliche Entwicklungen abbilden, die Rückschlüsse darauf zulassen, welche Gruppen innerhalb der Anwender und der Patienten/Kunden sich durch eine über- oder unterdurchschnittliche Akzeptanz bzw. Nachfrage auszeichnen und die nach Gründen und Erklärungen für die vorgefundenen Einstellungen und Einschätzungen fragen. Auffällig ist außerdem, dass die Untersuchungen sich inhaltlich überwiegend auf die subjektive Wahrnehmung von Nutzen und Risiken bzw. auf Vor- und Nachteile der Technikanwendung selbst beziehen, während gesellschaftliche Nutzenaspekte und Risiken kaum thematisiert werden. Zudem wird nahezu völlig ausgeblendet, unter welchen Rahmenbedingungen und Voraussetzungen die Technikanwendung erfolgt bzw. erfolgen sollte.

Der letzte Punkt ist insbesondere deswegen von Bedeutung, weil sich bei der Lasermedizin das „Ob“ der Technikeinführung nur bezogen auf konkrete Anwendungen stellt. Die Lasermedizin insgesamt scheint im Vergleich zu anderen Technologiefeldern weitgehend akzeptiert zu sein bzw. zumindest toleriert zu werden. Für die Lasermedizin insgesamt stellt sich eher die Frage nach dem „Wie“ der Technikeinführung, und gerade dieser Aspekte wird in den uns vorliegenden Untersuchungen nicht thematisiert.

### **Empfehlungen:**

- Interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Geräteentwicklung insbesondere auch unter ergonomischen Gesichtspunkten
- Förderung von Studien zu Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit (kontrollierte Studien, ökonomische Evaluationen einschließlich der gesellschaftlichen Perspektive, HTA-Berichte)
- Studien zur Akzeptanz von medizinischen Laseranwendungen, dabei Einbezug aller Akteure/Stakeholder, auch der Patienten/Endkunden, und der Rahmenbedingungen
- Vergleiche mit anderen Laseranwendungen und anderen Behandlungsverfahren

## **Markthemmnisse**

In den letzten Jahren wurden eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verbesserung der Diffusion und damit Nachfrage nach lasermedizinischen Geräten implementiert (z. B. Netzwerke, Schulungen als produktbegleitende Dienstleistungen etc.). Insbesondere im Hinblick auf die Sicherung von Standortvorteilen scheint noch Handlungsbedarf darin zu bestehen, bei den Entwicklern und Anbietern lasermedizinischer Geräte das Bewusstsein dafür zu schärfen, dass die für die breite Anwendung angesprochene Zielgruppe andere Qualifikationen und Bedürfnisse hat als die der Pilotanwender, zu denen die Entwickler und Anbieter bereits intensive Kontakte pflegen, um darauf aufbauend eine noch stärkere Kunden- und Nutzerorientierung zu implementieren.

Um breitere Kundenschichten als nur die hoch qualifizierten, forschungsnahen Pilotanwender erschließen zu können, müssen lasermedizinische Anwendungen weiter in die medizinische Praxis diffundieren. Hier zeigt unsere Analyse, dass die Nachfrage nach lasermedizinischen Ausrüstungen durch Ärzte wesentlich davon abhängt, wie die individuelle Kosten-Nutzen-Bilanz bewertet wird. In diese Kosten-Nutzen-Bilanz fließen zum einen medizinisch-wissenschaftliche Kriterien (z. B. die Wirksamkeit der Behandlung, Vorteile für Arzt und Patient im Vergleich zu alternativen Behandlungsmöglichkeiten, Anwendungssicherheit), betriebswirtschaftliche Aspekte (insbesondere Investitionskosten, Kostenerstattungspraxis durch Krankenkassen und zusätzliche Einkommensquellen durch das Gerät), aber auch indirekte Kosten (z. B. Qualifizierungsbedarf, Bedienungsfreundlichkeit der Geräte, Einarbeitungsaufwand, organisatorische Veränderungen, mögliche Regressforderungen von Patienten bei fehlerhafter Behandlung) und Nutzen (z. B. Prestige, Renommee) ein.

Eine Besonderheit der Lasermedizin gegenüber den anderen untersuchten Technologiefeldern ist der stark reglementierte Markt im deutschen Gesundheitsversorgungssystem. Zusätzlich zu den üblichen Marktfaktoren, die die Entwicklung und Diffusion von innovativen Produkten steuern, existieren hier komplexe Regulierungsprozesse, die aber von den Akteuren teilweise unterlaufen werden und deshalb ihren Zweck nur partiell erfüllen können. Dadurch verliert das System an Macht, Innovationen gezielt in die gewünschte Richtung zu lenken: Laseranwendungen in der Medizin etablieren sich teilweise mehr auf Grund einer wirksamen Lobbyarbeit der Hersteller als auf Grund wissenschaftlicher und marktlicher Rationalität. Nachteilige Wirkungen insbesondere auf der Ebene des Gesundheitssystems und seiner Finanzierung können nicht ausgeschlossen werden. Andererseits könnten auf Grund des Forschungsdefizits Vorteile von Laseranwendungen gegenüber konventionellen Verfahren übersehen werden und damit sinnvolle Innovationen unterbleiben.

Zudem besteht Handlungsbedarf bezüglich der Qualitätssicherung. Der Nutzen der Geräte ist in weiten Anwendungsbereichen noch umstritten, die gerade für die Akzeptanz bei Anwendern und Kostenträgern zentralen Wirksamkeits- und Wirtschaftlichkeitsnachweise fehlen weitgehend. Während die Notwendigkeit zur Qualitätssicherung bei den Akteuren erkannt worden ist, bestehen vor allem bei den privat abgerechneten Laserdienstleistungen offenbar nicht nur erhebliche Dissense darüber, wie die Qualitätssicherung konkret ausgestaltet sein soll, sondern auch darüber, wer hierfür in welchem Maße zuständig bzw. verantwortlich sein und wem Regelungskompetenz zukommen soll (Selbstregulation versus Verpflichtung und Kontrolle). Die Auseinandersetzung über Sachverhalte wird dadurch erschwert, dass mit der Ausgestaltung qualitätssichernder Maßnahmen auch Entscheidungen über Besitzstände und Prestige getroffen werden, die als „hidden agenda“ mitschwingen (z. B. lasermedizinische Dienstleistungen unter Arztvorbehalt, Zertifizierung speziell ausgebildeter Laserärzte etc.).

Gesetzliche oder berufsständische Regelungen fehlen noch weitgehend, die öffentlichen Regulierungsbemühungen werden durch Hersteller und Anwender teilweise unterlaufen. Klare Kriterien für die Zulassung und Abrechnung von Laserverfahren sowie für die Qualifikation der Anwender würden die Sicherheit bei Patienten und Anwendern erhöhen und damit zu einer Verstetigung von Angebot und Nachfrage beitragen. Zur Qualitätssicherung zählt aber auch die Patienteninformation im Laserzentrum, wo noch deutliche Defizite existieren (Geerling et al. 1997).

### **Empfehlungen:**

- Berücksichtigung der Routineanwender bereits bei der Entwicklung von Lasergeräten und Anwendungen, insbesondere
  - Kosten-Nutzen-Bilanz unter Praxisbedingungen
  - Ergonomie
  - Bedienungsfreundlichkeit
  - Anwendungssicherheit
- Festlegung von Kriterien für die Zulassung von Lasergeräten in der Medizin einschließlich eines Wirksamkeits- und Wirtschaftlichkeitsnachweises
- Ausbildung qualifizierten Nachwuchses nach abgestimmten Curricula
- Regelung der Zuständigkeit für die Qualitätssicherung bei Lasermedizinischen Dienstleistungen
- Sicherung und kontinuierliche Verbesserung der Qualität von Laseranwendungen
- Entwicklung von Leitlinien oder Standards
- Schaffung von Transparenz hinsichtlich der Qualität der Dienstleistungen bei den Patienten bzw. Kunden

## Diskursive Maßnahmen

Patienten bzw. Kunden als diejenigen, die lasermedizinische Dienstleistungen in Anspruch nehmen, ziehen ihre individuelle Kosten-Nutzen-Bilanz nach anderen Kriterien als die Anbieter, ihre Interessen und Präferenzen finden bislang im Gesundheitssystem – nicht nur in der Lasermedizin – jedoch nur wenig Gehör. Dies liegt einerseits darin begründet, dass die Zulassung und Abrechnung medizinischer Technologien und damit letztlich auch die Verordnungspraxis stark von gesundheitspolitischen Rahmenbedingungen abhängen, deren Beurteilung Laien meist nicht zugetraut wird. Andererseits sollen die Patienten stärker in Behandlungsentscheidungen einbezogen werden. Hier besteht Bedarf, Diskursformen im Gesundheitswesen zu entwickeln, die die Patienten stärker berücksichtigen und ihnen Hilfestellung darin bieten, ihre Interessen und Präferenzen besser zu erkennen und zu artikulieren.

Gegenüber anderen medizinischen Dienstleistungen spielen bei vielen Laseranwendungen die privat bezahlten Leistungen eine große Rolle. Deshalb besteht hier auf Seiten der Kunden ein besonders hoher Informationsbedarf.

Zur Stärkung der Partizipation von Patienten oder Kunden an Entscheidungen, die sich auf Behandlungsoptionen beziehen, ist umfassende, verständliche und für alle Bevölkerungsgruppen gleichermaßen verfügbare Information über die erreichbare Qualität und über Qualitätsergebnisse notwendig (Helou et al. 2002). Daran wird derzeit für viele Bereiche gearbeitet, beispielsweise beim Patienten-Informationsdienst der Ärztlichen Zentralstelle Qualitätssicherung (ÄZQ), einer gemeinsamen Einrichtung von Bundesärztekammer und Kassenärztlicher Bundesvereinigung (<http://www.patienten-information.de>). Dort finden sich beispielsweise Hinweise auf Informationen des Berufsverbands der Augenärzte Deutschlands zum Glaukom, die von der ÄZQ als gut bewertet wurden, und zu anderen Indikationen, die mit Laser behandelt werden können, großteils aber noch nicht bewertet wurden. An anderer Stelle wird eine „Charta der Patientenrechte“ sowie eine „Stiftung Gesundheitstest“ als unabhängige Beratungsorganisation vorgeschlagen (Thielmann 2002). Diese Bemühungen sollten verstärkt werden, um den Betroffenen eine aktive Entscheidung auch für oder gegen eine Laserbehandlung zu ermöglichen.

In der Praxis scheint es für Patienten und Kunden schwierig zu sein, erfahrene und seriöse Laseranwender von nicht-qualifizierten zu unterscheiden. Selbsthilfegruppen von „Laseropfern“ konstatieren Defizite bei der Information und Aufklärung von Patienten und Kunden über Wirksamkeit, Nebenwirkungen, Langzeitwirkungen und Komplikationen von Laser-Behandlungen auf Grund nicht ausreichender Qualifikation bzw. wirtschaftlicher Interessen von Laseranwendern. Ein Indikator hierfür ist die Zunahme von Haftungsansprüchen von unzufriedenen oder sogar geschädigten Kunden gegenüber Laseranwendern und die Organisation von Geschädigten in Selbsthilfegruppen, um ihre Ansprüche besser durchsetzen zu können.

**Empfehlungen:**

- Partizipation von Patienten bzw. Kunden bei der Diskussion um die Einführung bzw. Kassenfinanzierung neuer Laseranwendungen sowie bei individuellen Entscheidungen über Behandlungsoptionen
- Bereitstellung von ausreichender und verständlicher, hersteller- und anwenderunabhängiger Information für Patienten bzw. Kunden (durch Verbraucherzentralen o. Ä.) über
  - Gesichertes Anwendungsspektrum verschiedener Lasergeräte
  - Vor- und Nachteile gegenüber anderen Behandlungsmöglichkeiten, Wirksamkeit, mögliche Nebeneffekte, Kontraindikationen
  - Qualität und Qualifizierung der durchführenden Einrichtung, beispielsweise durch Zertifizierung
- Intensivierung der Kommunikationsprozesse zwischen Entwicklern und Anwendern, falls in den Kompetenznetzen noch nicht ausreichend erfolgt

**8.5 Zitierte Literatur**

- Arons, I. (1997): Medical laser market hits new high. *Med. Laser Rp.*, Nr. 11, S. 1-2
- Arons, I. (2002): Ophthalmic laser highlights. *Medical Laser Business Briefs* Nr. 3. <http://www.lasernews.net/lasernews/lasernews3.nsf/5256975a129ad8ee882568b300179157/6acd7ca36a93643a852566bfb00229fcb?OpenDocument>
- Asclepion (2000): Unvollständiger Verkaufsprospekt der Asclepion-Meditec AG. Jena
- Asclepion (2002): Verschmelzung der Augenheilkunde-Aktivitäten von Carl Zeiss auf Asclepion. [http://www.asclepion.com/deutsch/news/news\\_content.php?news\\_id=46](http://www.asclepion.com/deutsch/news/news_content.php?news_id=46)
- Augen-Laser-Klinik Nürnberg (2001): Licht ins Auge für besseres Augenlicht. Internet-Dokument, abgerufen am 23.04.2001, URL: <http://www.augen-laser-klinik.de/pr.html>
- Augustin, M.; Zschocke, I.; Wiek, K.; Peschen, M.; Vanscheidt, W. (1998): Psychosocial stress of patients with Port Wine Stains and expectations of Dye Laser treatment. In: *Dermatology* 197, S. 353-360
- Banta, H. D.; Vondeling, H. (1994): Strategies for successful evaluation and policy-making toward health care technology on the move: The case of medical lasers. In: *Soc. Sci. Med.* 12, S. 1663-1674
- Bayertz, K.; Ach, J. S.; Paslack, R. (2002): Handlungs- und Regelungsbedarf im Hinblick auf Gentests innerhalb und außerhalb der Humangenetik. In: *Die innovative Gesellschaft – Nachfrage für die Lead-Märkte von morgen* (Reader zur Begleitung der Tagung des BMWi am Freitag, den 19. April 2002). Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, S. 91-93
- Bernstein, P. S.; Seddon, J. M. (1996): Decision-making in the treatment of subfoveal neovascularization in age-related macular degeneration. In: *Retina* 16, S. 112-116

- Biolitec (2000): Unvollständiger Verkaufsprospekt/Unternehmensbericht 2000. Jena
- BMBF (2000): Programm der Bundesregierung: Gesundheitsforschung – Forschung für den Menschen. Bonn
- Booth, C. (1999): Cosmetic surgery – Light makes right. In: *Time* 154, S. 69-71
- Brosseau, L.; Welch, V.; Wells, G.; deBie, R.; Gam, A.; Harman, K.; Morin, M.; Shea, B.; Tugwell, P. (2002a): Low level laser therapy (Classes I, II and III) for treating Osteoarthritis (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Brosseau, L.; Welch, V.; Wells, G.; deBie, R.; Gam, A.; Harman, K.; Morin, M.; Shea, B.; Tugwell, P. (2002b): Low level laser therapy (Classes I, II and III) for treating rheumatoid arthritis (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Bührlen-Armstrong, B.; de Jager, U.; Schochat, T.; Jäckel, W. H. (1998): Patientenzufriedenheit in der Rehabilitation muskuloskelettaler Erkrankungen - Einfluss von Merkmalen der Patienten, der Behandlung, des Messzeitpunkts und Zusammenhang mit dem Behandlungsergebnis. In: *Rehabilitation* 37 (Suppl. 1), S. 38-S46.
- Bundesausschuss der Ärzte und Krankenkassen (BÄK): Öffentliche Informationen des Arbeitsausschusses „Ärztliche Behandlung“ des Bundesausschusses der Ärzte und Krankenkassen, ergänzt um Informationen der KBV. Internet-Dokument, abgerufen am 20.06.2002, URL: <http://daris.kbv.de/daris/daris.asp>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2002): Innovationspolitik – Mehr Dynamik für zukunftsfähige Arbeitsplätze. Broschüre des BMWi und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Berlin: BMWi.
- Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) (1997): Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik – Ambivalenz und Widersprüche: Die Einstellung der deutschen Bevölkerung zur Technik. TAB-Arbeitsbericht Nr. 54, Zusammenfassung. Internet-Dokument, abgerufen am 26.04.2002, URL: <http://www.tab.fkz.de/de/projekt/zusammenfassung/AB54.html>.
- Cousins, N. (1981): Laymen and medical technology. In: *Annual Review of Public Health* 2, S. 93-99
- Crawford, F.; Atkins, D.; Edwards, J. (2002): Interventions for treating plantar heel pain (Cochrane Review): In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- de Wit, A.; Trimbos, J. (1991): Gynaecology-effectiveness. In: *Lasers in health care, effectiveness, cost-effectiveness and policy implications*. Frederiksberg: Academic Publishing, S. 189
- Deutsche Dermatologische Gesellschaft (1999): Feigwarzen in der anorektalen Region. Internet-Dokument, abgerufen am 12.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/derm-p02.htm>
- Deutsche Dermatologische Gesellschaft (2001): Acne inversa. Internet-Dokument, abgerufen am 13.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/derm-003.htm>
- Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie (1999): Leitlinie zu Oberschenkelarterienverschlüssen. Internet-Dokument, abgerufen am 13.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/chgef010.htm>

- Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (1998): Diagnostische und therapeutische Standards beim Zervixkarzinom (ICD 180). Internet-Dokument, abgerufen am 13.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/gyn-o001.htm>
- Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (2001): Empfehlungen zur Diagnostik und Therapie der HPV-Infektion des weiblichen Genitale. Internet-Dokument, abgerufen am 12.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/gyn-o004.htm>
- Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie (1999a): Obstruktive Schlafapnoe (OSA) und obstruktives Schnarchen. Internet-Dokument, abgerufen am 12.06.2002, URL: [http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/hno\\_1169.htm](http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/hno_1169.htm)
- Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie (1999b): Onkologie des Kopf-Hals-Bereiches. Internet-Dokument, abgerufen am 13.06.2002, URL: [http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/hno\\_1676.htm](http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/hno_1676.htm)
- Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie (1999c): Schnarchen: primäres Schnarchen. Internet-Dokument, abgerufen am 12.06.2002, URL: [http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/hno\\_1168.htm](http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/hno_1168.htm)
- Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung (1999): Interventionelle Koronartherapie. Internet-Dokument, abgerufen am 13.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/ikard005.htm>
- Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie (1999a): Ösophago-tracheale Fistel (H-Fistel). Internet-Dokument, abgerufen am 12.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/ki-ch043.htm>
- Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie (1999b): Ösophagus-Atresie. Internet-Dokument, abgerufen am 13.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/ki-ch045.htm>
- Deutsche Gesellschaft für Urologie (2001): Diagnostik und Therapie von Genitalerkrankungen durch Humane Papillomviren (HPV). Internet-Dokument, abgerufen am 12.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/urol-033.htm>
- Deutsche Krebsgesellschaft und Deutsche Dermatologische Gesellschaft (1999): Plattenepithelkarzinom der Haut einschließlich des Unterlippenrotes und der Augenlider. Internet-Dokument, abgerufen am 13.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/derm-o03.htm>
- Deutsche STD-Gesellschaft (2000): Condylomata acuminata und andere HPV-assoziierte Krankheitsbilder des Genitale und der Harnröhre. Internet-Dokument, abgerufen am 12.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/std-001.htm>
- Deutsche Urologen (1999): Therapie des BHP-Syndroms. Internet-Dokument, abgerufen am 13.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/urol-035.htm>
- Dey, P.; Arnold, D.; Wight, R.; MacKenzie, K.; Kelly, C.; Wilson, J. (2002). Radiotherapy versus open surgery versus endolaryngeal surgery (with or without laser) for early laryngeal squamous cell cancer (Cochrane Review). In: The Cochrane Library, Issue 2. Oxford: Update Software
- Dierickx, C.; Alora, M. B.; Dover, J. S. (1999): A clinical overview of hair removal using lasers and light sources. In: Dermatologic clinics 17, S. 357-366



- Ellerbrock, D.; Wilden, L. (o.J.): Patientenbefragung zur Low-Level-Laser-Therapie (LLLT). Internet-Dokument, abgerufen am 10.07.2002, URL: <http://www.dr-wilden.de/htmls/umfrage.html>
- Erickson, D. B.; Ryan, R. A.; Erickson, P.; Aquavella, J. V. (1995): Cognitive Styles and personality characteristics strongly influence the decision to have photorefractive keratectomy. In: *Journal of Refractive Surgery* 11, S. 267-281
- Europäische Kommission (2001): Eurobarometer 55.2 – Wissenschaft und Technik im Bewusstsein der Europäer. Internet-Dokument, URL: [http://europa.eu.int/comm/public\\_opinion/archives/eb/ebs\\_154\\_de.pdf](http://europa.eu.int/comm/public_opinion/archives/eb/ebs_154_de.pdf)
- Europäisches Forum für Lasertherapie und Fraktale Medizin (2001): Lasertherapie und Laserpunktur in der Praxis – Eine Anwendungsdokumentation. Internet-Dokument, abgerufen am 21.02.2001, URL: <http://www.elf.or.at/beitrag.html>
- Evans, J. P.; Matthews, S.; Pitts, N. B.; Longbottom, C.; Nugent, Z. J. (2000): A clinical evaluation of an Erbium:YAG laser for dental cavity preparation. In: *British Dental Journal* 188, S. 677-679
- Farquhar, C.; Vandekerckhove, P.; Lilford, R. (2002): Laparoscopic "drilling" by diathermy or laser for ovulation induction in anovulatory polycystic ovary syndrome (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Finn, S. M.; Ahrens, S.; Dinisco, H. (1994): Standardized teaching plans in the ambulatory laser center. In: *Insight: The Journal of the American Society of Ophthalmic Registered Nurses* 19, S. 16-18
- Flemming, K.; Cullum, N. (2002a): Laser therapy for venous leg ulcers (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Flemming, K.; Cullum, N. (2002b): Therapeutic ultrasound for pressure sores (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Forschung an der Universität Münster – Medizin (2001): Forschung für Prävention, Diagnostik und Therapie. Internet-Dokument, abgerufen am 23.02.2001, URL: <http://www.uni-muenster.de/Rektorat/forschung/fors-f05.html>
- Forschungsmarkt Berlin (2001): Laserfluoreszenzdetektor (angewandte Laserspektroskopie). Internet-Dokument, abgerufen am 23.02.2001, URL: <http://www.tu-berlin.de/~fomabl>
- Fraunhofer-Gesellschaft (1999): Tod dem Tumor (Mediendienst). <http://www.fraunhofer.de/german/press/md/md1999/0299-t1.htm>
- Frietsch, R.; Grupp, H. (2002): Technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands auf dem Gebiet der Optischen Technologie. Abschlussbericht an das VDI-Technologiezentrum, Düsseldorf. Im Auftrag des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2002, 88 S.
- Geerling, G.; Meyer, C.; Laqua H. (1997): Patient expectations and recollection of information about photorefractive keratectomy. In: *J Cataract Refract Surg* 23, S. 1311-1316
- Gibson, J. N. A.; Grant, I. C.; Waddell, G. (2002): Surgery for lumbar disc prolapse (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Glockner, K.; Ebeleseder, K.; Städler, P. (1997): Klinische Anwendbarkeit und Patientenakzeptanz des Er:YAG-Lasers im Vergleich zum konventionellen Bohrer. Eine Pilotstudie. In: *Lasermedizin* 13, S. 24-30

- Goodman, G. J. (1998): Carbon dioxide laser resurfacing: Preliminary observations on short-term follow-up: A subjective study of 100 patients' attitudes and outcomes. In: *Dermatologic Surgery* 24, S. 665-672
- Green, S.; Buchbinder, R.; Barnsley, L.; Hall, S.; White, M.; Smidt, N.; Assendelft, W. (2002): Acupuncture for lateral elbow pain (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Gross, A. R.; Aker, P. D.; Goldsmith, C. H.; Peloso P. (2002): Physical medicine modalities for mechanical neck disorders (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Hagen (2001): Laserchirurgie. Internet-Dokument, abgerufen am 23.02.2001, URL: <http://www.forum-med.de/DrHagen/spektrum>
- Haufe SGB Office Version 4.2 (2002): Computer Software. Freiburg: Rudolf Haufe
- Hellwig, S.; Petzold, D.; König, K.; Raulin, C. (1998): Aktueller Stand der Lasertherapie in der Dermatologie. In: *Hautarzt* 49, S. 690-704
- Helou, A.; Schwartz, F. W.; Ollenschläger, G. (2002): Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung in Deutschland. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 45, S. 205-214
- Hennen, L.; Petermann, T.; Sauter, A. (2000): Stand und Perspektiven der genetischen Diagnostik. TAB-Arbeitsbericht Nr. 66. Berlin: Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag
- Hensley, M.; Coughlan, J. L.; Davies, H. R.; Gibson, P. (2002): Lung volume reduction surgery for diffuse emphysema (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Hohenleutner, U.; Landthaler, M. (1998): Lasertechnologie in der Dermatologie: Quo vadis – Wissenschaft oder Geschäft? In: *Hautarzt* 49, S. 623-625
- Institut für Lasermedizin der Heinrich-Heine-Universität (2001): Aktuelles Kurzprofil der Forschungsaktivitäten des Institutes für Lasermedizin. Internet-Dokument, abgerufen am 23.02.2001, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MedFak/LaserMedizin/Kurzprofil.html>
- Institut für Medizinische Physik und Lasermedizin der Freien Universität Berlin (2001): Arbeitsschwerpunkte. Internet-Dokument, abgerufen am 23.02.2001, URL: <http://www.medizin.fu-berlin.de/imtpl>
- Jacobson, T. Z.; Barlow, D. H.; Garry, R.; Koninckx, P. (2002): Laparoscopic surgery for pelvic pain associated with endometriosis (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Jordan, R. E.; Cummins, C. L.; Burls, A. J. E.; Seukeran, D. C. (2002): Laser resurfacing for facial acne scars (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software.
- Kassenärztliche Bundesvereinigung (2002): Öffentliche Informationen des Arbeitsausschusses „Ärztliche Behandlung“ des Bundesausschusses der Ärzte und Krankenkassen, ergänzt um Informationen der KBV. Internet-Dokument, abgerufen am 20.06.2002, URL: <http://daris.kbv.de/daris/doccontent.dll?LibraryName=EXTDARIS^DMSSLAVE&SystemType=2&LogonId=7eeccdf5088c0fd75841e165c5261dd&DocId=003734052&Page=1>

