

Erwin Egger

**Lieferantenanalyse und –controlling des  
Unternehmens IWK AG**

eingereicht als

**DIPLOMARBEIT**

HOCHSCHULE MITTWEIDA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCE

Wirtschaftswissenschaften

Oberohringen, 2012

**Erstprüfer:** Herr Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling

**Zweitprüfer:** Herr Dipl.-Ing. Joachim Maier

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am: 16.06.2012

**Name:** Erwin Egger  
**Adresse:** A-9951 Ainet, Ainet 122,  
**Tel.:** +43 650 318 8282 bzw. +41 79 367 75 34  
**Mail:** [erwin.egger@gmx.at](mailto:erwin.egger@gmx.at) bzw. [erwin.egger@iwk.ch](mailto:erwin.egger@iwk.ch)

Hochschule Mittweida,

TTZ Weiz, Studienstandort: Innsbruck

## **Lieferantenanalyse und –controlling des Unternehmens IWK AG**

I	Abkürzungsverzeichnis .....	I
II	Abbildungsverzeichnis.....	II
III	Tabellenverzeichnis .....	III
1	Einleitung .....	1
1.1	Problemstellung .....	1
1.2	Zielsetzung.....	3
2	Vorstellung des Unternehmens IWK.....	5
2.1	IWK Organisation.....	6
2.2	IWK Service Standorte.....	7
3	Energiepolitik in der Schweiz.....	8
4	Beschreibung einer WKK-Anlage .....	9
5	BHKW Lieferanten .....	14
5.1	Lieferanten Bio- / Klärgasmodule .....	14
5.1.1	Firma Sokratherm.....	15
5.1.2	Firma Energolux / Digen.....	17
5.1.3	Firma Senergie.....	18
5.1.4	Firma 2G .....	20
5.2	Lieferprogrammmatrix Klärgas.....	22
5.3	Lieferanten Erdgasmodule .....	23
5.4	Lieferprogrammmatrix Erdgas.....	24
6	Bewertung der einzelnen Unterlieferanten.....	26
6.1	Aufstellung von Softfacts.....	26
6.1.1	Technik.....	26
6.1.2	Ausführung .....	27
6.1.3	Firmenaufstellung.....	28
6.2	Numerische Bewertung bzw. Gewichtung.....	29

6.2.1	Gesamtmatrix Softafacts Biogas .....	31
6.2.2	Gesamtmatrix Softafacts Erdgas .....	32
7	Grundlagen der Investitionsrechnung .....	33
7.1	Statische Verfahren.....	34
7.1.1	Kostenvergleichsrechnung .....	35
7.1.2	Gewinnvergleichsrechnung .....	36
7.1.3	Rentabilitätsvergleichsrechnung.....	36
7.1.4	Amortisationsrechnung.....	36
7.2	Dynamische Verfahren.....	38
7.2.1	Kapitalbarwertmethode.....	38
7.2.2	Interne Zinsfußmethode .....	39
7.2.3	Annuitätenmethode .....	39
8	Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an VDI .....	41
8.1	Rahmenbedingungen Klärgas.....	43
8.2	Vergütungssätze Klärgas .....	45
8.2.1	Kalkulation Klärgasmodul .....	46
8.2.1.1	IWK Portfolio 100 kW Kalkulation.....	47
8.2.1.2	IWK Portfolio 200 kW Kalkulation.....	48
8.3	Rahmenbedingungen Erdgas .....	48
8.3.1	Kalkulation Erdgasmodule.....	49
8.3.1.1	IWK Portfolio 100 kW Kalkulation.....	50
8.3.1.2	IWK Portfolio 200 kW Kalkulation.....	50
8.4	Numerische Bewertung / Gewichtung der Hardfacts.....	51
8.4.1	Wirtschaftlichkeitsberechnung Klärgas Portfolio 100.....	52
8.4.2	Wirtschaftlichkeitsberechnung Klärgas Portfolio 200.....	54
8.4.3	Wirtschaftlichkeitsberechnung Erdgas Portfolio 100.....	56
8.4.4	Wirtschaftlichkeitsberechnung Erdgas Portfolio 200.....	58
9	Ganzheitliche Betrachtung.....	60
9.1.1	Bewertung Portfolio Klärgas 100 kWel .....	60
9.1.2	Bewertung Portfolio Klärgas 200 kWel .....	60
9.1.3	Bewertung Portfolio Erdgas 100 kWel.....	61
9.1.4	Bewertung Portfolio Erdgas 200 kWel .....	62
10	Lieferprogramm der Firma IWK .....	63
10.1	Lieferprogramm IWK Portfolio Klärgas 100 bis 300 kWel .....	63
10.2	Lieferprogramm IWK Portfolio Erdgas 100 bis 200 kWel .....	64