- Kassenärztliche Bundesvereinigung, Spitzenverbände der Krankenkassen (2001): EBM Stand 2001 10 01. Internet-Dokument, abgerufen am 10.07.2002, URL: <http://daris.kbv.de/daris/daris.asp>
- Keller, U. et al. (1998): Erbium:YAG laser application in caries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance. In: *Journal of Dentistry* 26, S. 649-656
- Keuchel, L.; Beske, F. (1992): Minimally invasive surgery in the Federal Republic of Germany. In: *Health policy* 23, S. 49-65
- Kidd, B.; Stark, C.; McGhee, C. N. J. (1997): Screening for psychiatric distress and low self-esteem in patients presenting for excimer laser surgery for myopia. In: *Journal of Refractive Surgery* 13, S. 40-44
- Kimmig, W. (2000): Die Zukunft der dermatologischen Lasertherapie. Textfassung des Seminars „Laser“ während der 17. Fortbildungswoche für praktische Dermatologie und Venerologie
- Kipfer, B.; Carrel, T.; Schüpbach, P.; Althaus, U. (1997): Neue Techniken in der Herzchirurgie. *Praxis – Schweizerische Rundschau für Medizin* 86
- Kjerulff, K. H.; Pillar, B.; Mills, M. E.; Lanigan, J. (1992): Technology anxiety as a potential mediating factor in response to medical technology. In: *Journal of Medical Systems* 16, S. 7-13
- Kluge, N.; Sommenmoser, M. (2001): Für die Schönheit unters Messer legen? Über die Einstellungen der Deutschen zu Schönheitsoperationen. Internetpublikation der FSS, Juni 2001, Universität Landau, URL: <http://fss.uni-landau.de/schoenheitsoperationen.doc>
- Klump, R.; Plagens, M. (2000): Ist das Gesundheitswesen in Deutschland ein „Nachfragemotor“ für Fortschritte in der Medizintechnik? In: *ORDO – Jahrbuch für die Ordnung von Wirtschaft und Gesellschaft*, Bd. 51. Stuttgart: Lucius & Lucius, S. 355-382
- Kompetenznetze Optische Technologien – Optecnet (2002): Internet-Dokument, abgerufen am 12.07.2002, URL: <http://www.optecnet.de/index.html>
- Krappe, E.; Neubauer, G.; Seeger, T.; Sullivan, K. (2000): Die Bedeutung von Medizinprodukten im deutschen Gesundheitswesen. Berlin: Bundesverband Medizintechnologie e.V.
- Kulp, W.; Greiner, W.; Graf von der Schulenburg, J.-M. (2000): Verwendung des Eximer-Lasers in der refraktiven Augen Chirurgie. Ergebnisse einer Umfrage unter deutschen Augenärzten. In: *Ophthalmologie* 97, S. 758-763
- Lanzafame, R. J. (2001): Editorial. Practices, outcomes and paradigms: Factors causing a change in behavior. In: *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* 3, S. 119-120
- Lanzafame, R. J.; Hinshaw, J. R. (1992): Laser education, laser usage and surgical attitudes: A challenge for the future. In: *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* 4, S. 279-281
- Laser 2001 – World of Photonics und Fachkongress weisen Weg in der Lasermedizin (2001): Presseinformation Nr. 7 (Mai 2001). [http://www/195.24.101.163/deutsch/presse/pr/07\\_pm.html](http://www/195.24.101.163/deutsch/presse/pr/07_pm.html)

- Laser- und Medizin-Technologie gGmbH (2000): Erfolgreich in bundesweiten Wettbewerben: Laser- und Medizin-Technologie GmbH Berlin (LMTB) bezieht neue Räume. Internet-Dokument, abgerufen am 23.02.2001, URL: [http://www.investitionsbank.de/inno\\_archiv/medizintechnik/Ibb-01-01-08\\_Medizin.html](http://www.investitionsbank.de/inno_archiv/medizintechnik/Ibb-01-01-08_Medizin.html)
- Lenkungskreis Optische Technologien für das 21. Jahrhundert (2000): Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert. Düsseldorf
- Lenzen-Schulte, M. (2001): Gute Sicht, unklare Aussicht. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Nr. 166 vom 20.7.2001, S. 9
- Lethaby, A.; Hickey, M. (2002): Endometrial destruction techniques for heavy menstrual bleeding (Cochrane Review). In: The Cochrane Library, Issue 2. Oxford: Update Software.
- Lewotsky, K. (2001): Market makeovers. In: Spie's magazine, Nr. 9, S. 20-21
- Lodi, G.; Sardella, A.; Bez, C.; Demarosi, F.; Carrassi, A. (2002): Interventions for treating oral leukoplakia (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Lumenis (2002): Company Information: Overview. [http://www.lumenis.com/site/content/about/fact\\_sheet.asp](http://www.lumenis.com/site/content/about/fact_sheet.asp)
- Martin Medizintechnik (2001): <http://www.martin-med.com>
- Martin-Hirsch, P. L., Paraskevaïdis E., Kitchener H. (2002): Surgery for cervical intraepithelial neoplasia (Cochrane Review). In: The Cochrane Library, Issue 2. Oxford: Update Software
- May, D. (2001): November survey results: a look at medical technology. In: Modern Healthcare (January 8 2001), S. 65
- McDonald, M. B.; Carr, J. D.; Frantz, J. M.; Kozarsky, A. M.; Maguen, E.; Nesburn, A. B.; Rabinowitz, Y. S.; Salz, J. J.; Stulting, R. D.; Thompson, K. P.; Waring, III, G. O. (2001): Laser in situ keratomileusis for myopia up to -11 diopters with up to -5 diopters of astigmatism with the Summit Autonomous LADARVision excimer laser system. In: *Ophthalmology* 108, S. 309-316
- McGhee, C. N. J.; Orr, D.; Kidd, B.; Stark, C.; Bryce, I. G.; Anastas, C. N. (1996): Psychological aspects of Eximer-Laser surgery for Myopia. Reasons for seeking treatment and patients satisfaction. In: *Br J Med* 80, S. 874-879
- McLauchlan, G. J.; Handoll, H. H. G. (2002): Interventions for treating acute and chronic Achilles tendinitis (Cochrane Review). In: The Cochrane Library, Issue 2. Oxford: Update Software
- Medsolution (2002a): Ihre Vorteile mit LaserCat. Internet-Dokument, <http://www.medsolution.de/Deutsche%20Seiten/LaserCatdt.htm>, abgerufen am 08.07.2002
- Medsolution (2002b): "Soft Laser" / "Hard Laser". Internet-Dokument, <http://www.medsolution.de/SoftHardLaser.htm>, abgerufen am 08.07.2002
- Merrill, J. M.; Lorimor, R. J.; Thornby, J. I.; Vallbona, C. (1998): Reliance on high technology among senior medical students. In: *The American Journal of the Medical Sciences* 315, S. 35-39
- National Research Council (1998): Harnessing light – Optical Science and Engineering for the 21<sup>st</sup> Century. Washington D. C.: National Academy Press

- Odberg, T.; Jakobsen, J. E.; Hultgren, S. J.; Halseide, R. (2001): The impact of glaucoma on the quality of life of patients in Norway. In: *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 79, S. 116-120
- Oppenheim Research GmbH (2002): Biochips: Die Technologie und ihre wichtigsten Anwendungen. In: *Die innovative Gesellschaft – Nachfrage für die Lead-Märkte von morgen* (Reader zur Begleitung der Tagung des BMWi am Freitag, den 19. April 2002). Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, S. 85-90
- Optech Consulting (2001): Markt für Laserquellen legte um 93 % zu. <http://www/195.24.101.163/deutsch/presse/pr/14.pm.html>
- Orr, D.; Sidiki, S. S.; McGhee, C. N. J. (1998): Factors that influence patient choice of an eximer laser treatment center. In: *J Cataract Refract Surg* 24, S. 335-340
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt (1998): Jahresbericht 1998 -Abteilung Medizinphysik und metrologische Informationstechnik. Internet-Dokument, abgerufen am 10.07.2002, URL: <http://www.ptb.de/de/publikationen/jahresberichte/jb98/148.pdf>
- Quah, B. L.; Wong, E. Y.; Tseng, P. S.; Low, C. H.; Tan, D. T. (1996): Analysis of photorefractive keratectomy patients who have not had PRK in their second eye. In: *Ophthalmic Surgery and Lasers* 27, S. 429-434
- Raulin, C.; Drommer, R. B.; Schönermark, M. P.; Werner, S. (1997): Gesichtsfalten – Ultragepulster CO<sub>2</sub>-Laser: Alternative oder Ergänzung zum chirurgischen Face Lifting? In: *Laryngo-Rhino-Otol.* 76, S. 351-357
- Raulin, C.; Greve, B.; Raulin, S. (2001): Ethical considerations concerning laser medicine. In: *Lasers in Surgery and Medicine* 28, S. 100-101
- Raulin, C.; Kimmig, W.; Werner, S. (2000): Lasertherapie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin – Nebenwirkungen, Komplikationen und Behandlungsfehler. In: *Hautarzt* 51, S. 463-473
- Reger, G.; Schmoch, U. (eds) (1996): *Organisation of Science and Technology at the Watershed*. Heidelberg: Physica (Technology, Innovation, and Policy, Vol.3), 426 S.
- Roberts, D.; Neilson, J. P.; Weindling, A. M. (2002): Interventions for the treatment of twin-twin transfusion syndrome (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software
- Roberts, T. L.; Pozner, J. N. (2000): Lasers, facelifting and the future. In: *Clinics in plastic surgery* 2, S. 293-299
- Rosén, P.; Anell, A.; Hjortsberg, C. (2001): Patient views on choice and participation in primary health care. In: *Health policy* 55, S. 121-128
- Röstermund, A.; Westphal, R.; Raspe, H. (2001): Relevanz und Finanzierung von Gesundheitsleistungen: Eine Befragung von Ärzten, Studenten, Patienten, In: *Pflegepersonal und Senioren*. *Gesundheitswesen* 63, S. 311-318
- Schwartz, F. W. (1995): Die Rolle formeller und informeller Beratungsgremien bei der Implementation neuer Technologien im deutschen Gesundheitswesen. In: *Medizinische Forschung* 8, S. 255-267
- Shakespeare, V.; Shakespeare, P.; Cole, R. P. (1998): Measuring patient satisfaction with Pulsed Dye Laser treatment of vascular lesions. In: *Lasers Med. Sci.* 13, S. 253-259
- Smith, T. A.; Thompson, J. A.; Lee, W. E. (1993): Assessing patients pain during dental laser treatment. In: *JADA* 124, S. 90-95

- Sommer, S.; Render, C.; Burd, R.; Sheehan-Dare, R. (1998): Ruby laser treatment for hirsutism: Clinical response and patient tolerance. In: *British Journal of Dermatology* 138, S. 1009-1014
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (1998): Gesundheitsbericht für Deutschland. Stuttgart: Metzler-Poeschel
- Stratigos, A. J.; Dover, J. S.; Arndt, K. A. (2000): Laser treatment of pigmented lesions-2000. In: *Archives of Dermatology* 136, S. 915-921
- Tan, E.; Vinciullo, C. (1996): Pulsed dye laser treatment of port-wine stains. A patient questionnaire. In: *Dermatologic Surgery* 22, S. 119-122
- Ter Riet, G.; van Houtem, H.; Knipschild, P. (1992): Health-care professionals' views of the effectiveness of pressure ulcer treatments. In: *Clinical and Experimental Dermatology* 17, S. 328-331
- Thielmann, L. (2002): Perspektiven für die Selbstbestimmung im Gesundheitswesen. In: *TA-Informationen* 1/2002, S. 3-8
- Thielmann, L.; Rohr, M.; Schade, D. (2002): Der Nutzer im Gesundheitswesen. In: *TA-Informationen* 1/2002, S. 9-12
- Thoma, M. (2000): Der Erbium-Yag-Laser. Einsatzmöglichkeiten in den verschiedenen zahnärztlichen Fachdisziplinen. In: *Zahnärzte in Bayern* 7/8
- Trelles, M. A.; Pardo, L.; García-Solana, L. (2000): Patients' worries regarding laser resurfacing (letter). In: *Annals of Plastic Surgery* 44, S. 115-116
- Troidl, H. (1995): Minimal-invasive Operationsverfahren: Können sie halten, was sie versprechen? In: *Medizinische Forschung* 8, S. 75-103
- VDI-Technologiezentrum (Hrsg.) (2000a): Optische Technologien „made in Germany“. Düsseldorf: VDI-Technologiezentrum
- VDI-Technologiezentrum (Hrsg.) (2000b): Technologieanalyse Lasergestützte Verfahren für das Hochdurchsatzscreening. Düsseldorf: VDI-Technologiezentrum
- Vereinigung der Deutschen Plastischen Chirurgen (2001): Hautbehandlung (Skin-Resurfacing) mit Laser. Internet-Dokument, abgerufen am 12.06.2002, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/chvpc016.htm>
- Wagner, R. F.; Brown, T.; Archer, R. E.; Uchida, T. (1998): Dermatologists' attitudes toward independent nonphysician electrolysis practice. In: *Dermatol. Surg.* 24, S. 357-363
- Wagner, R. F.; Brown, T.; McCarthy, E. M.; McCarthy, R. A.; Uchida, T. (2000): Dermatologist and electrologist perspectives on laser procedures by nonphysicians. In: *Dermatol. Surg.* 26, S. 723-727
- Watson, A.; Vandekerckhove, P.; Lilford, R. (2002): Techniques for pelvic surgery in subfertility (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software.
- Wheeler, J. (2002): Europe sees growth amid saturated medical market. *Optol Laser Europe*, Nr. 2. <http://www/optics.org/article/ole/contents/1/92/1?yeras=2002&month=21>
- White, A. R.; Rampes, H.; Ernst, E. (2002): Acupuncture for smoking cessation (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software

- Wigdor, H. (1997): Patients' perception of lasers in dentistry. In: *Lasers in Surgery and Medicine* 20, S. 47-50
- Wilkinson, C. (2002): Interventions for asymptomatic retinal breaks and lattice degeneration for preventing retinal detachment (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2. Oxford: Update Software.
- Williams, B.; Coyle, J.; Hely, D. (1998): The meaning of patient satisfaction: An explanation of high reported levels. In: *Social Science & Medicine* 47, S. 1351-1359





## **9. Technologiefeldübergreifende Analyse**

Nachdem in den Kapiteln 4 bis 8 die Technologiefelder Produktionstechnologie, Nanotechnologie, IuK-Technologien mit Schwerpunkt Internet und Mobilkommunikation, Neue Verkehrstechnologien mit Schwerpunkt Verkehrstelematik sowie Lasertechnologie in der Medizin einzeln untersucht wurden, soll in diesem Kapitel eine technologiefeldübergreifende, vergleichende Analyse vorgenommen werden. Dadurch wird eine zusätzliche Reflexionsebene beschrrieben, in der ein Gesamtbild entworfen werden soll. Hierdurch sollen Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der untersuchten Technologiefeldern erkannt, in allen Technikfeldern anzutreffende „Grundmuster“ herausgearbeitet und Spezifika, Besonderheiten und Detailbefunde in den Technologiefeldern in dieses Gesamtbild eingeordnet werden. Dies soll es auch ermöglichen, technologiefeldübergreifende Schlussfolgerungen zu ziehen und Empfehlungen abzuleiten.

### **9.1 Vergleichende Charakterisierung der Technologiefelder**

#### **9.1.1 Auswahl der Technologiefelder auf Grund ihrer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands**

Welche Technologiefelder in dieser Studie im Hinblick auf den Zusammenhang von Akzeptanz, Nachfragemuster und Standortvorteil untersucht werden sollten, war vom Auftraggeber, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, vorgegeben worden. Es hatte mit

- Produktionstechnologie,
- Nanotechnologie,
- IuK-Technologien,
- Neuen Verkehrstechnologien sowie
- Lasertechnologie in der Medizin

fünf Technologiefelder ausgewählt, in denen Deutschland einen hohen Stand in der wissenschaftlich-technologischen Leistungsfähigkeit aufweist und denen eine wesentliche, jedoch unterschiedliche Bedeutung für die aktuelle bzw. künftige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zugemessen wird. Diese wird im Folgenden skizziert.

Das **Technologiefeld „Produktionstechnologie“**, hier definiert und abgegrenzt als Produktions- und Fertigungstechnik einschließlich Maschinenbau, stellt eine traditionelle Stärke Deutschlands dar und ist von großer Bedeutung für Beschäftigung, Export und Produktivität. Die Wettbewerbsposition Deutschlands in der Produktionstechnik ist außerordentlich gut, der deutsche Maschinenbau spielt eine führende Rolle auf dem Weltmarkt und erzielt regelmäßig einen großen Anteil der deutschen Exportüberschüsse. Einigen Marktsegmenten kommt in Deutschland durchaus Leitmarktcharakter zu; dies trifft insbesondere auf die Automobilindustrie zu. Aber auch werkstatorientierte Programmierverfahren, innovative Werkzeugmaschinenkonzepte, Automatisierungstechnik ohne Roboter, Druck- und Papiertechnik, Textilmaschinen, Umweltechnologien bzw. produktionsintegrierter Umweltschutz sowie Recyclingtechnologien haben Leitmarktcharakter.

Demgegenüber ist das **Technologiefeld „Nanotechnologie“** noch ein vergleichsweise junges Technologiefeld, in dem grundlegendes Wissen erst noch erarbeitet werden muss. Die Nanotechnologie wird als Schlüsseltechnologie eingestuft mit dem Potenzial, einen neuen „Werkzeugkasten“ zu eröffnen, der verbesserte und neuartige Produktionsprozesse, Vor- und Endprodukte sowie Dienstleistungen möglich machen und vielfältige Bereiche durchdringen kann. Die wissenschaftlich-technologische Ausgangsposition Deutschlands in der Nanotechnologie wird als sehr gut eingeschätzt. Erwartungen an die Nanotechnologie in Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bestehen in

- der Anknüpfung an traditionelle Stärken Deutschlands mit führender Wettbewerbsposition (so z. B. in der Automobilindustrie, Umwelttechnik, Präzisionstechnik),
- dem Erhalt und Ausbau der führenden, aber durch internationale Wettbewerber in Teilbereichen gefährdeten Position bei hochwertigen Technologien und forschungsintensiven Gütern (z. B. in der Chemie, in der Pharmaindustrie),
- in der Erlangung einer führenden Wettbewerbsposition durch frühzeitiges Aufgreifen der Nanotechnologie in Teilmärkten, in denen Deutschland noch keine sehr gute Wettbewerbsposition erlangt hat, z. B. in Teilbereichen der Halbleitertechnik, der Mikroelektronik und der IuK-Technologien, der Biotechnologie.

Das **Technologiefeld „Informations- und Kommunikationstechnologie“** gilt als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. In einer global vernetzten Informationsgesellschaft stellt eine moderne IuK-Infrastruktur einen wesentlichen Standortfaktor dar, um lokalen Wirtschaftseinheiten den Zugang zum globalen Handelsraum zu ermöglichen und eine hohe Mobilität von Gütern und wirtschaftlichen Akteuren zu gewährleisten. Medienkompetenz in der Anwendung von IuK-Technologien gilt als künftige Kernkompetenz bei Humanressourcen. In den Teilbereichen Internet und Mobilkommunikation, auf die auch in dieser Studie der Schwerpunkt gelegt wurde, weist Deutschland im Hinblick auf die wissenschaft-

lich-technologische Leistungsfähigkeit eine gute Wettbewerbsposition auf, die sich in den letzten Jahren deutlich verbessert hat.

Eine leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur ist wesentlicher Bestandteil eines starken und dynamischen Wirtschaftsstandorts Deutschland sowie zentrale Voraussetzung für Wachstum und Beschäftigung. Von ihr hängen die Wettbewerbsfähigkeit der Regionen und die Stärkung strukturschwacher Räume ab. Auf Grund seiner geografischen Lage ist Deutschland in besonderem Maße von der europäischen Ost-Erweiterung und dem Transitverkehr betroffen. Angesichts sich abzeichnender Kapazitätsgrenzen hängt die gesamtwirtschaftliche Leistungsfähigkeit Deutschlands von einer effizienteren Vernetzung der Verkehrsträger, neuen Logistikkonzepten und nachhaltigen Mobilitätskonzepten ab. Dabei stehen der Erhalt bzw. die Erhöhung der Mobilität sowie die gleichzeitige Eindämmung negativer Verkehrswirkungen (z. B. staubedingte Zeitverluste, Kraftstoffmeherverbrauch, Unfälle, ökologische Auswirkungen) im Mittelpunkt. Hierzu kann auch die Verkehrstelematik, d. h. die Verknüpfung des Verkehrssystems mit *Telekommunikation* und *Informatik*, die im **Technologiefeld „Neue Verkehrstechnologien“** untersucht wurde, einen Beitrag leisten. Im Vergleich der großen Wirtschaftsregionen ist Deutschland im Bereich der Telematikanwendungen gut positioniert (Leitmarkt Automobilindustrie, Führungsposition in Bezug auf den FuE-Stand, zunehmender Einbau in die Fahrzeugflotte), doch muss diese Position noch zum Erschließen von Anwendungen, die auf eine breite Nachfrage stoßen, genutzt werden.

Das **Technologiefeld „Lasertechnologie in der Medizin“** stellt nur einen kleinen Teilbereich innerhalb der Schlüsseltechnologie Optische Technologien dar, doch weist Deutschland gerade in diesem, als zukunftssträftig eingeschätzten Bereich der Optischen Technologien in der Bio-Medizin in Bezug auf die technologische Leistungsfähigkeit eine gute Ausgangsposition auf. Generell ist der Markt der Lasermedizin durch einen schnellen weltweiten Technologie- und Innovationswettbewerb mit kurzen Produktzyklen geprägt. Chancen werden insbesondere denjenigen Unternehmen eingeräumt, denen es kontinuierlich über einen längeren Zeitraum gelingt, neue Behandlungsverfahren und -technologien zu wirtschaftlich interessanten Konditionen für Ärzte und den Kosmetikbereich zu entwickeln und in den Markt einzuführen. International wichtige Trends auf der Nachfrageseite, so z. B. der gesellschaftliche Bedarf nach erstmaligen, wirksamen und kosteneffizienten Behandlungsmöglichkeiten, der Life-Style-Trend und das gestiegene Körperbewusstsein verbunden mit hoher Kaufkraft und Zahlungsbereitschaft sowie eine anhaltende Diversifikation von Arztpraxisleistungen in den Bereich privat bezahlter Leistungen sind auch in Deutschland bzw. Europa gegeben. Im Vergleich zu den anderen Technologiefeldern dieser Untersuchung dürfte der Lasermedizin jedoch die geringste absolute Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zukommen.

Tabelle 9.1 fasst die Bedeutung dieser Technologiefelder für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zusammen.

Tabelle 9.1: Bedeutung der untersuchten Technologiefelder für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands

Technologiefeld	Wissenschaftlich-technologische Leistungsfähigkeit im Vergleich zu Wettbewerbern	Umsetzung in Anwendungen, Produkte, Dienstleistungen
Produktionstechnologie	++	++
Nanotechnologie	+	++?
IuK-Technologien	0	+?
Verkehrstelematik	++	++?
Lasermedizin	+	+?

++: führende Position

+: ähnlich gut wie Wettbewerber

0: in Teilbereichen Rückstand gegenüber Wettbewerbern

?: Erwartung an die zukünftige Entwicklung

### 9.1.2 Techniktyp

Bei der Erhebung der vorherrschenden Einstellungen in der Bevölkerung gegenüber Wissenschaft und Technik zeigte sich, dass offenbar bestimmte „Techniktypen“ existieren, für deren Bewertung bestimmte Kriterien und Determinanten in unterschiedlicher Wichtung herangezogen werden, sie also unterschiedliche Bewertungsmuster „aktivieren“ (Renn et al. 1997). Diese Techniktypen sind in Tabelle 9.2 dargestellt und werden dort und im folgenden Text kurz erläutert und charakterisiert. In Tabelle 9.3 wird eine Zuordnung dieser Techniktypen zu den hier untersuchten Technologiefeldern vorgenommen. Es ist zu beachten, dass in bestimmten Fällen ein und dieselbe Technikanwendung in verschiedene Techniktypen eingeordnet werden kann. In Abhängigkeit vom jeweiligen Kontext kann dementsprechend dieselbe Anwendung – sogar bei derselben Person – unterschiedliche Bewertungsmuster, je nach Situation und Lebensumfeld, mobilisieren.

Tabelle 9.2: Techniktypen und ihre Charakterisierung

Techniktyp	Charakterisierung	Beispiele aus den Technologiefeldern
Produkt-, Alltags- und Freizeittchnik	Am breitesten akzeptierter Techniktyp; Akzeptanz einzelner Artefakte erfolgt am Markt über Kauf, Nutzung, Anwendung; Entscheider und Nutzer sind häufig dieselbe Person Beurteilung anhand konsumbezogener Werte Risiken erscheinen gering, zumindest aber kontrollierbar bzw. vermeidbar durch Nicht-Nutzung entsprechender Produkte Konfliktthemen: Qualität und Haftung	Produktionstechnologie: CAD-Systeme für den Hobbybereich Nanotechnologie: Kosmetika, Farben und Lacke mit Nanopartikeln, Baustoffe mit nanostrukturierten Oberflächen E- und M-Commerce: Internetauktionen, E-Banking, E-Mail und Online-Chat per Handy, Fernsteuerung von Hausgeräten per Handy Verkehrstelematik: individuelle Informations-, Zielführungs- und Routenplanungssysteme Lasermmedizin: Laserbasierte Haarentfernung für Heimamwender
Technik in der Arbeitswelt	Entscheider über Techniknutzung, tatsächliche Anwender sowie Betroffene (z. B. Anwohner) häufig unterschiedlichen Akteursgruppen zuzuordnen Beurteilung (durch Entscheider) anhand leistungsbezogener, materialistischer Werte Konfliktthemen: inwiefern bzw. unter welchen Umständen erfolgt eine angemessene Nutzung der technischen Optionen	Produktionstechnologie: Industrieroboter, CNC-Werkzeugmaschinen, vollautomatische Produktion, Expertensysteme, CIM Nanotechnologie: Verfahren zur Oberflächenbearbeitung, auf Nanotechnologie basierende Sensoren und Katalysatoren E- und M-Commerce: digitalisierte Geschäftsprozesse Verkehrstelematik: Informations-, Zielführungs- und Routenplanungssysteme, Flottensteuerung in Logistikunternehmen Lasermmedizin: Laserchirurgie
Groß- und Risiko-technologie	Am ehesten akzeptanzfähiger Techniktyp Hohes Katastrophenpotenzial, Technik erscheint unzureichend kontrollierbar Risiken: unfreiwillige Übernahme, Risiken und Nutzen erscheinen ungleich verteilt Hoher Stellenwert von Emotionen Beurteilung anhand postmaterialistischer Werte	Produktionstechnologie: Kernkraftwerke, Großchemie Nanotechnologie: sich selbst vervielfältigende Nanoroboter und -produktionseinrichtungen E- und M-Commerce: UMTS-Sendemasten Verkehrstelematik: Erstellung von Bewegungsprofilen von Individuen Lasermmedizin: -

Tabelle 9.3: Techniktypen in den untersuchten Technologiefeldern

Techniktyp	Produktions- technologie	Nano- technologie	E- und M- Commerce	Verkehrs- telematik	Laser- medizin
Produkt-, Alltags- und Freizeittechnik	nicht untersucht	×	×	×	×
Technik in der Arbeitswelt	×	×	×	×	×
Groß- und Risiko- technologie	nicht untersucht	×	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht relevant

Zur **Produkttechnik**, **Alltagstechnik**, **Freizeittechnik** gehören vor allem technische Artefakte (Waschmaschine, Handy, Auto etc.). Inwieweit konkrete Technikanwendungen, die diesem Techniktyp zuzuordnen sind, tatsächlich akzeptiert sind, zeigt sich am Markt über Nachfrage, Kauf und Nutzung (Tab. 9.2). Bei Alltags-, Produkt- und Freizeittechnik werden vor allem konsumbezogene Werte zur Technikbewertung herangezogen (z. B. Steigerung des Komforts, Ausgleich für stressreiches Berufsleben, als Spielzeug). Von den hier untersuchten Technologiefeldern zielen E- und M-Commerce sowie die Verkehrstelematik vorwiegend auf den Anwendungsbereich der Produkt-, Alltags- und Freizeittechnik, da nur durch Erschließung der Gruppe der Privatanwender die erforderliche kritische Masse zur Erreichung positiver Netzwerkeffekte möglich erscheint. Auch in der Lasermedizin stellt der Bereich der kosmetischen Anwendungen, die auf kommerzielle Anwender außerhalb des „klassischen“ Gesundheitssystems bzw. den Heimanwender zielen, ein noch junges, jedoch stark wachsendes Marktsegment dar. Die Nanotechnologie hat bereits einige Produkte wie z. B. bestimmte Kosmetika, Lacke oder Baumaterialien hervorgebracht, die dem privaten Endnutzer zugänglich sind; eine breite Palette nanotechnologiebasierter Produkte für den Alltags- und Freizeitgebrauch wird für die Zukunft erwartet. Vereinzelt dringen auch Anwendungen der Produktionstechnologie in den Bereich der Produkt-, Alltags- und Freizeittechnik ein, meist in Form „abgespeckter“ Varianten für den Hobby- und Bastlerbedarf, doch wurden diese Anwendungen wegen ihrer vergleichsweise geringen Bedeutung in dieser Studie nicht näher untersucht (Tab. 9.3). Sofern Risiken wahrgenommen werden, erscheinen sie meist kontrollierbar, u. a., weil vielfältige Erfahrungen im alltäglichen Umgang mit diesen Technikanwendungen und ihren Risiken gesammelt werden konnten. Zudem kann man sich von diesen Technikanwendungen bzw. ihren Risiken weitgehend fern halten, indem man sie einfach nicht nutzt. Sofern es Konfliktthemen gibt, betreffen sie meist Aspekte der Qualität, der Haftung und des Verbraucherschutzes, die in der Regel über entsprechende rechtliche Regelungen oder ent-

sprechende „sichere, präventiv wirkende Gestaltung“ der Technik beigelegt werden können.

Alle hier untersuchten Technologiefelder weisen einen (aktuellen) Schwerpunkt bei der **Technik in der Arbeitswelt** auf (Tab. 9.3), wo die jeweiligen Technikanwendungen als Werkzeug in Forschung und Entwicklung (vor allem Nanotechnologie), in Produktionsprozessen (Nanotechnologie, Produktionstechnologie) bzw. bei der Erbringung von Dienstleistungen (E- und M-Commerce, Logistikdienstleistungen, lasermedizinische Behandlungen) eingesetzt werden. Als Maß für die Akzeptanz von Technik in der Arbeitswelt wird zum einen der Ausstattungsgrad der Betriebe mit diesen Technikanwendungen, zum anderen aber auch die aktive, und zwar aufgaben- und sachgemäße Nutzung herangezogen. Diese Unterscheidung ist deshalb von Belang, da in der Regel diejenigen, die die Kaufentscheidung treffen, nicht diejenige Personen sind, die diese Technik letztlich auch aktiv verwenden müssen. Diese beiden Gruppen ziehen dabei durchaus unterschiedliche Kriterien mit unterschiedlicher Gewichtung zur Bewertung der Technikanwendungen heran, woraus Konflikte resultieren können (s. Kap. 9.1.4). Teilweise erfolgt die Nutzung bestimmter Technikanwendungen, z. B. bei den IuK-Technologien, zunächst in der Arbeitswelt und hält von dort aus Einzug in die Alltagswelt und private Nutzung.

**Groß- und Risikotechnologien** sind von allen Techniktypen am ehesten akzeptanzgefährdet, wenn sie als externe Risikotechnologie wahrgenommen werden. Unter „externer Technik“ wird ein großtechnisches Projekt („Technik in der Nachbarschaft“) verstanden, dem ein hohes Katastrophenpotenzial zugeschrieben wird. Die damit verbundenen Risiken werden als nur unzureichend kontrollierbar angesehen, und zudem wird die Übernahme dieser Risiken als aufgezwungen, nicht als freiwillig eingegangen, wahrgenommen. Nutzen und Risiken bzw. Lasten werden als sozial ungleich verteilt empfunden. Externe Techniken, die auf große Ablehnung stoßen, sind z. B. Waffentechnik, Energiewirtschaft mit Schwerpunkt Kernenergie, Chemieindustrie, Gentechnik, Abfallbehandlungsanlagen (Renn et al. 1997, S. 26). Bei der Bewertung dieser Technologien spielen auch emotionale Aspekte eine große Rolle, d. h. wie stark diese Technologie z. B. Begeisterung oder Angst auslöst, inwieweit ihr Symbolcharakter zukommt (steht z. B. für Kapitalismus, Globalisierung, Großkonzerne, Establishment, Technokratentum). Zur Bewertung werden zudem meist Werte des Postmaterialismus herangezogen (z. B. Umweltverträglichkeit, Beitrag zu sozial erwünschten Entwicklungen).

Mit Ausnahme der Lasermedizin lassen sich in allen hier untersuchten Technologiefeldern Anwendungen identifizieren, die Charakteristika von Groß- und Risikotechnologien aufweisen, so z. B. Kernkraftwerke und Großchemie in der Produktionstechnik, der „Überwachungsstaat“ in der IuK-Technologie, bei Verkehrstelematik- und Nanotechnologieranwendungen, Gesundheitsgefährdungen durch Mobilfunk-Sendemasten in der IuK-Technologie sowie Nanopartikelemissionen aus Produktionsanlagen. Mit Ausnahme der Mobilfunk-Sendemasten sowie der Nanotechnolo-

gieanwendungen (s. Kap. 9.1.4) fielen die genannten Groß- und Risikotechnologieanwendungen jedoch nicht in die für diese Untersuchung gewählte Definition und Abgrenzung der jeweiligen Technologiefelder; sie stellen keinen aktuellen Anwendungsschwerpunkt bzw. Schwerpunkt der öffentlichen Diskussion dar und wurden daher hier nicht untersucht (Tab. 9.3).

Als Maß für die Akzeptanz dient die politische Partizipation formeller Art (z. B. Verhalten in Abstimmungen, Genehmigungsverfahren, Raumordnungsverfahren, Planfeststellungsverfahren) oder informeller Art (z. B. Bildung von Bürgerinitiativen, Protestverhalten, Bauplatzbesetzungen, Zerstörung von Anlagen). Von der faktischen Akzeptanz externer Technik ist bei Tolerieren einer entsprechenden Anlage in der Nachbarschaft auszugehen.

Konfliktthemen betreffen vor allem

- technikbezogene Vor- und Nachteile einer Anlage,
- Missbrauchsmöglichkeiten der Technik, mangelndes Vertrauen in die Wirksamkeit politisch-administrativer Kontrolle, mögliche soziale und ökologische Konsequenzen bei Markt- und Politikversagen,
- Art des Umgangs mit unsicherer bzw. unvollständiger Wissensbasis,
- Interessen, Rechte, Zuständigkeiten,
- zu Grunde liegende Visionen von wünschenswerter Zukunft, zu Grunde liegende Leitbilder, angemessene Technik zur Umsetzung der leitenden Grundwerte,
- gerechte soziale bzw. regionale Aufteilung von Nutzen und Risiken,
- Unbehagen gegenüber der Verflochtenheit von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft.

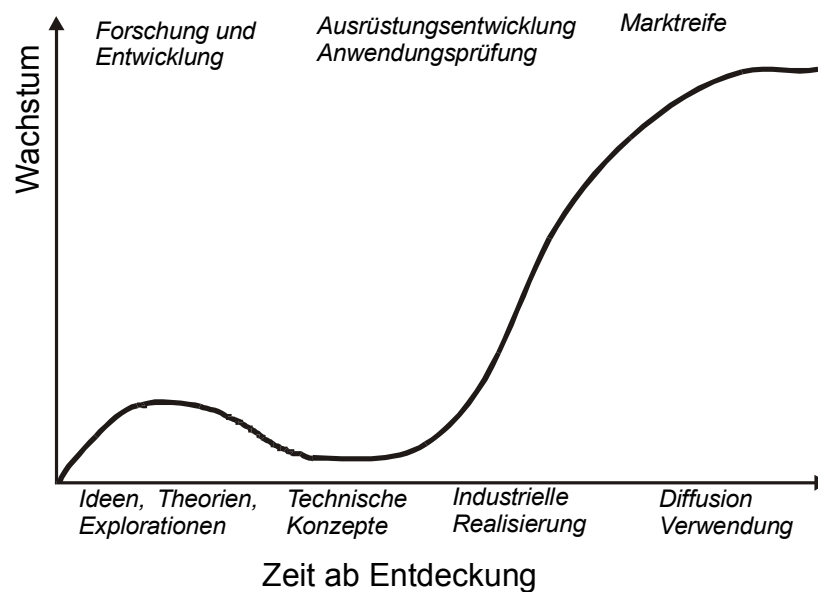
### **9.1.3      Schwerpunkte der Innovationstätigkeit in den Technologiefeldern**

Um den zeitlichen Verlauf von Innovationen abzubilden, werden in der ökonomischen Literatur S-kurvenförmige Verläufe der Marktentwicklung vorgeschlagen, die auch vormarktlische Phasen berücksichtigen können (Abb. 9.1). Im Verlauf zeigt sich zunächst eine frühe Wachstumsphase, die durch hohe Erwartungen an die neue Technologie gekennzeichnet ist. Danach ergeben sich auf Grund der Komplexität des Gebiets Probleme der technischen Realisierung, was zu einem temporären Rückgang des Wachstums führt („Phase der Ernüchterung“) und auch neue, grundlegende Forschungsfragen aufwerfen kann. Erst nach Lösung dieser Probleme erfolgt ein allmählicher Anstieg bis hin zur umfassenden Marktverbreitung und Marktsättigung (Höft 1992; Schmoch 2002). Diese S-Kurve kann sowohl einen idealisierten Innovationsverlauf für ausgewählte Innovationen, aber auch die Innovationsverläufe einer Vielzahl von Innovationen innerhalb eines Technologiefeldes



darstellen – wobei sie im letzteren Fall als Summenkurve eines ganzen Bündels innovationsspezifischer Kurvenverläufe aufzufassen ist. In dieser Art der Darstellung werden jedoch die zeitlich parallelen Entwicklungen in Wissenschaft, Technologie und Produktentwicklung sowie die komplexen Rückkopplungsmechanismen sowie interaktiven Beziehungen zwischen Wissenschaft, Technologie, Produktion, Politik und Nachfrage optisch nicht deutlich (vgl. Kap. 3.2), sondern müssten als „dem Kurvenverlauf hinterlegt“ mitgedacht werden.

Abbildung 9.1: Typischer Verlauf von Innovationen



Darstellung in Anlehnung an Schmoch (2001)

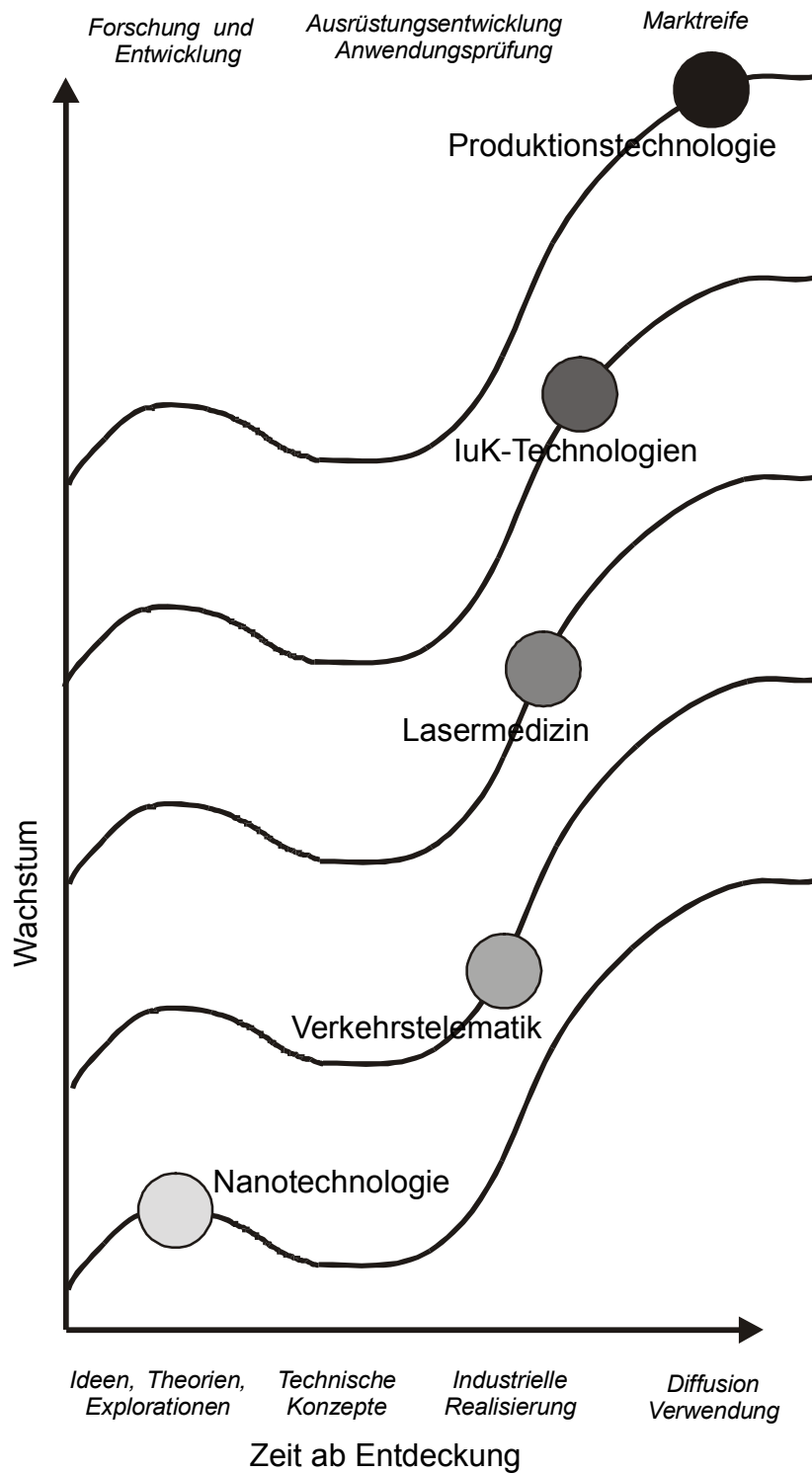
In Abbildung 9.2 wird diese S-Kurve als Summenkurve eines Bündels innovationsspezifischer Kurvenverläufe im jeweiligen Technologiefeld aufgefasst, und durch einen Punkt wird diejenige Innovationsphase gekennzeichnet, in der sich der überwiegende Teil der Innovationen des betreffenden Technologiefeldes befindet.

Aus Abbildung 9.2 lässt sich ablesen, dass das **Technologiefeld „Produktionstechnologie“** als reifes Technologiefeld mit langer Historie zu charakterisieren ist. Es dominieren inkrementelle Innovationen, jedoch mit einer zunehmenden wissenschaftlichen Verankerung, insbesondere wegen der zunehmenden Integration von IuK-Technologien. Die Folgen technischer Innovationen sind hier besser abzuschätzen als in anderen Technologiefeldern, da in näherer Zukunft keine dramatischen Umbrüche bzw. Innovationen zu erwarten sind. Erst mittel- bis langfristig sind Nanotechnologie und Biotechnologie zu adoptieren. Mit der Reife des Technologiefeldes gehen etablierte Netzwerke und eingespielte Mechanismen des Innovationsmanagements und der Konfliktbewältigung einher.

Die **Technologiefelder IuK-Technologien, Lasermedizin und Verkehrstelematik** befinden sich schwerpunktmäßig in Innovationsphasen, in denen technische Konzepte so weit entwickelt sind, dass sie industriell realisiert und auf den Markt eingeführt werden bzw. teilweise auch neue Anwendungsbereiche bzw. Nutzergruppen erschlossen werden (Abb. 9.2). Die hier untersuchten Teilbereiche in den Technologiefeldern „IuK-Technologien“ und „Neue Verkehrstechnologien“ haben gemeinsam, dass sie Infrastrukturcharakter haben bzw. ihre Nutzung eine entsprechende Infrastruktur voraussetzt, die sich zurzeit im Aufbau befindet bzw. deren Aufbau weitgehend abgeschlossen ist. Das Technologiefeld „Lasertechnologie in der Medizin“ ist zum einen durch eine starke und zudem interdisziplinäre Wissenschaftsbindung in den Disziplinen Physik/Optik und Medizin geprägt. Zum anderen können ökonomisch interessante Marktsegmente innerhalb des stark regulierten deutschen Gesundheitsmarkts nur erschlossen werden, wenn eine breite Diffusion über forschungsnahe Pilotanwender hinaus in Facharztpraxen erfolgt, die vor allem dadurch begünstigt würde, dass die Kosten lasermedizinischer Behandlungen durch die Krankenkassen übernommen würden. Einen weiteren Massenmarkt stellt der Kosmetikbereich dar, der jedoch andere strukturelle Merkmale und Mechanismen als der traditionelle Gesundheitsmarkt aufweist.

Das **Technologiefeld „Nanotechnologie“** birgt zwar das Potenzial zur breiten Durchdringung aller Wirtschafts- und Lebensbereiche, doch ist dieses Potenzial noch nicht realisiert und daher zurzeit eher hypothetisch. Der Schwerpunkt der Innovationstätigkeit liegt im Bereich der inter- und transdisziplinären Forschung und Entwicklung, dem Entwurf erster technischer Konzepte sowie ersten Markteinführungen durch Pionierunternehmen. Die entsprechenden Produkte dürften aber überwiegend Weiterentwicklungen bekannter Produkte, jedoch noch keine Produkte mit einzigartiger, neuartiger Qualität sein.

Abbildung 9.2: Schwerpunkte der Innovationstätigkeit in den untersuchten Technologiefeldern



### 9.1.4 Ausprägung von Akzeptanz und Nachfrage in verschiedenen Akteursgruppen

Im Folgenden wird zunächst für die untersuchten Technologiefelder, anschließend technologiefeldübergreifend dargestellt, welche Akteure und ihre Interaktionen in den jeweiligen Technologiefeldern in Abhängigkeit vom jeweiligen Schwerpunkt der Innovationsphasen und Stufen der Wertschöpfungskette für die Aufgabenstellung dieser Untersuchung von besonderer Relevanz sind (vgl. auch Kap. 3.4).

Produkte und Dienstleistungen des Technologiefeldes „**Produktionstechnologie**“ zielen auf den Einsatz in Industrie und Gewerbe. Daher trifft die allgemeine Bevölkerung keine Nachfrageentscheidungen, ihre Einstellung gegenüber der Technik spielt für die Nachfrage eine untergeordnete Rolle. Für Akzeptanz und Nachfrage wichtigste Subjekte sind die verantwortlichen Manager oder Eigentümer in Industrie und Gewerbe. Entwickler, Anbieter und Abnehmer von Produktionstechnik stellen insofern eine relativ homogene Gruppe dar, als ihre Entscheidungen geprägt sind von Peer-Group-Diskursen (Verbände), leistungsbezogenen Bewertungskriterien und „rationalen“ Bedarfen. Arbeitnehmer zusammen mit Betriebs- und Personalräten sind die eigentlichen Nutzer bzw. Anwender der Produkte und Dienstleistungen. Nur selten sind sie an Entscheidungen über das Ob des Einsatzes produktionstechnischer Innovationen beteiligt, haben jedoch erheblichen Einfluss in Bezug auf das Wie des Technikeinsatzes.

Bedingt durch das frühe Entwicklungsstadium der **Nanotechnologie** beschränkt sich aktuell der Kreis der Hauptakteure auf Forschung und Entwicklung, sowie erste anwendende Unternehmen als Nutzer. Die Politik verfolgt das Ziel der Innovationsförderung und Stärkung der Leistungsfähigkeit und ist dadurch stark an der Rahmensetzung, d. h. an der Schaffung günstiger Rahmenbedingungen in diesem Forschungsfeld beteiligt. Wie in allen frühen Phasen der Technologieentwicklung sind Kapitalgeber und Analysten im Umfeld vertreten. Die Endverbraucher und die Bevölkerung sind aktuell von untergeordneter Bedeutung, zum einen, weil bislang kaum Produkte marktnah bzw. auf dem Markt sind, die sich an diese Zielgruppe richten, zum anderen, weil der Bevölkerung noch nicht bewusst ist, inwieweit Nanotechnologie auch in ihre Lebensbereiche einzudringen vermag.