11 Erkenntnisse / Fazit .....	65
IV Literaturverzeichnis.....	IV
V Firmeninterne Quellen .....	V
VI Eidesstattliche Erklärung.....	VI

## I Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
AGR	Abgasrückführung
AKW	Atomkraftwerk
BFE	Bundesamt für Energie
BHKW	Blockheizkraftwerk
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CO	Kohlenmonoxid
d.h.	das heisst
etc.	etcetera
ggf.	gegebenenfalls
IWK	Integrierte Wärme Kraft
kWel	Kilowatt elektrisch
LRV	Luftreinhalteverordnung
MAN	Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg
MWel	Megawatt elektrisch
MWM	Motorwerke Mannheim
Nox	Stickoxid
SCR	selektive katalytische Reduktion
TWh	Terawattstunden
V3E	Verband Effiziente Energie Erzeugung
WKK	Wärme kraftkopplung
z.B.	zum Beispiel

## II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lieferprogramm IWK Biogas .....	1
Abbildung 2: Lieferprogramm IWK Erdgas .....	2
Abbildung 3: Organigramm IWK.....	6
Abbildung 4: Servicestellen IWK .....	7
Abbildung 5: Technologien und Brennstoffe für WKK .....	9
Abbildung 6: Energieeinsparung durch KWK .....	10
Abbildung 7: Lieferprogramm Lieferanten Bio-/Klärgas.....	14
Abbildung 8: Lieferprogramm Firma Sokratherm.....	15
Abbildung 9: Lieferprogramm Firma Energolux .....	17
Abbildung 10: Lieferprogramm Senergie.....	18
Abbildung 11: Lieferprogramm 2G .....	20
Abbildung 12: IWK Portfolio Klärgas 100 bis 300 kW.....	22
Abbildung 13: Lieferprogramm Lieferanten Erdgas .....	23
Abbildung 14: IWK Portfolio Erdgas 0 bis 400 kWel.....	24
Abbildung 15: Anforderung des Wirkungsgrades für BHKW Module.....	44
Abbildung 16: Wirtschaftlichkeitsberechnung Portfolio Klärgas 100.....	52
Abbildung 17: Wirtschaftlichkeitsberechnung Portfolio Klärgas 200.....	54
Abbildung 18: Wirtschaftlichkeitsberechnung Portfolio Erdgas 100.....	56
Abbildung 19: Wirtschaftlichkeitsberechnung Portfolio Erdgas 200.....	58
Abbildung 20: Lieferprogramm Portfolio Klärgas nach Bewertung .....	63
Abbildung 21: Lieferprogramm Portfolio Erdgas nach Bewertung .....	64

### III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtmatrix Softfacts Biogas .....	31
Tabelle 2: Gesamtmatrix Softfacts Erdgas .....	32
Tabelle 3: Gegenüberstellung elektrischer Wirkungsgrad .....	45
Tabelle 4: Vergütungssätze anhand den KEV Bestimmungen .....	46
Tabelle 5: Kalkulation Klärgas Portfolio 100 kWel.....	47
Tabelle 6: Kalkulation Klärgas Portfolio 200 kWel.....	48
Tabelle 7: Kalkulation Erdgas Portfolio 100 kWel.....	50
Tabelle 8: Kalkulation Erdgas Portfolio 200 kWel.....	50
Tabelle 9: Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Klärgas 100 kWel .....	60
Tabelle 10: Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Klärgas 200 kWel .....	60
Tabelle 11: Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Erdgas 100 kWel .....	61
Tabelle 12: Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Erdgas 200 kWel .....	62

# 1 Einleitung

Die Firma IWK AG ist ein schweizerisches Unternehmen und beschäftigt sich mit dem Bau und dem Service von gasbetriebenen Blockheizkraftwerken.

## 1.1 Problemstellung

Aufgrund des breiten Lieferprogramms mit vielen namhaften Modulherstellern, stellt sich die Aufgabe, die einzelnen Untertieranten zu analysieren und ihre Schwächen und Stärken aufzuzeigen. Deshalb muss das Lieferprogramm in erdgasbetriebene und biogasbetriebene Blockheizkraftwerke unterteilt werden, um den unterschiedlichen gesetzlichen Anforderungen (z.B. Abgasemissionen) Rechnung zu tragen. Der zu betrachtende Leistungsbereich wird von 100 bis 300 Kilowatt elektrisch festgelegt. IWK ist die Generalvertretung der Firma GE-Jenbacher in der Schweiz. Mit diesem Unternehmen kann ein Leistungsbereich von 330 bis 4'000 Kilowatt elektrisch abgedeckt werden und wird für die Lieferantenbewertung nicht herangezogen, da in diesem Leistungsspektrum keine anderen Motorlieferanten geführt werden. Die nachfolgenden Tabellen stellen das Lieferprogramm der Firma IWK im Bio- und Erdgasbereich dar.