Die Akteure der für das Technologiefeld Informations- und Kommunikationstechnologie so bedeutenden Anwendungsfelder **E- und M-Commerce** setzen sich aus Anbietern und Nachfragern der Bereiche private Nutzung, geschäftliche Nutzung und öffentliche Verwaltung zusammen. Akteure auf der Anbieterseite sind Wissenschaft, Forschung und Entwicklung, Endgeräte-Hersteller, Netzbetreiber und Infrastrukturanbieter, Dienstleister und Contentproduzenten. Dem Staat kommen die Funktionen des Nachfragers, Regulierers und Innovationsförderers zu. Angesichts der Dynamik der technologischen Entwicklungen spielen traditionelle Standardisierungsgremien zurzeit eine untergeordnete Rolle. Sämtliche großen Anbieter von

Telekommunikationsleistungen sind auch auf dem Mobilfunkgebiet aktiv, indem sie entweder über strategische Allianzen an Mobilfunkanbietern beteiligt sind oder entsprechende eigene Geschäftsbereiche betreiben. Die Telekommunikationsmärkte unterliegen weltweit zurzeit enormen Strukturveränderungen, geprägt von Preis- und Infrastrukturwettbewerb sowie der Einführung neuer Dienstleistungen. Zunehmender Wettbewerb zwischen den Anbietern, hohe Kosten für die UMTS-Lizenzen, Netzaufbau und Markteinführung stehen den im Verhältnis dazu geringen Umsätzen aus Mobiltelefonnutzung und der geringen Internetnutzung als Transaktionsmedium gegenüber. Die Erschließung privater Nutzer ist für den wirtschaftlichen Erfolg von E- und M-Commerce von sehr großer Bedeutung, um eine kritische Masse an Nutzern erreichen zu können. Diese kritische Masse ist erforderlich, damit sich positive Netzwerkeffekte einstellen (z. B. durch Ausschöpfung von Kostendegressionspotenzialen, durch den Zuwachs des individuellen Nutzens mit der Gesamtzahl der Anwender, durch die Weiterentwicklung der Organisationsstrukturen (Allianzen, Netzwerke), so dass auch Mehrwertdienste über die ursprünglichen Basisanwendungen hinaus angeboten werden können). Diese kritischen Massen wurden jedoch noch nicht bzw. nicht so schnell wie erwartet erreicht, denn es besteht in Bezug auf die Nutzer eine Diskrepanz („Nutzungslücke“) zwischen intensiver Nutzung von Internet und Mobiltelefonen für Information und Kommunikation, jedoch geringer Nutzung als Transaktionsmedium.

Im Technologiefeld „**Verkehrstelematik**“ finden sich auf der Anbieterseite Hardware-Hersteller der Elektrotechnik und Mikroelektronik, Automobilhersteller, Software-Produzenten, Forschungseinrichtungen sowie Content-Produzenten, Portal- und Mobilfunknetzbetreiber. Die Nachfrager umfassen Infrastrukturbetreiber, private Verkehrsteilnehmer, Spediteure, Taxi-Unternehmen, Verkehrsbetriebe, Parkhausbewirtschaftler, Bahn-, Flug- und andere Transportgesellschaften. Den Rahmen setzen die Öffentliche Hand, Infrastrukturbetreiber, Venture-Kapitalgeber und die Industrie. Die Rolle des Staates besteht in der Kontrolle und Einhaltung verkehrspolitischer Zielsetzungen. Zentrales Charakteristikum ist, dass relativ große Unsicherheit über die tatsächlich erwartbaren individuellen und gesellschaftlichen Kosten-Nutzen-Relationen bei verschiedenen Akteursgruppen (Anbieter, Politik, Nutzer) besteht, u. a. deswegen, weil sich Kosten und Nutzen erst in Abhängigkeit von der Art des synergistischen Zusammenwirkens der beteiligten Akteursgruppen bei dieser Systemtechnologie herausbilden. Auf der Seite der Nutzer ist festzuhalten, dass die Nutzungsentscheidungen gewerblicher Nutzer aus dem Bereich Verkehrslogistik in stärkerem Maße einem betriebswirtschaftlichen, „rationalen“ Kosten-Nutzen-Kalkül unterliegt als im privaten Personenverkehr. Jedoch müssen auch die privaten Endnutzer die Verkehrs-Telematiksysteme in Anspruch nehmen, um die gewünschten Effekte zu erreichen.

Im Technologiefeld „**Lasertechnologie in der Medizin**“ werden die entsprechenden Geräte und Verfahren durch mittelständisch geprägte Unternehmen der medizintechnische Industrie, die so genannten „Original Equipment Manufacturers

(OEM)“, entwickelt und herstellt, die ihrerseits die Laserkomponenten von Vorleistern, den Laserherstellern, beziehen. Lasermedizinische Anwendungen sind ausgesprochen wissenschaftsbasiert; für die Entwicklung innovativer lasermedizinischer Anwendungen ist daher die interdisziplinäre Interaktion zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen Optische Technologien und Medizin, Laserherstellern, Medizintechnikherstellern und (Pilot)-Anwendern zwingend. Die weitere Diffusion von lasermedizinischen Geräten und Verfahren erfolgt über forschungsnaher Pilotanwender, meist in Hochschulkliniken, über Laserzentren innerhalb und außerhalb von Krankenhäusern bis zu Facharztpraxen. Mit dem neuen Trend der ästhetischen und kosmetischen Laseranwendungen, die teilweise in Arztpraxen, teilweise in Kosmetikinstituten angeboten, aber auch mit dem Ziel des Heimanwenders entwickelt werden, können neue Kundenschichten und ökonomisch attraktive, den starken Regulierungen des Gesundheitsmarktes nicht unterworfenen Marktsegmente erschlossen werden. Damit treten erstmals Akteure auf, die nicht im traditionellen Medizinsystem verankert sind und auch den dort geltenden Regeln und Qualitätssicherungsmechanismen nur bedingt unterliegen. Sie stellen für Fachärzte Konkurrenten um Kunden bzw. Patienten dar. Zudem wandelt sich die Rolle der Konsumenten der lasermedizinischen Dienstleistungen: aus Patienten, die im traditionellen Medizinsystem tendenziell diejenigen Behandlungsformen akzeptieren, die ihnen Arzt und Krankenkasse anbieten, werden zunehmend Kunden, die bewusst und anspruchsvoll lasergestützte Dienstleistungen nachfragen.

Im Folgenden werden die oben genannten Aspekte technologiefeldübergreifend nach Akzeptanz- und Nachfragesubjekten bzw. Akteursgruppen zusammengefasst. Eine schematische Übersicht gibt Tabelle 9.4.

Tabelle 9.4: Schematische Übersicht über relevante Akteursgruppen für Innovationen in den untersuchten Technologiefeldern sowie die Untersuchung ihres Akzeptanz- und Nachfrageverhaltens

Akteursgruppe	Produktions- technologie	Nanotechnologie		E- und M-Commerce		Verkehrstelematik		Lasermmedizin	
		aktuell	potenziell	gewerblich	privat	gewerblich	privat	Krankenkasse	Kostenübernahme durch Patient, Kunde
Forschung und Entwicklung	x	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx
Technikproduzenten	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Gewerbliche Technik-anwender									
- Entscheider	xxx	x	xxx	xxx		xxx		xxx	xxx
- Anwender	x		xxx	x		x			
Private Nutzer als Technikanwender bzw. Dienstleistungs-konsumenten			xxx		xxx		xxx	x	xxx

x, xx, xxx abgestufte Relevanz der jeweiligen Akteursgruppe für Innovationen im jeweiligen Technologiefeld beim aktuellen Schwerpunkt der Innovationstätigkeit (vgl. Abb. 9.2)

## **Forschung und Entwicklung**

Für alle hier untersuchten Technologiefelder ist die Nutzung des Wissens, das durch **Forschung und Entwicklung** generiert wird, Voraussetzung für die Hervorbringung marktreifer Anwendungen. Nur das Technologiefeld Produktionstechnologie weist eine geringere, wegen der zunehmenden IuK-Integration jedoch stärker werdende Wissenschaftsbindung als die anderen hier untersuchten Technologiefelder auf, in der Produktionstechnologie dominieren inkrementelle Innovationen. Deutschland weist in den für diese Technologiefeldern relevanten Teilbereichen von Forschung und Entwicklung eine gute bis sehr gute Position im internationalen Vergleich auf (vgl. Kap. 9.1.1).

Forschung und Entwicklung kommen jedoch innerhalb der Nanotechnologie und der Lasermedizin wegen der starken Wissenschaftsbindung sowie der ausgesprochenen Inter- bzw. Transdisziplinarität dieser Technologiefelder eine besondere Rolle zu. Bezüge zur Akzeptanz und Nachfrage bestehen darin, dass der Beitrag anderer Disziplinen als essenziell für die Bearbeitung der Forschungsfragen anerkannt und auch „nachgefragt“ werden muss. Teilweise bestehen in dieser Hinsicht noch Vorbehalte auf der Ebene von Individuen, sowie Barrieren auf der Ebene von Forschungsorganisationen und Institutionen. Die häufig stark disziplinäre Ausrichtung von Fakultäten an Hochschulen, von Studiengängen sowie von Auswahlkriterien für Karrierewege in der Forschung stellen Hemmnisse für inter- und transdisziplinär arbeitende Forschergruppen dar und schmälern die Attraktivität dieser Forschungsrichtungen und Berufsfelder für „die besten Köpfe“. Akzeptanz und Nachfrage unterstützende Signale kommen aus der Forschungspolitik, die in den letzten Jahren den Schlüsselcharakter der Nanotechnologie und der Optischen Technologien betont, technologiespezifische Förderprogramme initiiert und auch die Einrichtung entsprechender Kompetenzzentren und Kompetenznetzwerke gefördert hat, die die Umsetzung des in der Forschung generierten Wissens in marktfähige Anwendungen unterstützen sollen.

## **Technikeinsatz in der Arbeitswelt**

Alle hier untersuchten Technologiefelder stellen Technikanwendungen bereit, die in der Arbeitswelt zum Einsatz kommen (vgl. Kap. 9.1.2). Damit sind grundsätzlich die jeweiligen betrieblichen Entscheider, die tatsächlichen Nutzer sowie die vom Technikeinsatz mittelbar Betroffenen, z. B. Anwohner von Produktionsanlagen, im Hinblick auf ihr Akzeptanz- und Nachfrageverhalten relevant. Gemessen an der aktuellen Nutzung und Verbreitung stellen Technikanwendungen in der Arbeitswelt den Schwerpunkt in der Produktionstechnologie, der Lasermedizin und der Verkehrstelematik dar. Im Bereich E- und M-Commerce stellt die Arbeitswelt oftmals denjenigen Bereich dar, in dem die Nutzer zuerst Zugang zu den Technikanwendungen haben, im beruflichen Umfeld relevante Kompetenzen in der Nutzung die-



ser Anwendungen erwerben und in der Folge diese oder andere Anwendungen dann auch im Privatbereich nutzen.

### **Betriebliche Entscheider**

Die gewerbliche Nutzung innovativer Technikanwendungen erfolgt in den hier untersuchten Technologiefeldern zunächst durch innovative **Pilotanwender**, die meist sehr technikaufgeschlossen und innovationsfreudig sind, über hohe Kompetenzen in Bezug auf die zu nutzende Technikanwendung verfügen und daher auch gewisse Anpassungsleistungen der Technik an den „Alltagsgebrauch“ selbst erbringen können. Bei diesen Pilotanwendern ist die frühzeitige Adoption der Technik in der Regel in eine entsprechende Unternehmensstrategie eingebettet, um durch Technologieführerschaft einen strategischen Vorteil zu erlangen. Durch engen Kontakt zwischen Technikentwicklern und Pilotanwendern können wichtige Ansatzpunkte für weitergehende Verbesserungen und Anpassungen der Technikanwendung und ihrer betrieblichen Einbettung erhalten werden. Für die Mehrzahl der Technikanwendungen in der Verkehrstelematik, im E- und M-Commerce sowie der Nanotechnologie sowie für einige neue Anwendungen in der Lasermedizin und Produktionstechnologie ist erst dieses Stadium erreicht.

Ein attraktiver Markt mit entsprechenden Umsätzen, die auch eine Refinanzierung der getätigten FuE-Aufwendungen ermöglichen, ist jedoch erst bei der **breiten Nutzung** der jeweiligen Technikanwendung gegeben; zusätzlich muss, insbesondere im E- und M-Commerce sowie bei der Verkehrstelematik, eine kritische Masse an Nutzern erreicht werden, um positive Netzwerkeffekte und damit einen erhöhten Nutzen für den individuellen Anwender erzielen zu können. In der stark regulierten Markt der Lasermedizin kommt als Besonderheit hinzu, dass ein solcher Massenmarkt in der Regel nur erschlossen werden kann, wenn die Behandlungskosten von den Krankenkassen übernommen werden. Die Mehrheit dieser Anwendergruppen hat jedoch – anders als die Pilotanwender – in Bezug auf die Technikanwendung keine klare Strategie und Zielfestlegung entwickelt und ist zudem auf ausgereifte Technologien angewiesen, für die gesicherte Erkenntnisse vorliegen, für welche Zwecke sie anwendbar sind (und für welche nicht), unter welchen Rahmenbedingungen und Voraussetzungen sie betrieben werden können, welche direkten und indirekten Kosten damit verbunden sind und welche Nutzen, Effekte, Wirkungen und Leistungen damit erzielt werden können. In diesen Fällen stützen sie ihre Entscheidungen in stärkerem Maße auf materialistische und leistungsbezogene Werte (z. B. Funktionalität, Leistungs- und Effizienzsteigerung) sowie betriebswirtschaftlich-„rationale“ Kosten-Nutzen-Kalküle, als dies beispielsweise private Nutzer tun. Allerdings müssen diese Kosten-Nutzen-Kalküle nicht notwendigerweise eine streng sachliche Grundlage haben. Zusätzlich beeinflussen weitere Faktoren, wie z. B. vorherrschende Meinungen in der „Peer Group“ oder mit der Adoption der innovativen Technikanwendung verbundene Macht- und Prestigegegewinne, entsprechende Investitionsentscheidungen.

Sofern in den untersuchten Technologiefeldern auf der Ebene der betrieblichen Entscheider eine Zurückhaltung in Bezug auf die Adoption innovativer Technikanwendungen zu konstatieren war, ergaben sich keine Hinweise darauf, dass hierfür primär eine ablehnende bis skeptische Einstellung gegenüber dieser Technikanwendung ausschlaggebend war. Insbesondere beim E- und M-Commerce sowie in der Verkehrstelematik wird hingegen deutlich, dass derzeit „sehr viel im Fluss ist“ und entsprechende Investitionsentscheidungen nur unter großen Unsicherheiten getroffen werden könnten – mit der Konsequenz, dass oftmals eine abwartende Haltung bis zur weiteren Klärung der Sachlage eingenommen wird. Insbesondere in den Technologiefeldern Produktionstechnologie und Lasermedizin ergaben sich hingegen Hinweise darauf, dass teilweise schon eine „Überakzeptanz“ von Technikanwendungen besteht, ein Bevorzugen technischer Lösungen, die – gemessen an den zu bewältigenden Aufgaben – überdimensioniert, zu komplex und zu „technikverliebt“ sind und daher nicht bzw. nur unter Einschränkungen geeignet sind, die technisch-wirtschaftlichen Ziele, die mit der Techniknutzung angestrebt wurden, zu erreichen. Dies begünstigt auch einen Trend bei den Anbietern, Technikanwendungen breit in den Markt einzuführen, obwohl sie technisch noch nicht ausgereift und ihre Leistungsfähigkeit, Wirksamkeit und Sicherheit (noch) nicht ausreichend erwiesen ist, so dass die Erarbeitung von Anwendungsparametern, Organisations- und Managementkonzepten sowie Qualifizierungsmaßnahmen auf die Nutzer verlagert werden bzw. die Produkte nur einen sehr kurzen Lebenszyklus haben.

Im Hinblick auf eine nachhaltige Nachfrage ist diese „Überakzeptanz“ kritisch zu sehen: die Anwender investieren in nicht angemessene Technikoptionen und werden möglicherweise künftige Investitions- und Innovationsentscheidungen im Lichte dieser negativen Erfahrungen treffen und durch ihre Erfahrungen bzw. ihr Verhalten möglicherweise auch die Entscheidungen anderer Unternehmen beeinflussen. Eine nicht angemessene Technik kann Qualitätsparameter des Produkts bzw. der Dienstleistung negativ beeinflussen (z. B. Fehlbehandlungen in der Lasermedizin zum Schaden der Patienten; geringe Flexibilität und unzureichende Termintreue auf Grund geringer Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit und hoher Schadensanfälligkeit der Produktionssysteme in Zeiten des „Just-in-time“ und „First-to-market“, z. B. mangelnde Termintreue auf Grund geringer Zuverlässigkeit der Verkehrstelematik; materieller Schaden für Kunden wegen mangelnder Datensicherheit in E- und M-Commerce) und dadurch die Beziehung zwischen Anbietern und Kunden dieses Produkts bzw. dieser Dienstleistung beeinträchtigen. Sind Technikentwickler und Pilotanwender gleichermaßen „technikverliebt“, werden Anwendungen entwickelt, die letztlich den Bedürfnissen des breiten Marktes nicht gerecht werden.

### **Berufliche Nutzer**

Auf der Ebene der **Beschäftigten**, die Technikanwendungen im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit anwenden (müssen), meist jedoch nicht an der Investitionsent-

scheidung beteiligt sind, liegen vor allem aus dem Technologiefeld „Produktionstechnologie“ empirische Daten vor. Sie weisen darauf hin, dass für die Akzeptanz, d. h. in diesem Fall für die aufgabenadäquate Nutzung der bereitgestellten Technik, folgenden Punkten große Bedeutung zukommt:

- Qualifikation und Erfahrung des Anwenders,
- technikspezifische Eigenschaften (z. B. Komplexität des Systems, Angemessenheit für die Aufgabenerledigung, Ergonomie),
- Gestaltung des Einführungsprozesses der Technik (Information der künftigen Anwender, Partizipation, Schulung),
- arbeitsorganisatorische Einbindung der Technik (Flexibilitätsanforderungen, Leistungsverdichtung, ganzheitlichere Tätigkeiten, Team- und Gruppenarbeiten, Kontrollunterworfenheit),
- Gewährleistung der Arbeitssicherheit und des Arbeitsschutzes.

Auch in den anderen Technologiefeldern dürften aus Sicht der betrieblichen Technikanwender Faktoren wie Ergonomie, gesundheitliche und psychosoziale Belastungen, Qualifikation, Art und Inhalte der Arbeit, Änderungen in den qualitativen und quantitativen Anforderungen durch den Technikeinsatz sowie der Einfluss auf die Sicherung bzw. Vernichtung des Arbeitsplatzes eine wichtige Rolle bei der Akzeptanz der jeweiligen Technikanwendungen spielen. Obwohl an der Investitionsentscheidung in der Regel nicht beteiligt, haben die betrieblichen Technikanwender teilweise ein erhebliches Obstruktionspotenzial in Bezug auf die Techniknutzung, wenn die oben genannten Kriterien nur unzureichend erfüllt sind. Die Beilegung dieser Konflikte erfordert oft eine wechselseitige Anpassung der Technik an ihr Umfeld des Einsatzes sowie ihres Umfelds an die Technik, z. B. durch Einbettung in geeignete Managementkonzepte und Organisationsformen, durch Schulungen und Qualifizierungsmaßnahmen.

### **Bevölkerung als mittelbar vom Technikeinsatz Betroffene**

In den Technologiefeldern „IuK-Technologien“ sowie „Nanotechnologie“ wurden aktuelle bzw. potenzielle Konflikte mit durch den Technikeinsatz **mittelbar Betroffenen** identifiziert. Konkret handelt es sich um den Widerstand von Anwohnern gegen die Errichtung von Mobilfunk-Sendemasten, weil sie gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die elektromagnetische Strahlung befürchten, sowie um mögliche Widerstände, die die Bevölkerung der Ansiedlung von Nanotechnologie-Forschungsstätten und -Produktionsanlagen auf Grund eventueller Nanopartikelemissionen entgegen setzen könnte. Zu diesen Konflikten tragen mehrere Faktoren bei: Das Wissen über mögliche negative Wirkungen von Nanopartikeln bzw. elektromagnetischer Strahlung auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt ist noch gering, doch können diese zurzeit nicht ausgeschlossen werden. Somit ist auf behördlicher und politischer Ebene Handeln unter Unsicherheit erforderlich. Eine ty-

pische Konfliktlinie betrifft dabei die Frage, ob das Vorsorgeprinzip anzuwenden ist oder Maßnahmen in Abhängigkeit von nachweislich aufgetretenen Schäden getroffen werden sollen. Zu der objektiv unsicheren, schmalen Datenlage kommt zusätzlich eine wesentliche emotionale Komponente hinzu: Nanopartikel bzw. elektromagnetische Strahlung sind sinnlich nicht erfahrbar und werden daher als eine nicht wahrnehmbare, aber ggf. allgegenwärtige Bedrohung empfunden. Da eine Nachprüfbarkeit für Bürger nicht ohne weiteres gegeben ist, wird dadurch Misstrauen in Behörden und Anlagenbetreiber begünstigt, dass dort „etwas verschleiert wird“, insbesondere, wenn mit diesen Behörden oder Anlagenbetreibern (in anderen Fällen) entsprechende Vorerfahrungen gemacht wurden.

Um Leitmarktcharakter zu haben, ist es erforderlich, dass auch in Deutschland Nanotechnologieforschungsstätten und -Produktionsanlagen betrieben sowie ein Heimatmarkt für E- und M-Commerce-Anwendungen etabliert wird. Dies erfordert aber, dass in Deutschland mehrere Elemente zur Entschärfung der aktuellen bzw. potenziellen Konfliktsituationen zum Tragen kommen müssten. Hierzu zählen z. B.

- frühzeitiges, proaktives Aufgreifen möglicher gesundheitlicher und Umwelt-Risiken als Forschungsthema;
- frühzeitige Verständigung über angemessene Präventions- und Schutzmaßnahmen, deren Entwicklung und Implementierung;
- Aufbau gefährdungsspezifischer Kompetenzen (d. h. in Bezug auf Nanopartikel, elektromagnetische Strahlung) bei den zuständigen Behörden;
- klare, für alle Betroffenen transparente Genehmigungs-, Bewilligungs- und Kontrollpraxis der Behörden;
- Transparenz bei Unternehmen, Forschung, Politik, NGOs und Behörden über Ziele, Strategien und Leitlinien ihres Handelns;
- frühzeitiger Einbezug von betroffenen Bürgern und NGOs in den Prozess.

### **Bevölkerung als Endnutzer**

Die Bevölkerung als Endnutzer spielt in der Produktionstechnologie keine, in der Nanotechnologie *noch* keine Rolle. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die kurz- bis mittelfristig erkennbaren Anwendungen, Produkte und Dienstleistungen der Nanotechnologie sich entweder nicht an die Bevölkerung als Endnutzer richten oder aber Vorprodukte für bzw. Weiterentwicklungen bekannter Produkte für den Endverbraucher darstellen. Dem Endverbraucher dürfte oft nicht bewusst sein, dass „da Nanotechnologie drin ist“, so dass die Verwendung nanotechnologischer Verfahren oder Vorprodukte im Produktionsprozess deshalb auch kein entscheidendes Kriterium für das Nachfrageverhalten durch die Bevölkerung sein dürfte. Es ist nicht erkennbar, dass die kurz- bis mittelfristig erkennbaren Anwendungen, Produkte und Dienstleistungen ein Akzeptanzproblem beim Endverbraucher haben könnten, das

ursächlich auf die Nutzung der Nanotechnologie zurückzuführen ist. Eine Ausnahme könnten einige nanobiotechnische Anwendungen darstellen, die – ebenso wie einige bio- und gentechnische Anwendungen – auf Skepsis bis Ablehnung stoßen könnten.

Zudem birgt die Nanotechnologie das Potenzial, bei weitgehender Diffusion vielfältige Lebensbereiche auch der Bevölkerung wesentlich zu beeinflussen. Diese potenziell breite Betroffenheit ist bislang nur bei Fachleuten „angekommen“, nicht jedoch im Bewusstsein der potenziell Betroffenen. Diese Einschätzung, dass zurzeit keine gravierenden Akzeptanzprobleme bei der Nanotechnologie zu verzeichnen sind, gilt jedoch nur für die überschaubare Zukunft. Eine Analyse der Mediendebatte 2000 zeigte, dass sich Nanotechnologie – ähnlich wie die Gentechnik – in besonderem Maße zur polarisierenden Darstellung von Chancen und Risiken eignet und dabei in starkem Maße Emotionen und grundlegende Werte berührt. So weisen visionäre bzw. erst langfristig realisierbare Nanotechnologienanwendungen, die z. B. durch enge Vernetzung von Erkenntnissen aus Nano-, IuK- und Biotechnologie möglich werden könnten, Merkmale auf, die eine Ablehnung durch größere Teile der Bevölkerung möglich erscheinen lassen. Eine Möglichkeit, solche Akzeptanzvorbehalte frühzeitig zu antizipieren, könnte darin bestehen, den bisherigen Diskurs von Fachleuten um Sichtweisen von Bürgerinnen und Bürgern zu erweitern.