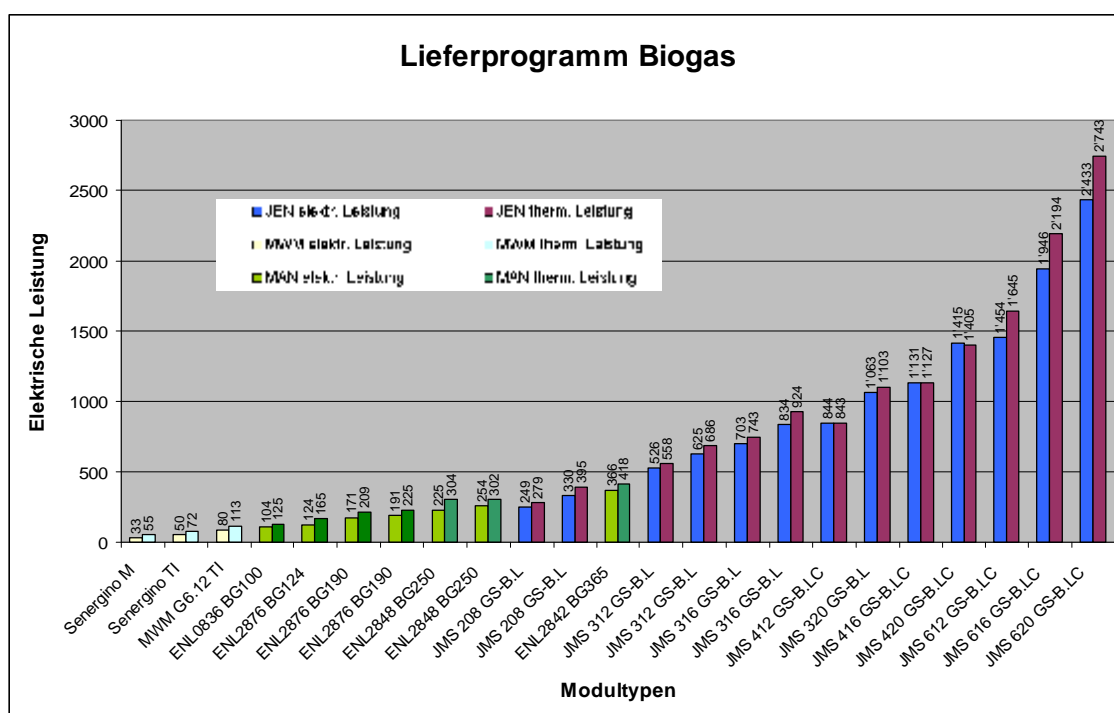


Abbildung 1: Lieferprogramm IWK Biogas



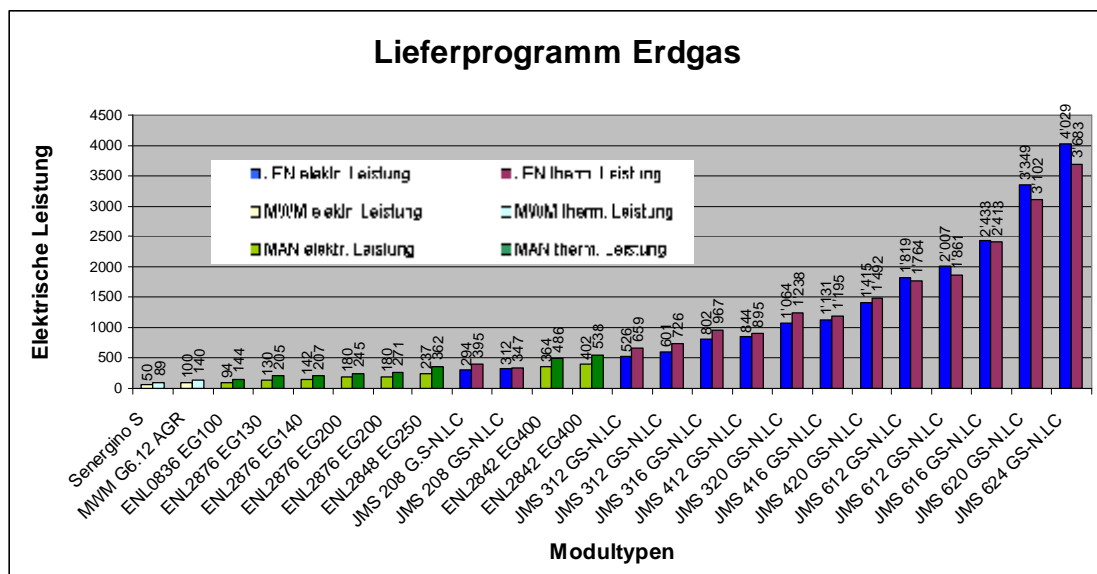


Abbildung 2: Lieferprogramm IWK Erdgas

Die größte Chance in der Aufstellung eines breiten Lieferspektrums besteht verkaufstechnisch darin, dass dem Kunden ein Produkt angeboten werden kann, welches genau auf seine Erfordernisse und Bedürfnisse angepasst ist. Sowohl in der Autoindustrie wie auch in der Motorenindustrie sind Kunden von gewissen Markennamen angetan, da diese Produkte als qualitativ hochwertig eingeschätzt werden. Deshalb werden im Portfolio der Firma IWK unter anderem Motoren der Marke MAN, Liebherr und MWM angeboten.

Aus praktischer Sicht stellt sich jedoch vermehrt die Problematik, dass durch diese unterschiedlichen Produkte die Fachkenntnisse der einzelnen Techniker stark beeinträchtigt sind, da bei den Lieferanten unterschiedliche Komponenten und Steuerungen eingesetzt werden. Nach Rücksprache mit dem Servicepersonal liegt ein weiteres Problem in der Lagerhaltung von Ersatzteilen aufgrund der unterschiedlich eingesetzten Komponenten.

In Kapitel 2 dieser Diplomarbeit wird das Unternehmen IWK beschrieben und dargestellt. Dabei werden die organisatorischen Bedingungen und der Arbeitsbereich beschrieben.

Die energiepolitische Ausgangslage und die technische Funktionsweise von WKK-Anlagen werden in den Kapiteln 3 und 4 vorgenommen, um dem Leser entsprechende Grundkenntnisse im Hinblick auf die politischen bzw. technischen Rahmenbedingungen dieser Technik zu vermitteln.

Im 5. Kapitel wird das Lieferprogramm in Bio-/Klärgas und Erdgas aufgeteilt, da dies aufgrund der technischen und kommerziellen Bedingungen notwendig ist. Das weitere Ziel in dieser Aufteilung besteht darin, die einzelnen Zulieferanten

zu analysieren und aus weichen Faktoren numerische Skalen abzuleiten. Diese Methodik wird in Kapitel 6 dieser Arbeit beschrieben.

Die theoretischen Grundlagen für die Investitionsrechnung werden in Kapitel 7 erläutert und kritisch betrachtet.