In den Technologiefeldern „Verkehrstelematik“ und „E- und M-Commerce“ kommt der Nutzung durch die allgemeine Bevölkerung insofern zentrale Bedeutung zu, als ohne sie die erforderlichen Netzwerkeffekte (Realisierung von Kostendegressionspotenzialen, Steigerung des individuellen Nutzens, Erweiterung des Dienstleistungsangebots) nicht erzielt werden können. Weitere Gemeinsamkeiten – und Besonderheiten gegenüber den Technologiefeldern Produktionstechnologie und Nanotechnologie – liegen darin, dass individuelle Mobilität bzw. individuelle IuK-gestützte Kommunikation als wesentliche Bestandteile der Lebensqualität und bestimmter Lebensstile aufgefasst werden.

Bei E- und M-Commerce ist zwar eine generell positive Einstellung zum Internet und zur Mobilkommunikation zu verzeichnen, jedoch eine Nutzungslücke in Bezug auf die private Nutzung als Transaktionsmedium. Im Falle des E-Commerce sind Akzeptanz und Nachfrage nach unterschiedlichen E-Commerce-Angeboten auf Grund der engen Kopplung individueller Lebensstile und kontextbedingter Faktoren nach Zielgruppe und Kontext stark zu differenzieren. Über das Nachfrageverhalten oder die Akzeptanz der M-Commerce-Anwendungen können zurzeit noch keine konkreten Aussagen getroffen werden, da noch kaum eigene Produkte oder Dienstleistungen für den neuen Standard auf dem Markt eingeführt sind und die Endgeräte, die deren Nutzung ermöglichen, erst einen geringen Verbreitungsgrad haben. Deshalb ist man auf die Aussagen von potenziellen Nutzern zu ihrem möglichen künftigen Nutzungsverhalten angewiesen (s. auch Kap. 9.1.5). Auf dieser Basis

liegen zurzeit jedoch widersprüchliche Aussagen zur künftigen Nutzung von M-Commerce-Angeboten vor.

Obwohl der Nutzung durch private Verkehrsteilnehmer bei Verkehrstelematikanwendungen große Bedeutung zukommt, ist diese Nutzergruppe in Bezug auf ihre Präferenzen und ihr Verhalten bislang kaum untersucht worden. In Bezug auf die Entwicklung von Verkehrstelematikanwendungen, die auf eine breite Nachfrage stoßen sollen bzw. müssen, ist dies als kritisch anzusehen, weil die vorhandene schmale Datenbasis darauf hindeutet, dass sich die Nutzungsanforderungen und -profile der privaten Nutzer deutlich von denen geschäftlicher Nutzer unterscheiden. Die Unterschiede betreffen insbesondere den geringen Einfluss von Sachargumenten (z. B. zu Kosten der Mobilität, zu verkehrsbedingten Unfall-, Gesundheits- und Umweltrisiken bzw. -schäden) auf das tatsächliche Nutzungsverhalten. Das Nutzungsverhalten privater Nutzer wird hingegen in starkem Maße durch die wahrgenommenen situativen Bedingungen, Gewohnheiten (habitualisiertes Verhalten) sowie die Verwirklichung von Lebensstilen, Autonomie und Genussaspekten, die mit einem bestimmten Mobilitätsverhalten verknüpft werden, beeinflusst.

In der Lasermedizin stellt die Bevölkerung grundsätzlich den Konsumenten der nach dem uno-acto-Prinzip erbrachten lasermedizinischen Dienstleistung dar. Allerdings müssen auf Grund der besonderen Strukturen des Gesundheitsmarktes und der im Gesundheitssystem besonderen Anbieter-Kunden-Beziehung zwei Fälle unterschieden werden:

- Es ist empirisch belegt, dass Patienten in der Regel diejenige Behandlungsform akzeptieren, die Arzt und Krankenkasse ihnen anbieten. Werden also die lasermedizinischen Dienstleistungen im Rahmen des traditionellen deutschen Gesundheitssystems erbracht und die Behandlungskosten durch die Krankenkasse (teilweise) getragen, ist in diesen Fällen weniger der Patient, sondern vielmehr der leistungserbringende Arzt sowie die Kostenübernahme durch die Krankenkasse entscheidend für die tatsächliche Nachfrage. Wesentlichen, jedoch nicht ausschließlichen Einfluss auf das Verhalten von Arzt und Krankenkasse haben dabei ausreichende Evidenz in Bezug auf den Nachweis der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Laseranwendungen.
- Innerhalb des Gesundheitssystems werden lasermedizinische Dienstleistungen auch als individuell zu finanzierende Gesundheitsleistungen erbracht, deren Kosten von den Patienten selbst zu tragen sind. Dies sind vor allem ästhetisch-kosmetische Behandlungen. Für die Erbringung dieser Leistungen spielen sowohl angebotsseitige Faktoren auf Seiten der Ärzte, als auch nachfrageseitige Faktoren auf Seiten der Patienten eine Rolle. Auf Seiten der Patienten wird diese Nachfrage durch einen Lebensstil, der ästhetische Aspekte des Körpers in den Vordergrund stellt („Körperkult“), gefördert sowie durch die subjektive Wahrnehmung der Lasermedizin als eine schmerz- und nebenwirkungsfreie Hightech-Behandlung. In diesem Bereich werden Patienten zunehmend zu Kunden, die ei-

gengesteuert lasergestützte Dienstleistungen in Anspruch nehmen, aus eigener Tasche bezahlen und eine ihren Erwartungen entsprechende Leistung für ihr Geld verlangen. Somit ist die Eigenverantwortung der Kunden in besonderem Maß gefordert. Diese nehmen diese Eigenverantwortung jedoch teilweise (noch) nicht wahr, zum anderen wird ihnen dies erschwert, da noch Defizite in Bezug auf qualitativ hochwertige Information, auf Transparenz und Qualitätssicherung der Angebote zu konstatieren sind, die Bedingung für die Wahrnehmung dieser Eigenverantwortung sind.

### 9.1.5 Grad der Beforschung und Datenlage in Bezug auf die Operationalisierung von Akzeptanz und Nachfrage

In dieser Untersuchung wurde ein breites Verständnis von Akzeptanz und Nachfrage zu Grunde gelegt, das jeweils sowohl die Handlungs-, Einstellungs- sowie Wert- und Zielebene umfasst (s. Kap. 3.1.2). Die untersuchten Technologiefelder erweisen sich jedoch als sehr unterschiedlich, in welchem Ausmaß und in welcher Qualität tatsächlich entsprechende empirische Daten vorliegen. Dies wird im Folgenden ausgeführt.

Das Technologiefeld „**Produktionstechnologie**“ ist das einzige unter den hier untersuchten Technologiefeldern, das weitgehend mit einem Wirtschaftszweig, nämlich dem Maschinen- und Anlagenbau, identisch ist. Deshalb ist es auch in Wirtschaftsstatistiken gut abgebildet, so dass diesen Daten über das Angebot an und die Nachfrage nach produktionstechnischen Gütern entnommen werden können. Zum anderen wird der beabsichtigte und tatsächliche Einsatz in den Betrieben mit der regelmäßig durchgeführten ISI-Produktionsinnovationserhebung erfasst. Diese ist insbesondere deswegen von Bedeutung, weil sie gezielt betriebliche Entscheider befragt, die letztlich die Investitionsentscheidungen treffen. Mit diesen Quellen können Akzeptanz und Nachfrage auf der Handlungs- und Einstellungsebene bei betrieblichen Entscheidern erfasst werden. Ein Rückschluss auf Determinanten des tatsächlichen und beabsichtigten Handelns ist aus diesen Quellen jedoch nur bedingt möglich und muss durch Rückgriff auf Interviews und andere Studien ergänzt werden. Industriesoziologische Untersuchungen geben Aufschluss über die Ausprägung der Akzeptanz konkreter produktionstechnischer Anwendungen bei den betroffenen Beschäftigten in Abhängigkeit von den Kontextbedingungen im jeweiligen Betrieb.

Wegen des sehr frühen Entwicklungsstadiums des Technologiefeldes „**Nanotechnologie**“ liegen keine einschlägigen empirischen Untersuchungen vor, die spezifisch für die Aufgabenstellung dieser Studie wären. Es überwiegen technologische und wirtschaftliche Potenzialanalysen, die aufzeigen, welche Erkenntnisse von der Nanotechnologie zu erwarten sind, welche Anwendungsbereiche sich abzeichnen und welche potenziellen Märkte davon betroffen sein könnten. Sie können Aufschluss über Aspekte der Nachfrage auf der Einstellungs- und Wert- und Zielebene

geben, indem möglicherweise erschließbare Märkte aufgezeigt und ein Abgleich der technologischen Optionen, die die Nanotechnologie zu bieten scheint, mit individuellen und gesellschaftlichen Bedürfnissen vorgenommen wird. Zu bedenken ist hierbei allerdings, dass die zurzeit vorliegenden Einschätzungen vor allem durch Fachexperten, die selbst in der Nanotechnologie beheimatet sind, geprägt sind, während die Sichtweisen anderer Gruppen noch nicht eingeflossen sind. Einstellungen zur Nanotechnologie in der Bevölkerung und ihre Determinanten sind bislang jedoch noch nicht erhoben worden. Angesichts des geringen Bekanntheitsgrades der Nanotechnologie in der Bevölkerung<sup>74</sup> ist zweifelhaft, ob diese zum gegenwärtigen Zeitpunkt mit quantitativen Instrumenten sinnvoll erhebbar wäre, da sich die Einstellungen wahrscheinlich erst im Augenblick der Befragung bilden würden. Die Erfassung von Akzeptanz und Nachfrage auf der Handlungsebene ist zurzeit nicht möglich, weil sich wegen der frühen Entwicklungsphase der Nanotechnologie bislang kaum Produkte auf dem Markt befinden. Wegen des Querschnittscharakters der Nanotechnologie und der dadurch sehr schwierigen Abgrenzung in Wirtschaftsstatistiken wird dies auch mittelfristig Sondererhebungen erfordern.

Im Technologiefeld „**IuK-Technologien**“ erfolgen prospektive und antizipierenden Untersuchungen zur Einstellungs- und Wert- und Zielebene von Akzeptanz und Nachfrage (Wünschbarkeit und Bedürfnisse, Marktpotenziale, Bereitschaft zur Nutzung künftiger Angebote) mit der Erhebung der tatsächlichen Nutzung (Handlungsebene) parallel und es werden auch unterschiedliche Nutzergruppen bzw. Nutzungsarten einbezogen, die zum Teil zeitlich versetzt relevant werden (z. B. zuerst geschäftliche, dann private Nutzung; zuerst Kommunikations-, dann Transaktionsmedium). Damit erscheint die Beforschung und die daraus resultierende Datenlage zunächst gut. Bei dem Versuch, die vorliegenden Daten zu systematisieren, zeigt sich aber, dass Marktstudien und marktorientierte Nutzerstudien überwiegen, die nur bedingt Aufschluss über Determinanten der Akzeptanz und Nachfrage geben und methodische Schwächen (z. B. bezüglich Repräsentativität, Berücksichtigung von Kontextbedingungen) erkennen lassen. Zudem erfolgen Adoption, Assimilation und Akkomodation der Internetnutzung sehr viel schneller als für andere IuK-Technologien. Angesichts dieser zeitlichen Dynamik sind Ergebnisse, die in den letzten Jahren erhoben wurden, für die heutigen bzw. künftigen Verhältnisse nur noch bedingt aussagekräftig. Andererseits bietet die hohe zeitliche Dynamik dieses Technologiefeldes auch die Chance, in der Vergangenheit geäußerte Technikbewertungen dahingehend zu überprüfen, inwieweit sie später in entsprechendes Handeln umgesetzt werden. Hierfür fehlen jedoch regelmäßig wiederholte Paneluntersuchungen.

---

<sup>74</sup> In der Eurobarometer-Befragung 55.2 geben nur 3,9 % der in den EU15-Ländern Befragten an, Nanotechnologie interessant zu finden. Demgegenüber äußern 60,3 % bzw. 51,6 % Interesse an wissenschaftlich-technischen Entwicklungen aus dem Bereich Medizin bzw. Umwelt (European Commission 2001).



Im Technologiefeld „**Neue Verkehrstechnologien**“ liegen zahlreiche Studien vor, die die Strategie- und Marktpotenzialebene betreffen und Abschätzungen zur aktuellen und künftigen Verkehrsentwicklung geben. Große Unsicherheiten bestehen in diesem Technologiefeld jedoch über den Kontext der Technikanwendungen und über die tatsächlich erwartbare individuelle und gesellschaftliche Kosten-Nutzen-Relation. Dies liegt zum einen an den komplexen verkehrsinduzierenden und -substituierenden Wirkungen von Verkehrstelematikanwendungen, zum anderen daran, dass unklar ist, welche Wirkungen tatsächlich von technologischen Eingriffen, z. B. durch Verkehrstelematik, in das Verkehrsgeschehen zu erwarten sind. Bisherige Studien stützen sich meist auf das Erfragen von Einstellungen und Handlungsabsichten potenzieller Nutzer, doch ist zugleich bekannt, dass diese relativ geringe Relevanz für das tatsächliche spätere Handeln haben (vgl. Kap. 3.1.4). Bislang liegen nur wenige Pilotstudien vor, die eine fundierte Abschätzung des Ausmaßes der Nutzung und der Verkehrsverhaltensänderung unterschiedlicher Akteure zulassen. Schwächen dieser Untersuchungen liegen in verzerrten Stichproben, deren Probanden ein hohes technisches Verständnis mit gegenüber der Grundgesamtheit verzerrten Verhaltensweisen aufweisen, so dass sich eine für eine große Bevölkerungsgruppe repräsentative Aussage hieraus meist nicht ableiten lässt, sondern lediglich erste Akzeptanztendenzen aufzeigen lassen.

Vom Entwicklungsstand des Technologiefeldes „**Lasertechnologie in der Medizin**“ her sollte es prinzipiell möglich sein, Akzeptanz und Nachfrage sowohl auf der Wert- und Ziel-, der Einstellungs- und der Handlungsebene zu analysieren. Auf Grund des Mangels an spezifisch abgrenzbaren Daten und der Qualität der identifizierten Untersuchungen war dies jedoch nur bedingt möglich. Zudem ist die Zahl der einschlägigen Untersuchungen wegen der geringen Größe und hohen Spezifität des Technologiefeldes gering.

Eine Operationalisierung der Nachfrage nach lasermedizinischen Geräten und Dienstleistungen war nicht möglich, da Marktzahlen zu in Deutschland verkauften Geräten in der erforderlichen Spezifität nicht zu ermitteln waren und die erbrachten bzw. in Anspruch genommenen lasermedizinischen Dienstleistungen wegen der Besonderheiten der statistischen Erfassung der Leistungserbringung im deutschen Gesundheitswesen nur unter hohem Forschungsaufwand näherungsweise hätten ermittelt werden können. Dies war jedoch im Rahmen dieser Untersuchung nicht leistbar. Außer einer Vollerhebung zum Einsatz lasermedizinischer Verfahren unter deutschen Augenärzten liegen keine umfassenden Umfragestudien zum Verbreitungs- und Nutzungsgrad von medizinischen Laseranwendungen vor. Als Indikator für die Akzeptanz lasermedizinischer Behandlungsverfahren in der Ärzteschaft wurde daher das Vorliegen einschlägiger Cochrane-Reviews und Leitlinien herangezogen. Diese Indikatoren bilden jedoch vorrangig die Wirksamkeit und Effizienz der Verfahren als Determinanten von Akzeptanz und Nachfrage in der Ärzteschaft ab und sind daher nur unvollständige, schwache

Indikatoren für das komplexere Konstrukt der Akzeptanz bzw. Nachfrage. Zudem sind viele Geräte im Einsatz, deren Wirksamkeitsnachweis (noch) fehlt.

Auf Grund seiner geringen Größe wird das Technologiefeld Lasermedizin in Bevölkerungsbefragungen zur Bewertung ausgewählter Technologien nicht abgefragt; es werden lediglich Einstellungen zu Medizintechnologien allgemein auf der Einstellungs- sowie Wert- und Zielebene erhoben. Insofern mussten die Aussagen dieser Studie weitgehend aus qualitativen Äußerungen von Ärzten und Patienten zur Zufriedenheit mit den Geräten und Anwendungen und deren subjektivem Nutzen erschlossen werden. Gemessen an der Anzahl der aufgefundenen Studien wurden bislang Laseranwendungen in der Augenheilkunde und in Dermatologie/Kosmetischen Medizin am häufigsten untersucht, was auch der Verbreitung der Verfahren entspricht. Diese Studien erscheinen jedoch häufig wenig systematisch, beruhen auf kleinen Fallzahlen, verzichten auf Kontrollgruppen und erfragen in der Regel technik- und anwendungsspezifische Parameter, während der Kontext der Techniknutzung und detaillierte Gründe für das erhaltene Werturteil kaum Berücksichtigung finden. Zudem stammt ein großer Teil der Patientenbefragungen von Medizinern, die Laser in ihrer eigenen Praxis einsetzen. Diese – oft methodisch wenig fundierten – Studien kommen meist zu sehr positiven Einschätzungen, was den Eindruck erweckt, dass sie vorrangig mit dem Ziel durchgeführt wurden, die Vorteilhaftigkeit der neuen Laseranwendung zu belegen. Ebenfalls nicht berücksichtigt wird, dass bei der Messung von Patientenzufriedenheit generell mit hohen Werten zu rechnen ist, weshalb hier dringend Kontrollgruppen und Vergleiche mit anderen Medizintechnologien erforderlich wären. Panelstudien zur Entwicklung über die Zeit hinweg sowie internationale Vergleiche fehlen. Gesundheitsökonomische Studien, die den Nutzen von Laserverfahren auf der gesellschaftlichen Ebene belegen, liegen bislang nicht vor. Somit ist der Forschungsstand sowohl zur Wirksamkeit und Kosteneffizienz, aber auch zur Bewertung durch Anwender und Konsumenten lasermedizinischer Dienstleistungen konzeptionell, methodisch und inhaltlich wenig fortgeschritten und unbefriedigend, was jedoch auch für viele andere medizinische Behandlungsverfahren der Fall ist.

Hieraus lassen sich folgende technologiefeldübergreifende Schlussfolgerungen ziehen: Die Befunde aus den untersuchten Technologiefeldern bestätigen die in Kapitel 3.1.2 ausgeführte Konzeption der Untersuchung, nach der vielfältige Informationsquellen und Untersuchungsinstrumente herangezogen werden müssen, um die Aufgabenstellung zu bearbeiten. Zugleich wird aber auch deutlich, dass diese im Schwerpunkt sekundäranalytisch angelegte Untersuchung an zahlreichen Stellen an Grenzen gerät, weil die verfügbaren empirischen Daten nicht ausreichen, um die Fragestellungen befriedigend zu beantworten. Dies hat unterschiedliche Gründe:

- In allen Fällen, in denen es um *zukünftige* Technikanwendungen, Produkte und Dienstleistungen geht, können empirische Daten zu Akzeptanz und Nachfrage auf der Handlungsebene objektiv noch nicht verfügbar sein.

- Prinzipiell könnten Daten erhoben werden, doch stehen sie nicht bzw. nicht in der erforderlichen Qualität und Spezifität zur Verfügung (Forschungslücke).
- Zwar wurden viele, für die Projektfragestellung relevante Teilfragen durchaus untersucht und empirische Erkenntnisse liegen dazu vor. Häufig handelt es sich jedoch um methodisch und konzeptionell wenig anspruchsvolle Erhebungen von geringer Qualität. Zudem lassen sich Teilbefunde häufig aus methodischen Gründen nicht zusammenführen. Dadurch lassen sich zum einen widersprüchliche Ergebnisse, die in verschiedenen Studien erzielt wurden, nicht auflösen; zum anderen ist das Zusammenführen komplementärer Ergebnisse verschiedener Studien zu einem Gesamtbild nicht im wünschenswerten Maße möglich, so dass dies „Stückwerk“ bleibt. Die in den Kapiteln 4 bis 8 dokumentierten Ergebnisse dieser Analyse können somit als Ausgangspunkt für weitere Forschungen genutzt werden. Für künftige Untersuchungen sollte jedoch ein methodisch anspruchsvolles „Untersuchungsdesign aus einem Guss“ präferiert werden, um Synergien durch die Kombination verschiedener methodischer Ansätze tatsächlich ausnutzen und belastbare Aussagen ableiten zu können.

Bisher liegt der Schwerpunkt quantitativer Untersuchungen zu Technikeinstellungen und -akzeptanz auf der Befragung repräsentativer Bevölkerungsstichproben. In Abhängigkeit von der untersuchten Technologie, dem Schwerpunkt ihrer Innovationstätigkeit und der jeweiligen Technikanwendung stellt jedoch die allgemeine Bevölkerung nicht notwendigerweise diejenige Akteursgruppe dar, deren Präferenzen, Positionen und Meinungen in den betreffenden Innovationsphasen maßgeblich sind (vgl. Kap. 9.1.4); dies können beispielsweise auch betriebliche Entscheider, Vertreter der Wissenschaft, Forschung und Entwicklung, Nicht-Regierungsorganisationen o. Ä. sein. Somit besteht Forschungsbedarf, die im jeweiligen Innovationsstadium relevanten Akteursgruppen zu identifizieren und ihre jeweiligen Einstellungen und Präferenzen vertieft zu untersuchen.

In allen hier untersuchten Technologiefeldern zeigt sich, dass die Einstellungen und Präferenzen der Anwender- und Nutzerseite nur in vergleichsweise geringem Umfang und relativ spät im Innovationsprozess untersucht werden. Nutzeraspekte werden häufig in der Form in den Innovationsprozess eingebracht, dass Wissenschaftler, Entwickler bzw. Entscheider ihre Auffassung von den Präferenzen der künftigen Nutzergruppe einfließen lassen, ohne jedoch diese Zielgruppen direkt zu Wort kommen zu lassen und ihre originalen Äußerungen einzubeziehen. Empirische Untersuchungen zeigen jedoch, dass diese Fremdwahrnehmung der Nutzerpräferenzen und -einstellungen mit den tatsächlichen Nutzerpräferenzen nicht übereinstimmen muss (s. z. B. Marris et al. 2001, Plinke 1997).

Dass die Einstellungen und Präferenzen der Anwender- und Nutzerseite in den hier untersuchten Technologiefeldern nur in vergleichsweise geringem Umfang untersucht wurde, mag auch darauf zurückzuführen sein, dass die Akzeptanz der hier

untersuchten Technikanwendungen weitgehend gegeben zu sein scheint. Bislang konzentriert sich die sozialwissenschaftliche Forschung zu Technikakzeptanz und -einstellungen jedoch auf diejenigen Technologiefelder, in denen die Akzeptanz der jeweiligen Technikanwendung in Frage steht (z. B. Kernenergie, Großchemie, Gentechnik). Aus diesen Technologiefeldern liegen sehr viel zahlreichere, umfassendere, konzeptionell und methodisch sehr anspruchsvolle Untersuchungen als aus den hier untersuchten Technologiefeldern vor. Dies könnte durchaus Anlass zur Reflexion der Frage geben, warum „scheiternde“ und instabile Technik „vielen soziologisch reizvoller erscheint als ihre Alltäglichkeit“ (Kohring 2001, S. 90).

## **9.2 Technologiefeldübergreifende Erkenntnisse zu Determinanten von Akzeptanz und Nachfrage**

Erkenntnisse aus der sozialwissenschaftlichen Technikakzeptanzforschung weisen eindeutig darauf hin, dass belastbare Aussagen zur Technikakzeptanz durch ein bestimmtes Subjekt (Individuum oder Gruppe von Personen) nur dann möglich sind, wenn diese in Bezug auf das Akzeptanzobjekt sowie den jeweiligen Akzeptanzkontext spezifiziert sind (vgl. Kap. 3.1.3). Aus diesem Grund können auf technologiefeldübergreifender Ebene nur grobe „Grundmuster“ aufgezeigt werden, vor deren Hintergrund die differenzierten und teilweise durchaus vom Grundmuster abweichenden Befunde zu einzelnen Technikanwendungen in den untersuchten Technologiefeldern einzuordnen sind.