Im 8. Kapitel wird auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung von den zu betrachteten BHKW-Anlagen eingegangen, um daraus entsprechende harte Faktoren abzuleiten.

Im letzten Abschnitt dieser Diplomarbeit werden die in Kapitel 8 ausgearbeiteten harten Faktoren resultierend aus der Wirtschaftlichkeitsberechnung mit den weichen Faktoren, welche aus den Beschreibungen der einzelnen Firmen entwickelt worden sind, in eine Gesamtmatrix zusammengeführt, um eine Entscheidungsgrundlage zu erhalten, so dass die qualitativ und quantitativ schlechteren Anbieter aus Sicht des Unternehmens ausgesondert werden können.

In Kapitel 10 wird das Lieferprogramm des Unternehmens IWK mit den getroffenen Ansätzen bzw. den ausgearbeiteten Lösungen dargestellt und entsprechend erklärt.

Im Schlussteil werden die gewonnen Erkenntnisse dargelegt und ein Ausblick in die Zukunft von WKK-Anlagen getroffen.

## **1.2 Zielsetzung**

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, das breite Lieferprogramm des Unternehmens so zu reduzieren, dass aus technischer Sicht die Qualität der Servicedienstleistungen wieder zunehmen kann bzw. das Know-how auf nur wenige Produkte verteilt werden muss.

Ein weiteres Ziel liegt darin, die Rahmenbedingungen, welche in der Schweiz für Klär- und Erdgasanlagen vorherrschen, kritisch zu erläutern und daraus Zukunftsperspektiven für diesen Bearbeitungsmarkt zu treffen.

Seit der Nuklearkatastrophe von Fukushima hat es in der Schweizer Strompolitik ein Umdenken gegeben. Ein erster Ansatz wurde damit getroffen, dass man vermehrt auf erneuerbare Energien setzen und den Erdgasmarkt für WKK-Anlagen neu definieren möchte.

Ein erster zukunftsweisender Schritt wurde damit getroffen, dass sich der Bundesrat für einen Atomausstieg ausgesprochen hat. Mit diesem Entschluss werden die bestehenden Atomkraftwerke am Ende ihrer Betriebsdauer nicht durch neue AKWs ersetzt. Dies ist ein Ausstieg auf Raten, um in der

Zwischenzeit Maßnahmen zu treffen, so dass keine Stromlücke in der Schweiz entsteht. Darin liegt auch das große Potential von WKK-Anlagen, da innerhalb kürzester Zeit Anlagen geplant und installiert werden können.

## 2 Vorstellung des Unternehmens IWK

Die IWK wurde im Jahre 1989 gegründet. Sie vertritt als Generalvertretung die Produkte des Weltmarktführers GE Jenbacher und BHKW-Module mit Motoren des Technologiekonzerns MAN.

Sie ist gemäß beiliegendem Diagramm in der Dillier Holding integriert, in welcher momentan ca. 140 Mitarbeitern beschäftigt sind.<sup>1</sup>

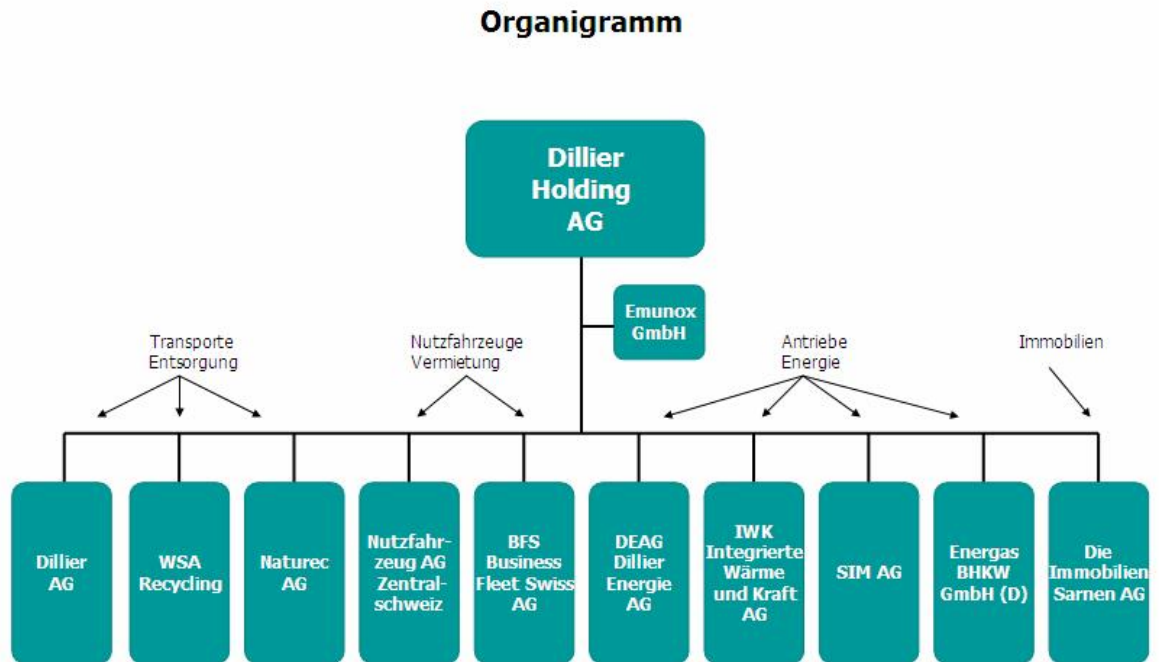


Abbildung 3: Dillier Holding

Das Unternehmen IWK hat sich auf den Bereich gasmotorischer BHKW-Anlagen spezialisiert. Der Leistungsumfang umfasst den Verkauf, die Projektentwicklung und den Service von gasbetriebenen BHKW-Anlagen, die sowohl mit Erdgas, als auch mit Klär-, Deponie- und Biogas betrieben werden. Auch bei Holzgasanlagen konnte die IWK ihr Know-how erfolgreich einsetzen. Gemäß der Statistik des Bundesamtes für Energie, BFE, über die „thermische Stromproduktion inklusive Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz, Ausgabe 2008“, ist die IWK mit einem Anteil von 45% Marktführer.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Maier, J.; 2011; S.1.

<sup>2</sup> Vgl. Sichler, M.; 2011; S.3.

## 2.1 IWK Organisation

Der Mitarbeiterstand konnte in den letzten 10 Jahren kontinuierlich erweitert werden. Zurzeit sind im Unternehmen IWK 18 Mitarbeiter beschäftigt. Das unten angeführte Organigramm stellt die Unternehmensstruktur dar.