### **9.2.1 Messung von Technikakzeptanz in der Bevölkerung mit Hilfe von Globalindikatoren**

In den vergangenen Jahrzehnten wurden in Bevölkerungsumfragen verschiedene Fragen gestellt, die Bilanzurteile über Technik oder technischen Fortschritt als Globalindikatoren erheben, so z. B.:

- Glauben Sie, dass die Technik alles in allem eher ein Segen oder eher ein Fluch für die Menschheit ist? (mögliche Antwortkategorien: eher ein Segen – weder/noch bzw. teils/teils – eher ein Fluch) (IfD Allensbach);
- Wie würden Sie Ihre persönliche Einstellung zur Technik auf dieser Skala einstufen? (1=stehe der Technik skeptisch gegenüber/bin sehr kritisch eingestellt; 7=stehe der Technik sehr positiv gegenüber, akzeptiere sie voll) (Infratest);
- Glauben Sie, dass der Fortschritt der Technik das Leben für die Menschen immer einfacher oder immer schwieriger macht/ alles in allem eher zum Vorteil oder eher zum Nachteil der Menschen ist?/ auf lange Sicht den Menschen helfen oder schaden wird?

Berücksichtigt man bei der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse methodische Probleme (z. B. Abhängigkeit der Ergebnisse von der genauen Frageformulierung, von Hauseffekten und Fragebogendramaturgien, Unschärfe des Begriffs „Technik“, Erfordernis von Zeitreihen zur Validierung), so lassen sich auf der Basis solcher global bilanzierenden Einstellungsfragen folgende Erkenntnisse ableiten:

- Es gibt mehr Technikbefürworter als Technikgegner. Seit der zweiten Hälfte der 1960er-Jahre ist die Zahl der Technikbefürworter kontinuierlich gesunken, die der Technikgegner aber nicht entsprechend angestiegen. Vielmehr ist der Anteil derjenigen, die der Technik gegenüber ambivalent und skeptisch eingestellt sind, kontinuierlich gestiegen; dies ist die große Mehrheit der Bevölkerung. Von einer generellen Technikfeindlichkeit der Deutschen kann daher keine Rede sein, auch nicht im internationalen Vergleich. Ebenso geben die empirischen Daten – entgegen der häufig in der Öffentlichkeit vertretenen Meinung – keinen Hinweis auf eine besondere Technikfeindlichkeit der Jugend; vielmehr erscheint die Jugend tendenziell technikfreundlicher zu sein als andere Altersgruppen.
- Es gibt keine homogene Einstellung zur Technik, d. h. nur ein ganz kleiner Anteil der Befragten urteilt durchgängig, über verschiedenste Technikbereiche und -folgen nur negativ, ein geringfügig größerer Anteil durchgängig positiv. Die überwältigende Mehrheit der Befragten differenziert in ihren Urteilen deutlich nach Technikbereichen und -folgen.
- Setzt man Einstellungen gegenüber Einzeltechnologien mit den Globalindikatoren zu Technikeinstellung insgesamt in Bezug, so zeigt sich, dass die Technikeinstellung auf global-bilanzierender Ebene in stärkerem Maße durch die Einstellung gegenüber Produkt-, Alltags- und Freizeittechnik bzw. Technik in der Arbeitswelt bestimmt wird als durch die Einstellung gegenüber Großtechnologien. Bei diesen globalen Pauschalurteilen spielt die emotionale Komponente (ob ein Technikbereich z. B. Angst auslöst) eine wesentliche Rolle.
- Es finden sich – im Vergleich zu anderen gesellschaftlichen Bereichen – eher schwache Korrelationen der allgemeinen Affinität und Distanz zur Technik mit technikunspezifischen soziodemographischen Daten: Beruf, Wohnortgröße, Stadt/Land, Bildungsstand. Alter und Bildung sind schwache, Geschlecht ein starker Einflussfaktor auf Technikeinstellungen. Die Jugend ist in den meisten Studien technik-positiver als Ältere. Frauen sind durchgängig skeptischer und ambivalenter gegenüber Technik als die eher technophilen Männer. Geringer Bildungsstand ist eher mit ambivalenter bis ablehnender Haltung korreliert.
- „Technisches Interesse, Informiertheit und Begeisterung“ korrelieren positiv mit positiver Technikeinstellung. Diese drei Parameter sind bei den Globalindikatoren so hochgradig miteinander verknüpft, dass sie ein gemeinsames, neues Merkmal, das so genannte „technophile Einstellungssyndrom“ ergeben. Für Technik allgemein trifft es vor allem auf Männer zu, die sich für Technik interessieren, gut informiert sind und sich von Technik begeistern lassen. Auf der Ebene von Globalindikatoren zeichnen sich durch das technophile Einstellungs-

syndrom insbesondere folgende Gruppen aus (Reihenfolge nach abnehmender Relevanz): Naturwissenschaftler und Ingenieure, alle männlichen Befragten, Leitungsberufe, gütererzeugende Berufe, FH-Absolventen, alle Hochschulabsolventen, Wissenschaftler und Techniker. Zunehmende Distanz zur Technik sind zu finden bei Personen mit eher geringerem Bildungsstand, Bürokräften, Lehrkräften, Frauen, Frauen über 60, Hausfrauen/Hausmännern, Frauen unter 20.

- Sofern Befragungen in zeitlichem Zusammenhang mit technikrelevanten Ereignissen (z. B. schweren Unfällen, Skandalen o. Ä.) durchgeführt wurden, erweisen sich Technikeinstellungen auf der Ebene von Globalindikatoren als relativ unempfindlich gegenüber tagespolitischen Ereignissen; wenn überhaupt ein statistisch signifikanter Einfluss erkennbar ist, dann geht der Trend eher zu stärkerer Ambivalenz und Skepsis hin, nicht jedoch zu stärkerer Technikablehnung.

### **9.2.2 Generelle Erwartungen an Technik, Charakteristika akzeptierter Techniken**

Aus Befragungen der Bevölkerung zu ihrer Einstellung gegenüber verschiedenen Technikbereichen (z. B. Solarenergie, Kernenergie, Gentechnik, Handy, Multimedia, Weltraumforschung, Organtransplantation, Industrieroboter; (Zwick et al. 1998)) lassen sich aus dem Antwortverhalten folgende – abstrahierte – Erwartungen der Bevölkerung an Technik ableiten:

- Beitrag zum Erhalt bzw. zur Erhöhung der Lebensqualität, und zwar in Bezug auf
  - den Erhalt der Gesundheit und die Heilung schwerer Krankheiten,
  - auf die Realisierung der Vorstellung von einem angenehmen, bequemen Leben und einer technisch erleichterten Arbeit, wohingegen ökonomische Aspekte (Arbeitsplätze, Standort) auf der Ebene von generellen Technikeinstellungen von untergeordneter Bedeutung sind,
- Nutzenpotenziale für den Menschen in einer als wünschenswert erachteten Zukunft,
- Sozialverträglichkeit,
- Umweltverträglichkeit,
- ethische Legitimität,
- Sicherheit,
- verantwortungsvoller Einsatz.

Dementsprechend zeichnen sich besonders akzeptierte Technologien aus durch

- ein hohes Maß an gesellschaftlicher Wünschbarkeit,
- hohe Nutzenerwartungen,

- geringe Schadens-, Katastrophen- und Missbrauchspotenziale,
- sind nicht angstbesetzt.

Hierunter fallen z. B. minimal-invasive somatische Medizintherapien, Haushalts- und Massenkommunikationstechnologien von hohem alltagspraktischen Nutzen, alternative „weiche“ Formen der Energieerzeugung. Zu den besonders abgelehnten Technologien zählen hingegen Waffentechnik, Energietechnik mit Schwerpunkt Kernenergie, Chemieindustrie, Gentechnik, Abfallbehandlungsanlagen (Renn et al. 1997).

Globalindikatoren zur Technikakzeptanz sind zwar hilfreich, um „Makrotrends“ und generelle Stimmungen und Werthaltungen in der Bevölkerung – ggf. auch im internationalen oder Inter-Generationen-Vergleich – zu erfassen. Sie stoßen jedoch an Grenzen der Aussagekraft, wenn es um ausgewählte Technologien und deren konkrete Anwendungen geht, da diese sehr viel differenzierter bewertet werden, als es durch Globalindikatoren erfasst werden könnte.

### **9.2.3 Faktoren, die Einstellungen gegenüber ausgewählten Techniken bestimmen**

In einer Vielzahl von Studien wurde belegt, dass die Öffentlichkeit in ihrem Technikurteil stark nach Technologien und Anwendungsfeldern differenziert. Globalindikatoren zur Messung von Technikakzeptanz sind also von begrenzter Aussagekraft, wenn es um Einstellungen und Bewertungen von Einzeltechnologien bzw. bestimmten Technikanwendungen geht. Die zu diesen konkreteren Techniken und Anwendungen vorliegenden Einstellungen und Bewertungen weichen durchaus von den mit Globalindikatoren erhobenen Ergebnissen (s. Kap. 9.2.1) ab, und zwar deshalb, weil Technik in einen breiten lebensweltlichen Kontext eingebettet wird.

Die Einstellung einzelner Personen zu ausgewählten Techniken wird weitgehend durch drei Faktoren bestimmt, die in der Reihenfolge ihrer abnehmenden Bedeutung genannt werden:

- (1) *Kognitive Bilanzierung von Nutzen und Risiken.* Hierbei werden sowohl individuelle als auch gesellschaftliche Nutzen und Risiken berücksichtigt. Als entscheidend erweist sich jedoch die *Bilanz* von Risiko und Nutzen, nicht die Höhe der jeweiligen Risiken bzw. Nutzen. Bestimmte Schadens- und Risikopotenziale werden also durchaus toleriert, wenn diesen nur ein entsprechend hoher Nutzen gegenüber steht.
- (2) *Emotionale Beurteilung der Technik.* Wie stark spricht die Technik die Emotionen an, wie stark löst sie Begeisterung oder Ängste aus, wie stark ist ihr symbolischer Wert?

- (3) *Persönliche Nähe zur Technik*. Diese kommt durch Interesse, Informiertheit und Begeisterungsfähigkeit („technophiles Einstellungssyndrom“) zum Ausdruck.

Diese drei Hauptfaktoren werden jedoch je nach Technik und Kontext, in dem die Technik steht, mit unterschiedlichen Inhalten gefüllt und auch unterschiedlich stark zueinander gewichtet (Zwick et al. 1998). Viele Bevölkerungsbefragungen beschränken sich auf die kognitiven Aspekte; es gibt nur wenige Befragungen, die speziell auch die emotionalen Aspekte mit erfassen, dabei dürften gerade sie für bestimmte Techniken wie z. B. Nanobiotechnologienanwendungen, Verkehrstelematikanwendungen, die die Autonomie des Verkehrsteilnehmers und z. B. die Freude am Autofahren einschränken, kosmetische Lasermedizinanwendungen u. Ä. sehr wichtig sein.

### 9.2.3.1 Technikspezifische Faktoren

Zu den Merkmalen von Technik, die ihre Akzeptanz bzw. Ablehnung wesentlich mitbestimmen, zählen die „Charakteristika erwünschter Technik“, spezifische technikbezogene Emotionen sowie die Zuordnung zu einem bestimmten Techniktyp, auf die bereits in den Kapiteln 9.1.2 und 9.2.2 eingegangen wurde. Auch das wahrgenommene individuelle und gesellschaftliche Risiko sowie dessen Bilanzierung mit den wahrgenommenen Nutzen spielt bei der Bewertung von Technik generell eine wesentliche Rolle (s. z. B. Zwick et al. 2002) und ist für verschiedene „Risikotechnologien“ wie z. B. die Kernenergie, Großchemie und Gentechnik (z. B. Zwick 1998, Slaby et al. 2001) intensiv untersucht worden. Der Risikodimension kam in den hier untersuchten Technologiefeldern jedoch keine herausragende Rolle zu. Deshalb wird dieser Aspekt hier nicht näher ausgeführt. Am ehesten dürfte diese Determinante bei der Bewertung von künftigen Nanotechnologienanwendungen von Belang sein, doch liegen hierzu noch keine spezifischen Untersuchungen vor.

### 9.2.3.2 Personenbezogene Faktoren

Zu technikunabhängigen, personenbezogenen Faktoren, die die Bewertung von Technikanwendungen beeinflussen, zählen

- demographische Merkmale (in hohem Maße Geschlecht, in geringerem Maße Alter und Bildung/Beruf),
- das „technikunspezifische“ Techniksyndrom, also das Interesse an, die Informiertheit über und Begeisterung von Technik,
- sowie Lebensstile und Wertorientierungen, die auch vom Zeitgeist abhängig sind.



Bei Werten handelt es sich um relativ zentrale dauerhafte, konsistente und widerstandsfähige Orientierungen, die tiefer als Einstellungen und Meinungen in der Persönlichkeit verankert sind. Werte werden im Laufe der Sozialisation erlernt und spiegeln zum großen Teil Erfahrungen wider, die sich im Lebensverlauf aufgeschichtet haben. Werte bilden sich bevorzugt in bestimmten Lebensphasen (z. B. Adoleszenz) heraus und werden über relativ lange Zeit beibehalten, können sich aber auch später noch in gewissem Umfang verändern. Wertorientierungen umfassen beispielsweise unterschiedliche Auffassungen und Wichtungen bezüglich (Renn et al. 1997, S. 50)

- der körperlichen Sicherheit und des physischen Überlebens,
- der derzeitigen und zukünftigen Gesundheit,
- der Beschäftigungs- und Arbeitsbedingungen,
- der persönlichen Freiheit,
- des Erhalts, des Schutzes und der Verbesserung der natürlichen Umwelt,
- der Persönlichkeitsentfaltung und Selbstverwirklichung,
- des Verhältnisses von Lebensstandard (Wohlstand) zu Lebensqualität.

Ebenso wie Technikeinstellungen können auch Wertorientierungen nicht direkt gemessen, sondern nur mittelbar aus einem bestimmten Antwortverhalten erschlossen werden. Es gibt eine Vielzahl von Unterteilungen mit konzeptionellen und methodischen Unterschieden (eine Auswahl findet sich z. B. in Renn et al. 1997, S. 53ff.). Unabhängig von den verwendeten Konzepten und Unterteilungen in Wertorientierungen und Lebensstile werden deutliche Zusammenhänge mit Technikeinstellungen nachgewiesen. Daher liegt die Auffassung nahe, dass sich Technikeinstellungen auch auf der Basis von Wertorientierungen herausbilden. Entsprechende Untersuchungen liegen zu den hier untersuchten Technologiefeldern aber nur für IuK-Technologien und Verkehrstechnologien vor; Wertorientierungen wurde auch bei der Vorausschau möglicher Bewertungen von Nanotechnologianwendungen berücksichtigt.

Wenn sich Technikeinstellungen auf der Basis von Wertorientierungen herausbilden, Wertorientierungen aber auch zeitabhängig sind, muss auch eine Abhängigkeit der Technikeinstellungen vom Zeitgeist angenommen werden. In Bezug auf den Zeitgeist ist die Situation in Deutschland seit dem Ende der 1980er-Jahre durch einen Niedergang der neuen sozialen Bewegungen gekennzeichnet. Die Auseinandersetzungen um den wissenschaftlich-technischen Fortschritt verlieren an Schärfe. Die Lage ist gekennzeichnet durch Struktur- und Wirtschaftskrisen, dauerhafte Massenarbeitslosigkeit trotz Produktionsfortschritten, guten Exporterfolgen und beachtlichen Unternehmensgewinnen, durch insgesamt unsichere Zukunftsperspektiven, Staatsverschuldung, dauerhaft nicht mehr tragfähige soziale Sicherungssysteme, Komplexität durch Globalisierung, Marktöffnung und internationalen Wett-

bewerb, wachsende Mobilität von Wissen und Kapital. In dieser Situation wird insbesondere von Wirtschaft und Politik eine herausragende Stellung in Wissenschaft, Forschung und Technik als essenziell für die Sicherung der Zukunftsfähigkeit Deutschlands angesehen. Trotz dieser schwierigen und komplexen Situation spielen materielle Werte für die Existenzsicherung eine eher untergeordnete Rolle, da im internationalen Vergleich ein hohes Maß an Prosperität und Wohlstand herrscht. Der bereits erreichte hohe Standard an Lebensqualität, Gesundheit, Umweltqualität und Selbstverwirklichungschancen soll durch Vorsicht und Bedächtigkeit erhalten werden. Daher soll alles unterbleiben, was den Status quo gefährden könnte. Dies kennzeichnet lt. Zwick et al. (1998, S. 3) zurzeit die Einstellung der Bevölkerung gegenüber der Technik.

### 9.2.3.3 Glaubwürdigkeit und Vertrauen

Gerade bei neuen Technologien sind komplexe, unübersichtliche Situationen häufig, in denen das für eine Orientierung und begründete Entscheidung notwendige Wissen fehlt, so dass Handeln unter Unsicherheit erfolgen muss. Wegen der steigenden Komplexität der Sachfragen sind die Menschen mehr denn je auf Informationen durch Dritte angewiesen. Zumeist fehlen jedoch die Voraussetzungen dafür, die kommunizierten Informationen selbst auf ihre Richtigkeit und Zuverlässigkeit zu überprüfen. In dieser Situation werden Glaubwürdigkeit und Vertrauen zu Schlüsselmechanismen für die Reduktion sozialer Komplexität und für die Herausbildung von Einstellungen und Werturteilen (Renn et al. 1997, S. 113ff, Kohring 2001, S. 6).

Was Vertrauen genau ist, ist unter den verschiedenen Autoren nicht geklärt. Konsens scheint zu sein, dass es sich um ein mehrdimensionales Konstrukt handelt, das Faktoren mit Bezug zu Kompetenz und mit Bezug zu Wertvorstellungen umfasst (Siegrist 2001, S. 36). Bei der Gewährung bzw. Nichtgewährung von Vertrauen spielen folgende Zuordnungsmuster eine wesentliche Rolle (Renn et al. 1997, S. 97f.):

- Identifikationsmöglichkeit,
- Suche nach vermuteten Motiven,
- Übereinstimmung mit eigenem Interesse,
- Moralisierung von Sachproblemen.

Von der Glaubwürdigkeit des Kommunikators wird auf die Glaubwürdigkeit der Information geschlossen. Von sehr großer Bedeutung ist, dass Glaubwürdigkeit und Vertrauen nicht unabhängig vom zeitlichen Verlauf des vertrauensrelevanten Vorgangs ist. So beeinflusst das in der Vergangenheit auf Grund entsprechender Erfahrungen herausgebildete Vertrauen bzw. Misstrauen auch das gegenwärtige Wahrnehmen, Entscheiden und Handeln. Zudem erfordert Glaubwürdigkeit nachvoll-

ziehbarer Konsistenz von Absichtserklärungen und Taten; „Lippenbekenntnisse“ werden im Zeitverlauf durchaus als solche erkannt. Wichtig ist daher: wer informiert wann worüber, wer trifft wann welche Entscheidungen?

### **9.3 Zusammenhang zwischen Technikeinstellung und faktischer Akzeptanz und Nachfrage**

Diese Untersuchung ging von der Prämisse aus, dass zustimmende bzw. ablehnende Haltungen gegenüber neuen Technologien und Technikanwendungen positiv und konstruktiv nutzbar sein sollten, indem sie wesentliche Hinweise auf Erwartungen und Anforderungen geben, die an den gesellschaftlichen Umgang mit künftigen Technikanwendungen und deren Ausgestaltung gerichtet werden. Möglicherweise sollte sich aus einem frühzeitigen Einbezug dieser Nutzerpräferenzen in den Innovationsprozess auch ein Vorteil im (internationalen) Wettbewerb ergeben, wenn auf diese Weise Technikanwendungen auf den Markt gebracht werden, die den Nutzerpräferenzen in besonderem Maße entsprechen (s. Kap. 1).

Vor diesem Hintergrund sollen die in dieser Studie untersuchten Technologiefelder auf folgende Fragen hin durchleuchtet werden:

- Welche zukünftigen Anwendungen der neuen Technologien werden akzeptiert?
- Werden Produkte bei Markteinführung abgelehnt, obwohl vorherige Äußerungen auf Akzeptanz hindeuteten?
- Werden Produkte bei Markteinführung akzeptiert, obwohl vorherige Äußerungen auf Ablehnung hindeuteten?

#### **Akzeptanz zukünftiger Anwendungen**

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei den hier untersuchten fünf Technologiefeldern auf der Einstellungsebene zurzeit keine tief greifenden Vorbehalte identifiziert wurden, die auf eine „Akzeptanzkrise“ oder ein wesentliches Hemmnis bei der Einführung dieser Technologie hindeuten, wie sie beispielsweise für bestimmte Anwendungsfelder der Gentechnik oder die Kernenergie zu verzeichnen sind. Diese Einschätzung gilt jedoch nur für die überschaubare Zukunft. Die Analyse der Nanotechnologie zeigte, dass sich diese Technologie – ähnlich wie die Gentechnik – in besonderem Maße zur polarisierenden Darstellung von Chancen und Risiken eignet und dabei in starkem Maße Emotionen und grundlegende Werte berührt. Gerade visionäre bzw. erst langfristig realisierbare Anwendungen der Nanoelektronik und Nanobiotechnologie bzw. Kombinationen davon, die neuartige, nur durch Nanotechnologie erzielbare Qualitäten aufweisen und nicht unmittelbar an bereits bekannte und vertraute Produkte anknüpfen, die sich durch eine große

Eingriffstiefe in „die Natur bzw. Schöpfung“ auszeichnen und die Grenze zwischen Mensch und Maschine auflösen, weisen Merkmale auf, die eine Ablehnung durch größere Teile der Bevölkerung möglich erscheinen lassen. Hier besteht die Notwendigkeit, diese Vorbehalte, die bislang nur im Diskurs von Fachleuten geäußert wurden, rechtzeitig um relevante Sichtweisen von Laien, Bürgerinnen und Bürgern zu erweitern.

In den Technologiefeldern „E- und M-Commerce“ sowie „Verkehrstelematik“ erscheint aus Sicht der in dem Feld tätigen Unternehmen eher die zeitliche Dynamik der Technikadoption nicht befriedigend, da die tatsächliche Nutzung nicht so schnell wie erwartet erfolgt. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Erwartungen aber zumindest teilweise auch als übersteigert und unrealistisch einzustufen sind. In den Technologiefeldern „Produktionstechnologie“ und „Lasertechnologie in der Medizin“ ist, wie in Kapitel 9.1.4 ausgeführt, teilweise eine „Überakzeptanz“, d. h. ein einseitig technische, der Aufgabenstellung jedoch nicht angemessene Optionen präferierendes Verhalten bei Anbietern und Nachfragern zu beobachten.

### **Ablehnung von Produkten bei Markteinführung trotz vorheriger Akzeptanzäußerungen**

In den folgenden Abschnitten soll diskutiert werden, inwieweit Akzeptanz- und Nachfrageäußerungen auf der Einstellungsebene zuverlässig auf das spätere Handeln schließen lassen. Für eine grundsätzliche Erörterung dieser Fragen siehe Kapitel 3.1.4.

In den untersuchten Technologiefeldern wurden auch Hinweise darauf erhalten, dass Produkte bei Markteinführung durchaus abgelehnt werden, obwohl vorherige Äußerungen auf Akzeptanz hindeuteten. In historischer Perspektive lässt sich dies im Technologiefeld „Produktionstechnologie“ beispielsweise am Anwendungsfeld CIM (Computer Integrated Manufacturing) erläutern, in dem sich Entwickler und betriebliche Entscheider als maßgebliche Akteure längere Zeit an techniklastigen Leitbildern („mensenleere Fabrik“) orientierten, die sich in der Praxis aber letztlich als nicht tragfähig erwiesen. Widerstand in den Betrieben durch die Nutzer der angeschafften Systeme zeigte zum einen das hohe Obstruktionspotenzial der eigentlichen Nutzer, die an den Investitionsentscheidungen kaum beteiligt waren, aber auch die Vernachlässigung der Anwenderperspektive im Entwicklungsprozess der Technologie und im Prozess ihrer Einführung in den Betrieben. Eine Entschärfung dieser Konfliktsituation wurde dadurch eingeleitet, dass sich zunehmend die Erkenntnis durchsetzte, dass für eine nachhaltige Nachfrage innovative Produktionstechnologien in Organisationslösungen eingebettet werden müssen und auch die bei der Einführung und Nutzung der Techniklösungen angewandten Managementmethoden ein wichtiger Faktor sind.

Möglicherweise lassen sich Analogien zur aktuellen Situation im Technologiefeld „Verkehrstelematik“ herstellen: Rollen- und Aufgabenverteilung bei der Einführung der Verkehrstelematik in Deutschland sind zwischen Politik, Verkehrsträgern, Industrie und Dienstleistern abgestimmt; die privaten Endnutzer auf der Nachfrageseite bleiben dabei jedoch zunächst unberücksichtigt bzw. ihre Präferenzen werden an kleinen Nutzergruppen erhoben, deren Nutzungsverhalten wahrscheinlich nicht repräsentativ für breitere Bevölkerungsgruppen ist, obwohl die Erschließung dieser Kundengruppe essenziell ist. Deshalb besteht die Gefahr, dass der Innovationsprozess zurzeit an Kundenpräferenzen ausgerichtet wird, die für den eigentlichen Zielmarkt nur bedingt aussagekräftig sind.