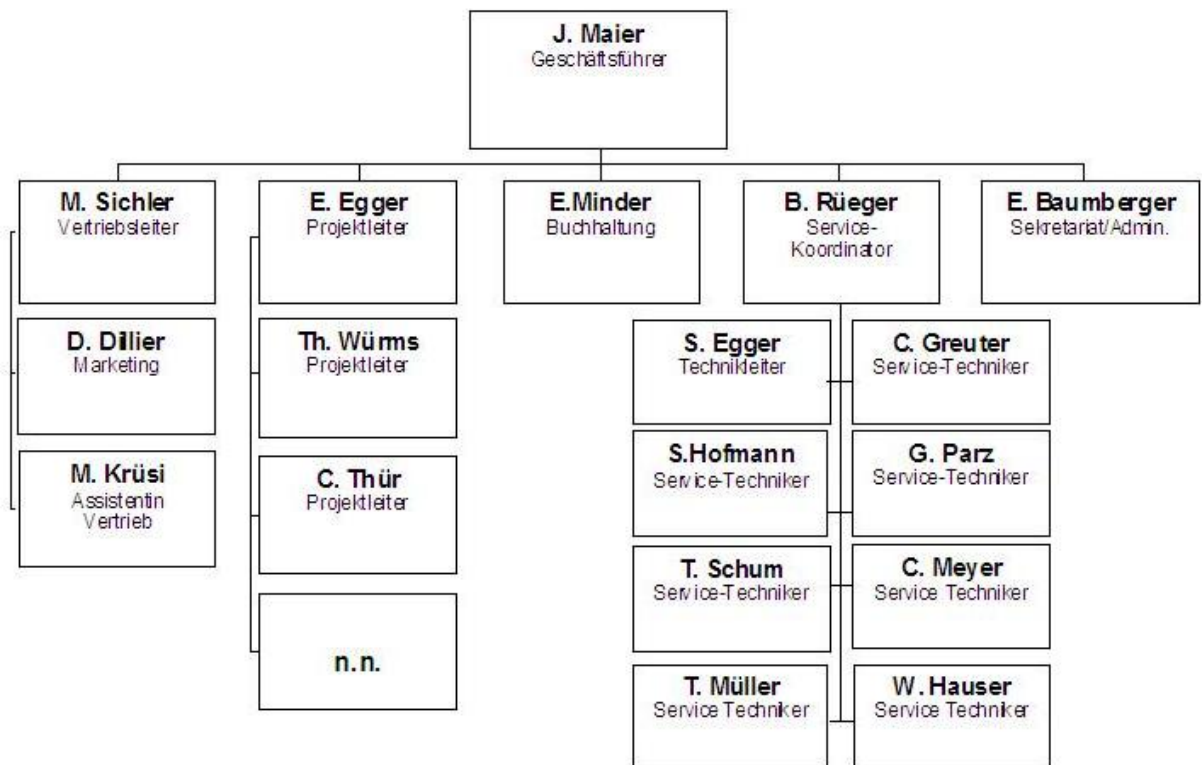


Abbildung 3: Organigramm IWK

Im Herbst 2008 wurde das neue BHKW-Innovationscenter in Oberrohringen-Seuzach bei Winterthur bezogen. Damit konnten die Leistungen kontinuierlich weiter ausgebaut werden.<sup>3</sup>

Bei der Wahl des Standortes für das Kompetenzcenter spielte die gute verkehrsmäßige Anbindung eine wichtige Rolle, was einen Vorteil für Kunden darstellt, aber auch eine gute Lage in Bezug auf die Domizile der Hersteller und zu den Märkten in Österreich und Deutschland gewährleistet. Neben einer modernen Büroinfrastruktur und Räumen für Schulung und Seminare stehen im neuen Gebäude große Lagerkapazitäten für Ersatzteile, Neuaggregate und Gebrauchtanlagen zur Verfügung, sowie eine moderne Werkstatt für Wartungs- und Revisionsarbeiten.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Vgl. Sichler, M.; 2011; S.3.

<sup>4</sup> Vgl. Maier, J.; 2011; S.1.

## 2.2 IWK Service Standorte

Die IWK verfügt über eine eigene Serviceorganisation mit diversen Niederlassungen in der ganzen Schweiz. Nur so kann eine unkomplizierte Abwicklung in Hinblick auf die sprachlichen Unterschiede, welche in der Schweiz vorherrschen, und eine schnelle Reaktionszeit zum Kunden gewährleistet werden.