Bei E- und M-Commerce liefern entsprechende Studien zum Teil widersprüchliche Ergebnisse, welche künftigen Anwendungen bei ihrer Markteinführung wahrscheinlich auf eine hohe Nachfrage stoßen werden. In der näheren Vergangenheit erwiesen sich Anwendungen am Markt sehr erfolgreich („Killer applications“), von denen dies nicht unbedingt vorher erwartet worden war.

Im Technologiefeld „Lasermmedizin“ wird die aktuelle Situation, die teilweise von einer „Überakzeptanz“ bei Ärzten und Patienten gekennzeichnet ist, den individuellen und gesellschaftlichen Erwartungen und Anforderungen, die an diese Technologie gerichtet werden, nur teilweise gerecht. Die aktuelle Konstellation der Akteure, ihre Machtverhältnisse und Interaktionen ermöglichen eine – kurzfristige – Nutzenmaximierung einzelner Akteure (z. B. Absatz von Geräten durch Hersteller; Erschließung neuer Einkommensquellen durch anwendende Ärzte; Inanspruchnahme innovativer Medizindienstleistungen durch Patienten/Kunden), die jedoch teilweise zu Lasten der jeweils „abhängigen“ Akteure geht (z. B. teilweise ungünstige Kosten-Nutzen-Relation für anwendende Ärzte wegen hoher Gerätekosten, hohem Qualifizierungsaufwand; mangelnde Transparenz über Kosten-Nutzen-Relation und unzureichende Qualitätssicherung aus Patientensicht; unnötige bzw. nicht wirksame Anwendungen auf Kosten der Solidargemeinschaft u. Ä.) und deshalb auf lange Sicht in dieser Form nicht tragfähig erscheint.

### **Akzeptanz künftiger Anwendungen trotz vorheriger Ablehnung**

Da, wie oben dargelegt, für die hier untersuchten Technologiefelder keine tief greifenden Vorbehalte identifiziert wurden, die auf grundsätzliche Hemmnisse bei der Einführung dieser Technologie hindeuten, ist die Frage, ob Technikanwendungen auch akzeptiert werden, selbst wenn vorherige Äußerungen auf die Ablehnung hindeuteten, für diese Technologiefelder nicht so sehr von Bedeutung.

Diese Frage wurde jedoch beispielsweise für verschiedene Anwendungen der Gentechnik untersucht, die durch die Bevölkerung anhand von Globalindikatoren skeptisch bis ablehnend beurteilt wird. Diese allgemeinen Bewertungen der Gentechnik kovariieren systematisch mit Risikowahrnehmungen. Eine empirische Überprüfung

bestätigte die Hypothesen, dass in Situationen, in denen die Technikanwendung einen hohen Nutzen verspricht und dieser gleichzeitig nicht auch auf anderem Wege erreichbar ist, die Risikowahrnehmungen eine sehr untergeordnete Rolle für Entscheidungen und Bewertungen spielte. Hingegen kam den Risikowahrnehmungen eine entscheidende Rolle zu, wenn ein hohes Alternativenbewusstsein vorhanden war und zugleich kaum Unterschiede in den Vorteilen, die die Gentechnikoption sowie die Alternative boten, gesehen wurde (Slaby et al. 2001).

Außerdem sei darauf hingewiesen, dass Akzeptanzäußerungen immer nur dann Aussagekraft in Bezug auf das spätere Handeln haben, wenn sie in Bezug auf Akzeptanz- bzw. Nachfragesubjekt, -objekt und -kontext spezifiziert waren (vgl. Kap. 3.1.4). Diese Anforderung erfüllen jedoch viele empirische Erhebungen nicht in ausreichendem Maße bzw. können dies – z. B. im Bereich E- und M-Commerce – wegen sehr dynamischer Kontextbedingungen auch nur in eingeschränktem Umfang tun.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die empirische Datenbasis in den hier untersuchten Technologiefeldern zu schmal ist, um die eingangs gestellten Fragen auf einem detaillierteren Niveau als oben ausgeführt beantworten zu können. Zum einen ist zu berücksichtigen, dass selbst bei umfassender empirischer Datenbasis grundsätzlich nur eine Vorausschau, nicht jedoch eine Vorhersage des künftigen Verhaltens auf der Basis heutiger Einstellungsmessung und Präferenz-Äußerungen möglich ist. Hierzu trägt bei, dass Akzeptanz keine feste Eigenschaft ist, sondern von der Konstellation von Akzeptanz-Subjekt, -Objekt und -Kontext abhängt und zudem im Prozessverlauf variabel ist (vgl. Kap. 3.1.3). Dies eröffnet aber zugleich Chancen für die Technikgestaltung, indem Akzeptanzvorbehalte konstruktiv zur Identifizierung von Ansatzpunkten für eine Anpassung der Technik und/oder der Kontextbedingungen genutzt werden können.

Zum anderen wurden Untersuchungen, die das Nachfrage- oder Nutzerverhalten von Technikanwendungen erfassen und es mit früheren Bewertungen dieser Anwendungen auf der Einstellungsebene korrelieren, bisher kaum durchgeführt. Um diese Datenlücke zu schließen, wäre es erforderlich, Paneluntersuchungen durchzuführen, die Technikanwendungen auf der Einstellungsebene im zeitlichen Verlauf erfassen und mit dem späteren tatsächlichen Verhalten in Bezug setzen. Einen Ansatzpunkt bieten beispielsweise die Technikeinsatz- und -plandaten aus der Produktionsinnovationserhebung 2001 des ISI, die mit der erstmals 1999 abgefragten Akzeptanz verschiedener organisatorischer und technischer Konzepte in Beziehung gesetzt werden können. Ähnliche Möglichkeiten bieten im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien wiederholt durchgeführte Mediennutzungs-Studien (wie „Zukunft der Medien“ des ISI oder der jährliche World Internet Report der UCLA). Um entsprechend erhobene Daten in Bezug auf die Fragestellung zu validieren, müssten auch weitere Einflussfaktoren auf das Handeln (vgl. Kap. 3.1.4) einbezogen werden. Ausgehend von einer solchen validierten Datenbasis wäre zu

prüfen, inwieweit eine prospektive Nutzung, d. h. eine Vorausschau auf künftiges Handeln, möglich ist.

#### 9.4 Akzeptanz und Nachfrage als Standortvorteile Deutschlands?

In dieser Untersuchung wurde das Leitmarktkonzept (vgl. Kap. 3.2) herangezogen, um über die Nachfrage eine Brücke zwischen Technikakzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit zu schlagen. Es belegt für ausgewählte Innovationen ex post plausibel, dass die Nachfrageseite, die diese Innovationen in besonderer Weise forderte und honorierte, wesentlich zum internationalen Markterfolg und zur internationalen Durchsetzung dieser Innovationen beigetragen hat. Somit lässt sich aus dem Leitmarktkonzept, zusätzlich zu politischen und gesellschaftlichen Intentionen, auch ein ökonomischer Anreiz ableiten, sich mit individuellen und gesellschaftlichen Bedürfnissen in Bezug auf den Umgang mit neuen Technologien und die Technikgestaltung konstruktiv auseinanderzusetzen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob sich aus der hier vorliegenden Untersuchung Hinweise darauf ergeben, bei welchen technologischen Anwendungen Akzeptanz und spezifische Nachfrage in Deutschland Standortvorteile darstellen. Analytisch wurde in dieser sekundäranalytisch angelegten Untersuchung so vorgegangen, dass die verfügbaren Informationen zu Akzeptanz- und Nachfragemustern einerseits und Standortvorteilen, internationaler Wettbewerbsfähigkeit und Leitmarkt-Position Deutschlands in den untersuchten Technologiefeldern zusammengestellt wurden.

Dabei zeigte sich, dass Deutschland im Technologiefeld „**Produktionstechnologie**“ in zahlreichen Marktsegmenten Leitmarktcharakter aufweist. Wesentliche Impulse kommen von der Automobilindustrie als Initiator und Abnehmer von Innovationen, die entlang der Wertschöpfungskette wirken und damit auch positive Effekte z. B. auf Zulieferer haben. Deutschland stellt auch in Bezug auf werkstatorientierte Programmierverfahren, innovative Werkzeugmaschinenkonzepte, Automatisierungstechnik ohne Roboter, Druck- und Papiertechnik, Textilmaschinen, Umwelttechnologien und produktionsintegrierten Umweltschutz und Recyclingtechnologien einen Leitmarkt dar. Möglicherweise gelingt es auch, bei der **Verkehrstelematik** einen Leitmarkt in Deutschland zu schaffen. Günstige Voraussetzungen stellen die starke Automobilindustrie, der sehr hohe FuE-Stand, die abgestimmte Rollen- und Aufgabenverteilung, die gute Verkehrsinfrastruktur, die hohe Bedeutung von Mobilität auf gesellschaftlicher und individueller Ebene, eine zunehmende Ausweitung des Angebots von Seiten der Automobilhersteller sowie der hohe Problemdruck in Deutschland dar. Noch offen ist, inwieweit es gelingen wird, auch die privaten Nutzer zu gewinnen und Anwendungen zu implementieren, bei denen Nutzen und Las-

ten angemessen verteilt sind und die tatsächlich die gewünschten Effekte erzielen. Möglicherweise kann in Teilbereichen Public Procurement wesentliche Unterstützung bieten.

Bei den **IuK-Technologien** gehen zurzeit wesentliche Impulse von den USA bzw. asiatischen Ländern aus. Die technologische Machbarkeit für Internet- und mobile Transaktionsprozesse ist gegenwärtig weitgehend gegeben, zurzeit erfolgt der Auf- und Ausbau der entsprechenden Infrastruktur. Dementsprechend liegt der Schwerpunkt der Innovationstätigkeiten auf der Erschließung neuer Anwendungen und/oder neuer Nutzergruppen für Internet- und mobile Transaktionsprozesse und der weiteren Integration der IuK-Technologien in den privaten und beruflichen Alltag sowie in betriebliche und Organisationsprozesse. Es besteht die Erwartung, dass Deutschland in diesen Bereichen Anschluss an die führenden Länder halten wird. Niedrige Zugangskosten, Gewährung von Datensicherheit und Datenschutz sowie eine hohe Medienkompetenz der Anbieter und Nachfrager sind die wichtigsten Standortbestimmungen, um Deutschland eine führende Position in der globalen Wissensgesellschaft zu sichern. Weitere Standortfaktoren, in denen Deutschland bereits einen Wettbewerbsvorteil aufweist, sind eine dichte Telekommunikations-Infrastruktur, eine ausreichende Internetgesetzgebung, innovative Lösungen der Kryptographie und des Datenschutzes sowie ein Monitoring der Informationsgesellschaft. Marktregulierende Maßnahmen zur Unterstützung der erfolgreichen Entwicklung des E-Commerce konzentrieren sich auf eine Erleichterung und Absicherung der Geschäftsprozesse, Gewährleistung der Datensicherheit und ausreichende Standardisierung der Produkte und Prozesse. Nachholbedarf besteht in der Ausbildung, Qualifizierung und FuE-Kooperation, Gründungsförderung, De-Regulierung der Märkte, im Aufbau wissensbasierter Netzwerke und in der Beseitigung des Fachkräftemangels.

Deutschland gehört zusammen mit den USA und Japan zu den in der **Nanotechnologie** führenden Nationen. Zurzeit können nur plausible Vermutungen darüber angestellt werden, inwieweit es künftig gelingen kann, Deutschland als Leitmarkt für die Nanotechnologie zu etablieren:

- *Nutzung der Vorteile durch bestehende Leitmärkte in Deutschland.* Da insbesondere der Automobilindustrie und Umwelttechnik Leitmarktcharakter in Deutschland zukommt und dies auch Anwendungsfelder der Nanotechnologie sind, kann Deutschland hier möglicherweise in der Nanotechnologie an traditionelle Stärken anknüpfen. Dies gilt ggf. auch für die Präzisionstechnologie.
- *Ausbau der führenden Rolle bei hochwertigen Technologien und forschungsintensiven Gütern.* Deutschland nimmt bei vielen hochwertigen Technologien und forschungsintensiven Gütern traditionell eine führende Wettbewerbsposition ein. Teilweise erscheint diese führende Rolle jedoch durch stark aufholende Wettbewerber – zumindest in Teilbereichen – gefährdet. Das frühzeitige Aufgreifen der Nanotechnologie könnte dazu beitragen, die führende Rolle auch künftig zu be-



hauften. Dies könnte möglicherweise für die Chemie (mit Nanotechnologieanwendungsgebiet Materialien) sowie die Pharmaindustrie zutreffen.

- *Verbesserung der aktuellen Wettbewerbsposition.* In der Halbleitertechnik, Mikroelektronik und IuK-Technologien sowie in der Biotechnologie nimmt Deutschland zwar zurzeit keine führende Wettbewerbsposition ein, doch könnte die Wettbewerbsposition möglicherweise durch frühzeitiges Aufgreifen der Nanotechnologie verbessert werden.

In der **Lasermedizin** sind nachfrageseitige Trends, die das Angebot von und die Nachfrage nach lasermedizinischen Dienstleistungen wesentlich beeinflussen (Hoher Stellenwert von Gesundheit und Schönheit in der Bevölkerung, hohe Kaufkraft, zunehmende Kaufbereitschaft für Gesundheits- und Schönheitsdienstleistungen, zunehmender Anteil von privat finanzierten Leistungen an den ärztlichen Praxisleistungen, wachsender Markt für Erst- und Ersatzbeschaffungen), auch in Deutschland anzutreffen. Wegen der hohen Spezifität der Marktstrukturen und Marktzutrittsbedingungen auf dem deutschen Gesundheitsmarkt liegt jedoch die Vermutung nahe, dass dadurch eher eine idiosynkratische Nachfrage bedient wird, die international so nicht gängig sein dürfte.

Zusammenfassend ergibt sich, dass in den einzelnen Technologiefeldern zwar eine Korrelation der Ergebnisse aus diesen beiden Untersuchungssträngen (Akzeptanz- und Nachfragemuster einerseits, Internationale Wettbewerbsfähigkeit und Leitmarkt-Charakter Deutschlands andererseits) möglich ist, eine Kausalverknüpfung jedoch auf dieser Datenbasis nicht zulässig wäre.

Die deutlichste Begrenzung ergibt sich daraus, dass Leitmärkte bislang nur ex post für ausgewählte Produkte identifiziert wurden, der Versuch einer ex ante Vorausschau hingegen bisher nicht unternommen wurde (Beise 2002, S. 68). Somit besteht zur Beantwortung der oben gestellten Frage in dreifacher Hinsicht Forschungsbedarf:

- ex ante Vorausschau von Leitmärkten,
- ex ante Vorausschau von Akzeptanz- und Nachfrageverhalten auf der Basis von Einstellungsmessungen und Absichtsäußerungen,
- Zusammenführung der beiden Analyselinien.

Sollte dies gelingen, wäre es auch erforderlich, anders als in der hier vorliegenden Untersuchung eine international vergleichende Perspektive einzunehmen, um die relative Vorzüglichkeit eines Standorts gegenüber konkurrierenden Standorten ermitteln zu können. Dies ist eine aufwändige, methodisch sehr anspruchsvolle Aufgabe. Ob und inwieweit es möglich ist, durch diese neue Perspektive anhand von Informationen zu Akzeptanz und Nachfrage die Eignung eines Marktes ex ante als Ersteinführungsmarkt abzuschätzen, muss somit die künftige Forschung zeigen.

## **9.5 Fazit der technologiefeldübergreifenden Analyse und Forschungslücken**

In diesem Kapitel wurde als zusätzliche Reflexionsebene zu der Analyse der einzelnen Technologiefelder eine technologiefeldübergreifende, vergleichende Analyse vorgenommen. Ein solcher Quervergleich lässt insbesondere dann zusätzliche Erkenntnisse erwarten, die über Erkenntnisse aus der Untersuchung der einzelnen Technologiefelder hinausgehen, wenn – zumindest in Teilbereichen bzw. Technik-anwendungen – ein hohes Maß an Übereinstimmung zwischen den Technologiefeldern besteht. In diesen Fällen können dann Determinanten identifiziert und gewichtet werden, die Unterschiede, die trotz der Gemeinsamkeiten bestehen, mit hinreichender Sicherheit erklären können.

Die vergleichende Charakterisierung der hier untersuchten Technologiefelder (Kap. 9.1) machte deutlich, dass diese Technologiefelder sehr unterschiedlich sind, sei es in Bezug auf ihre Bedeutung für die aktuelle bzw. künftige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands (Kap. 9.1.1), den aktuellen Schwerpunkt der Innovationstätigkeit (Kap. 9.1.3), den vorherrschenden Techniktyp (Kap. 9.1.2), die in Bezug auf Akzeptanz und Nachfrage besonders relevanten Akteursgruppen und ihre Interaktionen (Kap. 9.1.4) sowie in Bezug auf den Grad der Beforschung und die Datenlage (Kap. 9.1.5).

Diese Heterogenität des Untersuchungsgegenstandes ermöglichte es, die Anwendbarkeit und Tragfähigkeit des hier gewählten, neuartigen Untersuchungsansatzes in den unterschiedlichsten Technologiefeldern zu überprüfen. Dieser Ansatz bestand darin, Erkenntnisse zu Technikeinstellungen und -akzeptanz sowie Nachfragemustern in die gesamthafte Betrachtung des Innovationssystems, speziell in den Ansatz der „Technologischen Systeme“, einzubetten und aus dem Phänomen der (mangelnden) Technikakzeptanz, das bislang vor allem als innovationshemmender Standortfaktor aufgefasst worden war, konstruktiv Nutzerpräferenzen und Erwartungen an den gesellschaftlichen Umgang mit diesen technologischen Innovationen abzuleiten. Dem lag die Prämisse zu Grunde, dass sich eine adäquate Berücksichtigung der Nutzerpräferenzen im Innovationsprozess als vorteilhaft im internationalen Wettbewerb erweisen kann.

Es zeigte sich, dass dieser neuartige Ansatz in allen hier untersuchten Technologiefeldern prinzipiell anwendbar war. Zudem erwies er sich als viel versprechend und auch in Zukunft weiterverfolgenswert, da er in den untersuchten Technologiefeldern neue Perspektiven für die Technikakzeptanz- und Innovationsforschung und neue Optionen für die Politik eröffnet.

Der in diesem Kapitel durchgeführte Quervergleich zwischen den Technologiefeldern schärft zwar den Blick für Gemeinsamkeiten, Besonderheiten und Spezifika in den einzelnen Technologiefeldern. Insbesondere in Bezug auf die Determinanten

und Bestimmungsfaktoren von Akzeptanz und Nachfrage, die zur Erklärung der vorgefundenen Verhältnisse beitragen können, ist der Quervergleich wegen der Heterogenität der Technologiefelder jedoch nur auf relativ hoch aggregiertem Niveau möglich. Es zeigte sich, dass dieses Analyseniveau nicht differenziert genug ist, um durch diese Queranalyse wesentliche zusätzliche Erkenntnisse über die technologiefeldspezifischen Analysen hinaus zu erlangen.

Akzeptanz und Nachfrage entwickeln sich trotz eines allgemeinen Musters der Diffusionsprozesse (Abb. 9.1) immer technikspezifisch, fallspezifisch und phasenspezifisch. Die technikspezifischen Ausprägungen ergeben sich aus den Spezifika der jeweiligen Technologie, die fallspezifischen Unterschiede sind auf die verschiedenartigen Anwendungen in ihrem jeweiligen Kontext innerhalb des Technikfeldes zurückzuführen. Phasenspezifische Differenzen beziehen sich auf die jeweilig erreichten Stufen des Diffusionsprozesses einzelner Anwendungen innerhalb eines Technikfeldes. Da die Technologiefeldspezifika die technologiefeldübergreifenden Gemeinsamkeiten überwiegen, ist eine differenzierende Betrachtung erforderlich. Universelle Erklärungen oder Modelle können nicht geliefert werden, da neben deutlich ambivalenten Einstellungen in der Bevölkerung für einzelne Technikfelder auch sehr unterschiedliche Rahmenbedingungen vorliegen, teils positive, teils negative Auswirkungen von dieser Technik erwartet werden und oftmals auch deutlich nach verschiedenen Anwendungsfeldern der Technik differenziert wird. Somit erwies sich auch ein ursprünglich angestrebtes Ranking von Determinanten auf technologiefeldübergreifender Ebene in dieser sekundäranalytisch angelegten Untersuchung als nicht möglich. Deshalb kommt dieser Untersuchung eher explorativer Charakter zu.

Dies stellt jedoch einen technologiefeldübergreifenden Untersuchungsschritt nicht grundsätzlich in Frage. Vielmehr ist zu berücksichtigen, dass die hier untersuchten Technologiefelder im Hinblick auf ihre aktuelle bzw. künftige Bedeutung für die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands ausgewählt worden waren, jedoch nicht primär im Hinblick darauf, zur analytischen Bearbeitung der Aufgabenstellung der Untersuchung einen zentralen Beitrag zu leisten. In Bezug auf die Datenlage und den Grad der Beforschung der technologiefeldspezifischen Technikakzeptanz und ihrer Determinanten stellen die hier untersuchten Technologiefelder eine eher suboptimale Auswahl dar. Zu bestimmten Aspekten der Aufgabenstellung dieser Untersuchung wären weitergehende Erkenntnisse wahrscheinlich aus anderen, intensiv untersuchten Technologiefeldern (z. B. Gentechnik, Energietechnik mit Schwerpunkt Kernenergie) gewinnbar gewesen.

Die Befunde aus den untersuchten Technologiefeldern bestätigen die in Kapitel 3.1.2 ausgeführte Konzeption der Untersuchung, nach der vielfältige Informationsquellen und Untersuchungsinstrumente herangezogen werden müssen, um die Aufgabenstellung zu bearbeiten. Zugleich wurden aber auch Forschungslücken deutlich, da die erforderlichen Daten nicht bzw. nicht in der erforderlichen Qualität

und Spezifität zur Verfügung stehen. Technologiefeldübergreifend lassen sich Defizite insbesondere in folgenden Bereichen identifizieren:

- Akzeptanz bzw. Nachfrage werden bevorzugt auf der Wert- und Zielebene, der Einstellungsebene oder der Handlungsebene operationalisiert, wohingegen Untersuchungen, die mehrere dieser Ebenen berücksichtigen, selten sind.
- Bisher liegt der Schwerpunkt quantitativer Untersuchungen zu Technikeinstellungen und -akzeptanz auf der Befragung repräsentativer Bevölkerungsstichproben. Jedoch stellt die allgemeine Bevölkerung nicht notwendigerweise diejenige Akteursgruppe dar, deren Präferenzen, Positionen und Meinungen in den betreffenden Innovationsphasen maßgeblich sind (vgl. Kap. 9.1.4); dies können auch betriebliche Entscheider, Vertreter der Wissenschaft, Forschung und Entwicklung, Nicht-Regierungsorganisationen o. Ä. sein.
- In allen hier untersuchten Technologiefeldern zeigt sich, dass die Einstellungen und Präferenzen der Anwender- und Nutzerseite nur in vergleichsweise geringem Umfang und relativ spät im Innovationsprozess untersucht werden. Zudem werden diese Nutzeraspekte häufig in der Form in den Innovationsprozess eingebracht, dass Wissenschaftler, Entwickler bzw. Entscheider ihre Auffassung von den Präferenzen der künftigen Nutzergruppe einfließen lassen, ohne jedoch diese Zielgruppen direkt zu Wort kommen zu lassen und ihre originalen Äußerungen einzubeziehen. Empirische Untersuchungen zeigen jedoch, dass diese Fremdwahrnehmung der Nutzerpräferenzen und -einstellungen mit den tatsächlichen Nutzerpräferenzen nicht übereinstimmen muss.
- Nutzerpräferenzen werden anhand von kleinen, nicht repräsentativen Stichproben erhoben („Pilotnutzer“), die die Erwartungen und Anforderungen nur verzerrt abbilden, die durch eine künftige *breite* Nutzung gestellt werden.
- Das Untersuchungsdesign zur Erhebung von Nutzerpräferenzen betont kognitiv-rationale Aspekte auf der Einstellungsebene, vernachlässigt aber für die Akzeptanz und Nachfrage auf der Handlungsebene relevante wesentliche Aspekte (z. B. Emotionale Aspekte, Wertorientierungen und Zeitgeist, Handlungsrelevanz von Einstellungen o. Ä.).

Der sich vor diesem Hintergrund ergebende Forschungsbedarf sowie die daraus resultierenden Empfehlungen für Folgeuntersuchungen werden im folgenden Kapitel dargestellt.