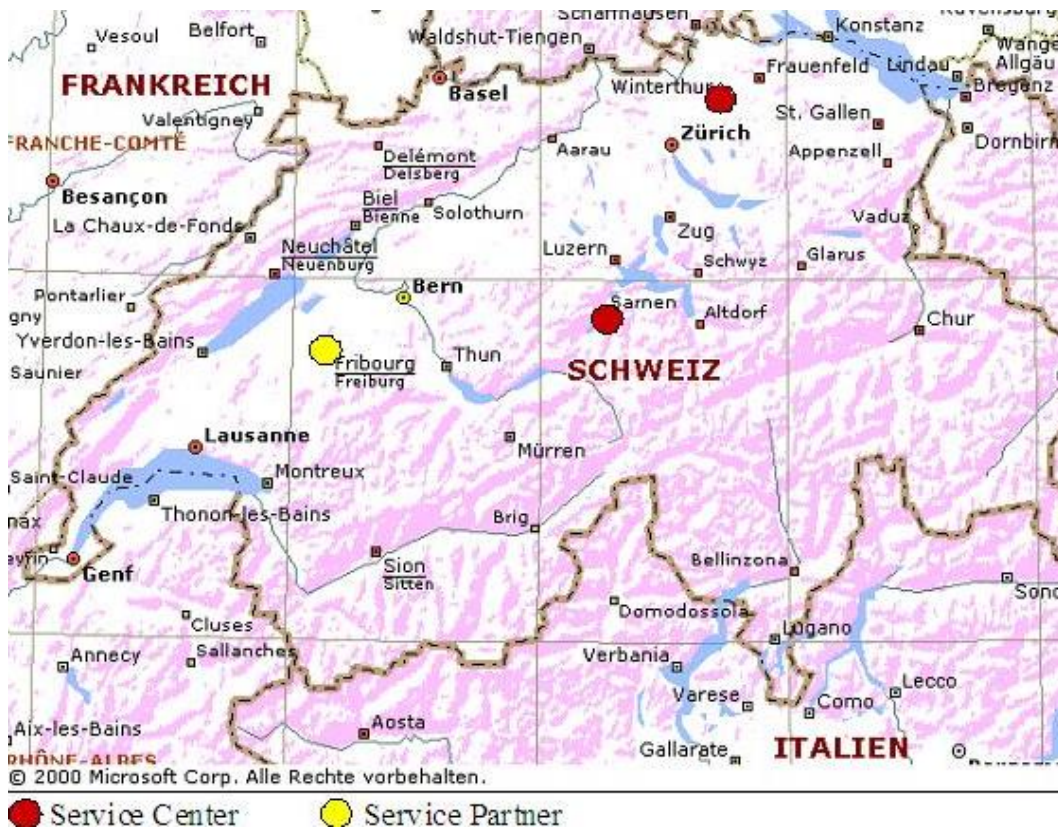


Abbildung 4: Servicestellen IWK  
(Quelle IWK intern)

Die IWK hat seine Service-Center in Winterthur, Basel, Sarnen und ab Mitte 2011 in Bern, sowie mehrere Service-Partner mit bestens ausgebildeten Servicetechnikern, umfangreichen Ersatzteil-Lagern und voll ausgerüsteten Service-Fahrzeugen.

Inbetriebnahmen von Neuanlagen, Erfüllung Inspektions- und Wartungs- sowie Instandhaltungsverträgen, und Ersatzteilservice gehören ebenso zu den Stärken wie der äußerst effektive Störungsdienst.

Internationale Servicedienstleistungen werden von Oberohringen-Seuzach koordiniert. Durch ein modulares Servicevertragskonzept können die Leistungen optimal an ihre Bedürfnisse angepasst werden.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Vgl. Maier, J.; 2011; S.1.

### **3 Energiepolitik in der Schweiz**

Die Schweizer Stromproduktion aus Wärme-Kraft-Kopplung ist mit einem Anteil von 2.5% noch gering. In anderen europäischen Ländern beträgt er 30 bis 50%. Dies mit gutem Grund, denn die Vorteile sprechen für sich. Wärme und Strom werden mit hohen Wirkungsgraden am Ort des Bedarfs hergestellt. Es resultieren geringe Übertragungsverluste. Nutzt man zudem erneuerbare Energieträger wie Biogas, die vor Ort produziert werden, entfallen die Transportwege, was die Ökobilanz des Gesamtprozesses verbessert. Blockheizkraftwerke eignen sich auch zusätzlich zur Abdeckung von Stromspitzen und als Notstromversorgung. Besondere Wirksamkeit entfalten sie im Winterbetrieb, wo nicht nur die Wärme für Heizung und Warmwasser gefragt ist, sondern auch der Bedarf nach Strom steigt. Diesbezüglich weisen sie einen klaren Vorteil gegenüber anderen Energiesystemen auf. Das bedeutendste Potenzial für Blockheizkraftwerke liegt bei Anlagen mittlerer Grösse mit Wärme- und Stromleistungen zwischen 200 kW und 5'000 kW. Studien gehen davon aus, dass in der Schweiz 10 bis 20% des Stromverbrauchs mit Blockheizkraftwerken umweltfreundlich und wirtschaftlich gedeckt werden könnten. Um dieses Potenzial zu erschließen, bedarf es an innovativen Unternehmen, die diesen Markt bearbeiten und ihre Weichen weiter auf Wachstum stellen. Mit dem Ausbau der Kapazitäten und der Eröffnung des Kompetenzzentrums für Wärme-Kraft-Kopplung und Motoren in Oberrohringen-Seuzach setzt die IWK ein klares Zeichen, um einer zukunftssträchtigen Form der energieeffizienten Wärme- und Stromerzeugung neuen Schub zu verleihen.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Vgl. Dillier, D.; 2011; S.1.