## 9.6 Zitierte Literatur

- Beise, M. (2002): Identifizierung von „Lead-Markets“: Ein neuer Ansatz einer globalen Produkteinführungsstrategie. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Die innovative Gesellschaft – Nachfrage für die Lead-Märkte von morgen. Reader zur Tagung am 19.4.2002. S. 63-68. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. April 2002, 96 S.
- Höft, U. (1992): Lebenszykluskonzepte. Grundlage für das strategische Marketing- und Technologiemanagement. Berlin: Erich Schmidt Verlag
- Kohring, M. (2001): Vertrauen in Medien – Vertrauen in Technologie. Arbeitsbericht Nr. 196. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- Marris, C.; Wynne, B.; Simmons, P.; Weldon, S. (2001): Public Perceptions of Agricultural Biotechnologies in Europe. Final Report of the PABE Research Project. Lancaster: Centre for Study of Environmental Change, Lancaster University
- Plinke, Wulff (1997): Die Veränderung von Produktionssystemen im internationalen Vergleich. In: Spur, Günter (Hrsg.): Optionen zukünftiger industrieller Produktionssysteme. Forschungsberichte der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Berlin: Akademie Verlag (Interdisziplinäre Arbeitsgruppen, Bd. 4)
- Renn, O.; Zwick, M. M. (1997): Risiko- und Technikakzeptanz. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag
- Schmoch, U. (2001): Akademische Forschung in der Interaktion mit industrieller Forschung. Zur sozialen Vermittlung von Theorie und Praxis in der Technikgenese. Habilitationsschrift. Karlsruhe
- Siegrist, M. (2001): Die Bedeutung von Vertrauen bei der Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Arbeitsbericht Nr. 197. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- Slaby, M.; Urban, D. (2001): Differenzielle Technikakzeptanz, oder: Nicht immer führt die Ablehnung einer Technik auch zur Ablehnung ihrer Anwendung. Schriftenreihe des Instituts für Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart, No. 2. Stuttgart: Institut für Sozialwissenschaften
- Zwick, M. M. (1998): Perception and Attitudes towards Risks and Hazards of Genetic Engineering within the German Public. Arbeitsbericht Nr. 105. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- Zwick, M. M.; Renn, O. (1998): Wahrnehmung und Bewertung von Technik in Baden-Württemberg. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- Zwick, M. M.; Renn, O. (Hrsg.)(2002): Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Ergebnisse des „Risiko-Survey Baden-Württemberg 2001“. Arbeitsbericht Nr. 202. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg und Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Technik- und Umweltsoziologie



## 10. Schlussfolgerungen, Forschungsbedarf und Empfehlungen

### **Bewertung des in dieser Studie verfolgten Untersuchungsansatzes**

In dieser Untersuchung wurde die Akzeptanz neuer, für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands wichtiger Technologiefelder unter einem neuartigen Blickwinkel betrachtet: wurde in der Vergangenheit die Technikakzeptanz – oder vielmehr die mangelnde Technikakzeptanz bis hin zur „Technikfeindlichkeit“ – nahezu ausschließlich als negativer Standortfaktor betrachtet, der letztlich Innovationen hemme und die künftige Wettbewerbsfähigkeit fraglich erscheinen lasse, so wurde Technikakzeptanz hier als ein positiv und konstruktiv nutzbares Phänomen aufgefasst: es dient zum einen als Indikator dafür, inwieweit die formellen und informellen Organisationen und Institutionen eines Innovationssystems die Herausforderungen zu bewältigen vermögen, die durch neue Technologien gestellt werden. Zum anderen werden über die Technikakzeptanz und ihre Determinanten Erwartungen und Wünsche deutlich, wie die Gesellschaft im Hinblick auf künftige Techniknutzung und -gestaltung beschaffen sein soll. Dadurch wandelt sich der Charakter der Technikakzeptanzforschung von einer Meinungsforschung zu einer „antizipierenden Marktforschung“.

In dieser Untersuchung wurden Erkenntnisse zu Technikeinstellungen und -akzeptanz sowie Nachfragemustern für ausgewählte Technologiefelder überwiegend sekundäranalytisch ermittelt und in die gesamthafte Betrachtung des Innovationssystems, speziell in den Ansatz der „Technologischen Systeme“, eingebettet, um daraus Nutzerpräferenzen und Erwartungen an den gesellschaftlichen Umgang mit diesen technologischen Innovationen abzuleiten. Dem lag die Prämisse zu Grunde, dass sich eine adäquate Berücksichtigung der Nutzerpräferenzen im Innovationsprozess als vorteilhaft im internationalen Wettbewerb erweisen kann. Diese Prämisse hat ihre empirische Fundierung im Leitmärkte-Konzept: Für ausgewählte Produkte, Dienstleistungen und Verfahren hat die jüngere Innovationsforschung empirisch nachgewiesen, dass die Nachfrageseite als Impulsgeber für und Abnehmer von Innovationen eine wesentliche Rolle spielt, über verschiedene Mechanismen zur internationalen Durchsetzungsfähigkeit von Innovationen und damit zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit beitragen kann.

Dieser neuartige Ansatz, der sozialwissenschaftliche Technikakzeptanzforschung und Innovationsforschung kombiniert, wurde an fünf Technologiefeldern, nämlich

- Produktionstechnologie,
- Nanotechnologie,

- IuK-Technologien mit Schwerpunkt E- und M-Commerce,
- Neue Verkehrstechnologien mit Schwerpunkt Verkehrstelematik, sowie
- Lasertechnologie in der Medizin

erprobt, die sich in vielerlei Hinsicht als sehr unterschiedlich erwiesen, so z. B. in Bezug auf ihre Bedeutung für die aktuelle bzw. künftige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands, den aktuellen Schwerpunkt der Innovationstätigkeit, den vorherrschenden Techniktyp, die in Bezug auf Akzeptanz und Nachfrage konkreter Anwendungen besonders relevanten Akteursgruppen und ihre Interaktionen sowie in Bezug auf den Grad der Beforschung und die Datenlage.

Diese Heterogenität des Untersuchungsgegenstandes ermöglichte es, die Anwendbarkeit und Tragfähigkeit des hier gewählten, neuartigen Untersuchungsansatzes in den unterschiedlichsten Technologiefeldern zu überprüfen. Es zeigte sich, dass Ansatz in allen hier untersuchten Technologiefeldern prinzipiell anwendbar war. Zudem eröffnet er neue Perspektiven für die Technikakzeptanz- und Innovationsforschung, aber auch neue Optionen für die Politik. Deshalb erscheint dieser Zugang als viel versprechend und verdient es, auch in Zukunft weiterverfolgt zu werden.

Zu diesen neuen Perspektiven gehört, dass die implizite Annahme, dass eine hohe Akzeptanz grundsätzlich positiv und erstrebenswert, eine mangelnde Akzeptanz hingegen negativ sei, relativiert werden sollte. So ergaben sich in dieser Untersuchung

- *Positive Aspekte geringer Akzeptanz.* Wird Technikakzeptanzforschung im Sinne einer „antizipierenden gesellschaftlichen Marktforschung“ betrieben, liefert sie Informationen über Präferenzen der Nachfrageseite und über Vorstellungen von einer gesellschaftlich wünschenswerten Techniknutzung und -gestaltung. Werden diese Erkenntnisse in den Innovationsprozess eingespeist, können gesellschaftlicher Innovationsbedarf und technologische Innovationspotenziale aufeinander abgestimmt und von dieser Basis aus Gestaltungsoptionen identifiziert und alternative Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Die Gestaltungsoptionen können
  - eine bedarfsgerechte Gestaltung der Technik,
  - eine Gestaltung der Rahmenbedingungen, die eine adäquate Technikentwicklung ermöglicht, ohne dass es zu gesellschaftlichen Kontroversen über ihre Folgen kommt,
  - eine Suche nach „passenden“ Märkten für diese Technik
  - oder auch Kombinationen davon umfassen.
- *Negative Aspekte hoher Akzeptanz.* In Teilbereichen wurde eine „Überakzeptanz“ von technischen Lösungen bei Entwicklern und Pilotanwendern beobachtet, die – gemessen an den zu bewältigenden Aufgaben – überdimensioniert, zu komplex und zu „technikverliebt“ sind und daher nicht bzw. nur unter Ein-



schränkungen geeignet sind, die technisch-wirtschaftlichen Ziele, die mit der Techniknutzung angestrebt wurden, zu erreichen. Solche letztlich nicht bedarfsgerechten Innovationen können am Markt kurzfristig bzw. in Nischen zwar durchaus erfolgreich sein. Eine Überakzeptanz birgt aber auch die Gefahr, mittelfristig „am (breiten) Markt vorbei“ zu innovieren und ggf. auch alternative Optionen zu „verschlafen“, die die Bedürfnisse der Nutzerseite besser aufgreifen.

- *Negative Aspekte empirisch unzutreffender Annahmen über Akzeptanz.* An vielen Stellen dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass die Fremdwahrnehmung der Ausprägung von Akzeptanz und Nachfrage und ihrer Determinanten in einer bestimmten Akteursgruppe aus unterschiedlichen Gründen deutlich von den tatsächlichen Verhältnissen abweichen kann. Dies birgt die Gefahr, dass auf solchen Fehleinschätzungen aufbauende Entscheidungen und Handlungen in Politik und Wirtschaft an den falschen Punkten ansetzen, dadurch die gewünschten Effekte nicht erzielt werden können oder sogar unerwünschte Wirkungen auftreten. Dem könnte durch eine sorgfältige Untersuchung der Ausprägung von Akzeptanz und Nachfrage und ihrer Determinanten in einer bestimmten Akteursgruppe und dem Bekanntmachen der Ergebnisse bei den maßgeblichen Entscheidern vorgebeugt werden.

Aus diesen Gründen erscheint die hier gewählte konstruktive Sicht auf Technikakzeptanz es wert, auch in Zukunft weiterverfolgt und breiter bekannt gemacht zu werden.

Indem in dieser Untersuchung Ergebnisse der Technikakzeptanzforschung in den Ansatz der „Technologischen Systeme“ eingebettet und ein Bezug zur Wettbewerbsfähigkeit hergestellt wurde, wurde der Blick auch geöffnet für andere Standortfaktoren als die Nachfrage, die von Einstellungen gegenüber Technik mit beeinflusst werden, so z. B. die Bedeutung für die Studien- und Berufswahl und die davon abhängenden Humanressourcen. Gleichwohl ist die in dieser Untersuchung gewählte Sichtweise lediglich eine zusätzliche Facette, die nicht dazu verleiten sollte, Aspekte der Akzeptanz und Nachfrage in ihrer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit überzubewerten. Andere Faktoren nationaler Wettbewerbsfähigkeit (von relativen Faktorpreisen bis zu den nationalen Innovationssystemen), wie sie unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen identifiziert haben, werden dadurch nicht in Frage gestellt.

Erkenntnisse aus der Technikakzeptanz- und Innovationsforschung legen nahe, dass die Annahme eines einfachen, linearen und kausalen Zusammenhangs zwischen Akzeptanz, Nachfrage und Wettbewerbsvorteilen viel zu kurz greift. Vielmehr hat man es mit komplexen, mehrdimensionalen Wirkungsmechanismen mit vielfältigen Rückkopplungsschleifen und intervenierenden Faktoren zu tun. Deshalb wurden bei der Konzeption dieser Untersuchung explizit die folgenden Punkte zu Grunde gelegt:

- die Einbettung von Erkenntnissen zu Technikeinstellungen und -akzeptanz sowie Nachfragemuster in die ganzheitliche Betrachtung des Innovationssystems. Für diese Untersuchung wurde der Zugang über das Konzept der „Technologischen Systeme“ gewählt, das die Entwicklung, Anwendung und Diffusion einer neuen Technologie in den Mittelpunkt stellt.
- eine breite Definition von „Technikakzeptanz“ und „Nachfrage“, die sowohl die Handlungs-, Einstellungs- und Wert- und Zielebene dieser Konstrukte berücksichtigt.
- innerhalb eines Technikfeldes die Differenzierung nach konkreten Technikanwendungen (Objekt) sowie den jeweils relevanten Subjekten und Kontexten. Als strukturierende Hilfsmittel wurden hierbei die jeweils relevanten Innovationsphasen und Stufen der Wertschöpfungskette mit herangezogen.
- den Rückgriff auf ein breites Spektrum an Untersuchungsansätzen, methodischen Zugängen und Datenquellen, die ausgewertet und miteinander integriert werden müssen.

Diese Konzeption hat sich grundsätzlich bewährt und sollte auch in Folgeuntersuchungen aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

### **Forschungslücken und Forschungsbedarf**

Trotz der grundsätzlichen Bewährung der neuartigen Fragestellung und der Konzeption ihrer wissenschaftlich-analytischen Bearbeitung zeigten sich in dieser Untersuchung Begrenzungen, die auf den vorwiegend sekundäranalytischen Ansatz zurückzuführen sind. So liegen zwar viele empirische Erkenntnisse zu relevanten Teilfragen vor. Sie reichten oft jedoch nicht aus, um die Fragestellungen umfassend und befriedigend zu beantworten. Häufig handelt es sich um methodisch und konzeptionell wenig anspruchsvolle Erhebungen von geringer Qualität. Zudem lassen sich Teilbefunde oft aus methodischen Gründen nicht zusammenführen. Dadurch lassen sich zum einen widersprüchliche Ergebnisse, die in verschiedenen Studien erzielt wurden, nicht auflösen; zum anderen ist das Zusammenführen komplementärer Ergebnisse verschiedener Studien zu einem Gesamtbild nicht im wünschenswerten Maße möglich, so dass dies „Stückwerk“ bleibt. Der vorliegenden Untersuchung kommt daher eher explorativer Charakter zu.

Auf der hier vorgelegten Basis können nun Folgeuntersuchungen aufsetzen. Sie werden sicherlich auch eigene empirische Erhebungen erfordern, um belastbare Aussagen treffen zu können. Dabei sollten die in dieser Untersuchung identifizierten Defizite und Schwachstellen bisheriger Analysen vermieden werden. Dementsprechend sollten Akzeptanz und Nachfrage jeweils auf der Wert- und Ziel-, der Einstellungs- und der Handlungsebene berücksichtigt werden; es sollten die jeweils maßgeblichen Akteursgruppen identifiziert und ihre Präferenzen und ihr Verhalten

anhand repräsentativer Stichproben, anhand originaler Äußerungen bzw. durch direkten Einbezug und im Hinblick auf alle relevanten Determinanten (z. B. kognitiv-rationale Aspekte, für die Akzeptanz und Nachfrage auf der Handlungsebene relevante wesentliche Aspekte wie Emotionen, Wertorientierungen und Zeitgeist, Handlungsrelevanz von Einstellungen o. Ä.) charakterisiert werden. Hierfür ist ein breites Spektrum an Untersuchungsmethoden und Datenquellen erforderlich. Die „Anschlussfähigkeit“ zwischen verschiedenen Untersuchungsansätzen sollte gewährleistet werden, um Synergien durch die Kombination verschiedener methodischer Ansätze tatsächlich ausnutzen und belastbare Aussagen ableiten zu können.

Weitere Begrenzungen der vorliegenden Untersuchung ergaben sich dadurch, dass die fünf analysierten Technologiefelder auf Grund ihrer Bedeutung für die aktuelle bzw. zukünftige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands vom Auftraggeber ausgewählt und für die Untersuchung vorgegeben worden waren. Somit erfolgte ihre Auswahl nicht primär im Hinblick darauf, zur analytischen Bearbeitung der Aufgabenstellung der Untersuchung einen zentralen Beitrag zu leisten. In Bezug auf die Datelage und den Grad der Beforschung der technologiefeldspezifischen Technikakzeptanz und ihrer Determinanten stellten die hier untersuchten Technologiefelder eine eher suboptimale Auswahl dar. Zu bestimmten Aspekten der Aufgabenstellung dieser Untersuchung wären weitergehende Erkenntnisse wahrscheinlich aus anderen, intensiv untersuchten Technologiefeldern (z. B. Gentechnik, Energietechnik mit Schwerpunkt Kernenergie) gewinnbar gewesen. Zudem war der technologiefeldübergreifende Quervergleich wegen der Heterogenität der Technologiefelder nur auf relativ hoch aggregiertem Niveau möglich. Vor diesem Hintergrund bietet es sich für künftige Folgeuntersuchungen an, den hier gewählten Ansatz weiterzuentwickeln, indem er in Teilfragestellungen unterteilt und eine kritische, aufgabenadäquate Auswahl der Untersuchungsgegenstände vorgenommen wird. Entsprechende Vorschläge werden im folgenden Abschnitt unterbreitet.

### **Empfehlungen für Folgeuntersuchungen**

Für künftige Folgeuntersuchungen sollte die umfassende Aufgabenstellung dieser Untersuchung in relevante Teilfragestellungen unterteilt werden, für die Forschungsbedarf identifiziert wurde. Diese werden unten näher ausgeführt. Für jede dieser Teilfragestellungen sollten diejenigen Technologiefelder bzw. Technikanwendungen sowie methodischen Vorgehensweisen unter Berücksichtigung der oben genannten Anforderungen ausgewählt werden, die für die Beantwortung der jeweiligen Teilfragestellung am besten geeignet erscheinen.

Eine auch für künftige Untersuchungen relevante Teilfragestellung ist die Untersuchung der Ausprägung von Akzeptanz und Nachfrage und ihrer Determinanten in ausgewählten Technologiefeldern. Die Ziele solcher Untersuchungen liegen zum einen darin, Präferenzen der Nachfrage- und Nutzerseite zu erheben, um sie in Innovationsprozesse einzuspeisen. Zum anderen könnten die Ergebnisse als Indikato-

ren dafür genutzt werden, inwieweit die Organisationen und Institutionen des Innovationssystems für die Herausforderungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in diesem Technologiefeld angemessen sind. Hieraus lassen sich Ansatzpunkte für eine Anpassung der Technik und/oder der Kontextbedingungen ableiten. Der in der vorliegenden Untersuchung gewählte Ansatz, hierfür Ansätze der Technikakzeptanz- und Innovationsforschung zu verzahnen, erscheint auch für künftige Untersuchungen tragfähig. Bei der Konzeption der Untersuchung und der Auswahl der Methodik sollten die oben genannten Anforderungen berücksichtigt werden.

Zur Erreichung der oben genannten Zielsetzungen erscheint auch der Vergleich zwischen verschiedenen Technologiefeldern bzw. Technikanwendungen sinnvoll. Bei der Auswahl sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die zu vergleichenden Untersuchungsgegenstände ein hohes Maß an Übereinstimmung aufweisen. Dies sollte es ermöglichen, Determinanten zu identifizieren, die die Unterschiede mit hinreichender Sicherheit erklären können, die trotz der Gemeinsamkeiten bestehen.

Eine weitere Teilfragestellung ist die Untersuchung, inwieweit und warum sich die Ausprägung von Akzeptanz und Nachfrage, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, im zeitlichen Verlauf ändern. Solche Untersuchungen können zum einen dazu dienen, einmalige Untersuchungen, die sich auf einen bestimmten Zeitpunkt beziehen, daraufhin zu überprüfen und zu validieren, inwieweit sie „Momentaufnahmen“ darstellen oder tatsächlich längerfristig geltende Verhältnisse widerspiegeln. Zudem ermöglicht der Einbezug der zeitlichen Perspektive, den Einfluss von Determinanten zu untersuchen, die sich nur langfristig ändern, oder auch die Wirkung von politischen Maßnahmen (z. B. Gesetzesänderungen, Förderprogramme, diskursive Maßnahmen o. Ä.) zu evaluieren. Und schließlich könnte durch solche Untersuchungen auch ein Beitrag zur Schließung der Forschungslücke geleistet werden, die in Bezug auf eine Vorausschau des künftigen Verhaltens auf der Basis heutiger Einstellungsmessungen und Präferenzäußerungen besteht. Hierzu wäre zunächst in retrospektiven Paneluntersuchungen zu klären, inwieweit ein solcher Zusammenhang besteht und welche weiteren Einflussfaktoren von Bedeutung sind, wobei Akzeptanz- bzw. Nachfragesubjekt, -objekt und -kontext spezifiziert sein müssen bzw. ihre Veränderung im zeitlichen Verlauf mit berücksichtigt werden müssen. Anschließend wäre zu prüfen, inwieweit eine prospektive Nutzung, d. h. eine Vorausschau auf künftiges Handeln möglich ist.

Die vorliegende Untersuchung war auf Deutschland fokussiert. Da sich die Generierung relevanten Wissens in Schlüsseltechnologien aber international vollzieht und sie auch einen wesentlichen Beitrag zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit leisten sollen, bieten sich für künftige Untersuchungen auch internationale Vergleiche an. Sie können dazu beitragen, den Einfluss von Determinanten zu untersuchen, die innerhalb eines nationalen Innovationssystems relativ konstant, zwischen nationalen Innovationssystemen aber deutlich unterschiedlich sind. Zudem kann die internationale Perspektive den Blick dafür schärfen, in welcher Hinsicht die jeweiligen Inno-

vationssysteme den Herausforderungen des technologischen Wandels (nicht) angemessen begegnen.

In der vorliegenden Untersuchung lag der Schwerpunkt der Analyse darauf, sekundäranalytisch aufzuarbeiten, welche Nutzerpräferenzen für ausgewählte Technik-anwendungen vorliegen und zu prüfen, inwieweit Defizite bestehen, diese Präferenzen in den Innovationsprozess einzubeziehen. Großer Forschungsbedarf besteht noch in der Konzipierung, Analyse und Evaluation bestehender und neuartiger Instrumente und Maßnahmen, die darauf abzielen, die Nutzerpräferenzen rechtzeitig, wirksam und effizient in den Innovationsprozess einzubeziehen. Forschungsbedarf besteht noch im Hinblick auf folgende Fragen: Inwieweit, durch wen und auf welche Weise werden Nutzerpräferenzen bereits heute antizipiert und in den Innovationsprozess einbezogen? Inwieweit gibt es Defizite? Welches sind die relevanten Akteure bzw. ihre repräsentativen Vertreter, deren Sichtweisen einzubeziehen sind? Wann ist der richtige Zeitpunkt des Einbezugs? Welche Form des Einbezugs ist adäquat? Auf welcher Ebene (z. B. Unternehmen, Verbände, Staat/Politik o. Ä.) müssen welche Maßnahmen und Instrumente angesiedelt sein, mit welchen Inhalten/Schwerpunktsetzungen; wie können sie sich gegenseitig ergänzen? Welcher Aufwand ist, gemessen am erzielbaren Ergebnis, gerechtfertigt?

Für die hier untersuchten Technologiefelder bieten sich Folgestudien und Modellvorhaben, die den frühzeitigen Einbezug von Nutzerpräferenzen in den Innovationsprozess erproben und analysieren, beispielsweise für folgende Bereiche an: stärkere Berücksichtigung der privaten Autofahrer bei der Verkehrstelematik; stärkere Berücksichtigung der nicht spezifisch qualifizierten Fachärzte sowie der Patienten bzw. Kunden in der Lasermedizin; Erweiterung des aktuellen Fachleitendiskurses in der Nanotechnologie um Laienperspektiven; zukünftige Integration von Nano- und Biotechnologie in die Produktionstechnologie.

Eine diese Untersuchung leitende Prämisse war das Leitmärkte-Konzept, mit dessen Hilfe über die Nachfrage eine konzeptionelle Brücke zwischen Technikakzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit geschlagen wurde. Diese konzeptionelle Brücke gilt es in Folgeuntersuchungen aber noch empirisch abzusichern. Hierzu bietet sich zunächst an, anhand ausgewählter Beispiele retrospektiv zu klären, welche Rolle die Technikakzeptanz (auf der Wert- und Ziel-, der Einstellungs- und Handlungsebene) für existierende Leitmärkte gespielt hat bzw. spielt. Parallel dazu könnte der Versuch einer ex ante Vorausschau von Leitmärkten unternommen werden. Sollten sich diese beiden Ansätze als praktikabel und lohnend erweisen, könnten sie mit der oben vorgeschlagenen Vorausschau von faktischer künftiger Akzeptanz und Nachfrage auf der Basis heutiger Einstellungsmessungen und Präferenzäußerungen kombiniert werden.

### **Alternative Ausgangspunkte für Untersuchungen**

Diese Untersuchung ging von der positiven und konstruktiven Nutzung des üblicherweise negativ und hemmend aufgefassten Phänomens der (fehlenden) Technikakzeptanz aus. Dabei zeigte sich, dass die nicht akzeptierte bzw. zu scheitern drohende Technik in der sozialwissenschaftlichen Forschung bislang sehr viel intensiver untersucht worden ist als die akzeptierte und „funktionierende“ Technik. Möglicherweise könnte es – in analoger Weise zum Ansatz der vorliegenden Untersuchung – ein lohnender Ansatz sein, den Blick auch auf akzeptierte und funktionierende Technik zu richten.

Es wurden Folgeuntersuchungen vorgeschlagen, die alle, ebenso wie die vorgelegte Untersuchung, einen technologieinduzierten Zugang haben. Insbesondere für das Ziel, Gestaltungspotenzial für gesellschaftliche Herausforderungen zu identifizieren und auch technologische Optionen im Hinblick auf ihren Problemlösungsbeitrag zu prüfen, bietet sich jedoch ein probleminduzierter Ansatz an. Die hier erprobte Vorgehensweise sollte auch auf einen probleminduzierten Ansatz adaptierbar sein.