## 4 Beschreibung einer WKK-Anlage

Als Brennstoffe werden heute sowohl fossile als auch erneuerbare Energieträger genutzt. Je nach Technologie lassen sich einerseits Erdgas, Flüssiggas, Heizöl einsetzen, andererseits regenerierbare Brennstoffe, wie Biogas, Klärgas und Holzgas etc.

Die WKK dient der gleichzeitigen Erzeugung von Wärme und Strom durch einen Verbrennungsprozess. Davon ausgehend wird eine große Bandbreite an Technologien und Leistungen eingesetzt.

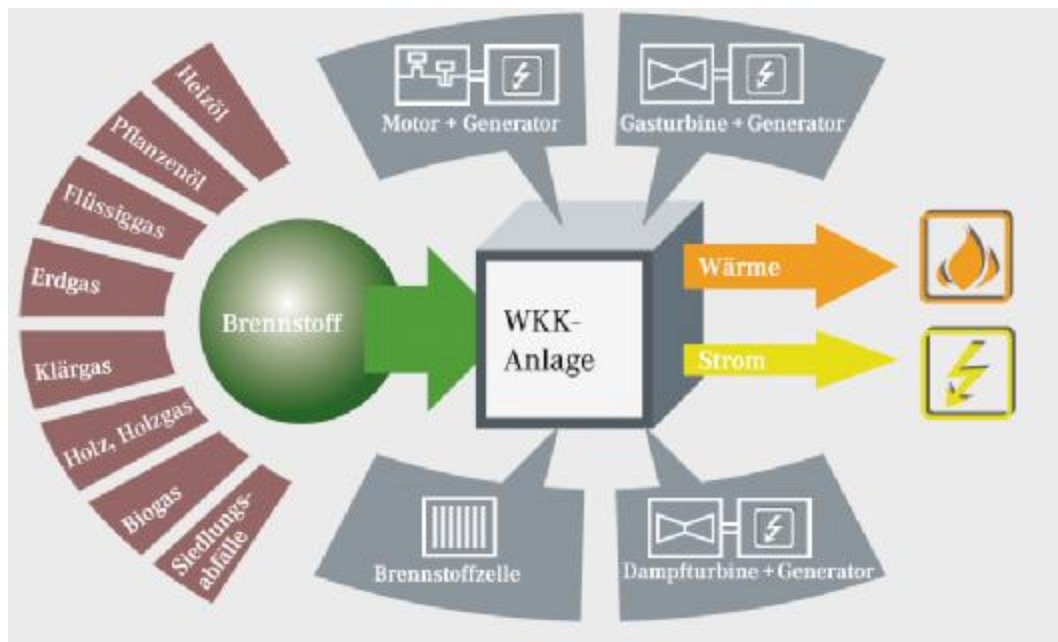


Abbildung 5: Technologien und Brennstoffe für WKK  
Quelle: V3E 2011

Im Markt bereits etabliert und mit unterschiedlichen Leistungen im Einsatz sind Gasmotoren und Gasturbinen. Gasmotoren werden in der Regel als kompakt gebaute Blockheizkraftwerke verwendet. Hierbei spielt auch der modulare Aufbau eine wichtige Rolle. Bei Gasturbinen stehen heute sowohl Mikroanlagen als auch leistungsstarke Großanlagen zur Verfügung.

Gasturbinen weisen gegenüber Gasmotoren einen niedrigeren elektrischen Wirkungsgrad auf, was sich negativ auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung auswirkt.

Stationäre Brennstoffzellen unterschiedlicher Größen und Stirling-Motoren für kleinste Leistungen sind in der Entwicklung und werden als Pilotanlagen eingestuft.

Für die Verstärkung und den Ausbau bestehender Fernwärmenetze werden Energieerzeuger an optimalen Positionen im Netz benötigt. Aufgrund der



geringen Dimensionen eignen sich WKK-Anlagen für solche Aufgaben besonders gut. In Agglomerationen bieten sie eine kompakte Aufstellung, geringe Abgaswerte dank Katalysator, sowie tiefe Lärmemissionen.

Gleichzeitig führt die dezentrale Stromversorgung zu einer Entlastung der Hochspannungsnetze und fördert die Versorgungssicherheit.

Diese Technologie bietet neben der gemeinsamen Wärme- und Stromproduktion auch die Möglichkeit einer kombinierten Kälteproduktion mit Absorptionskältemaschinen.

Einen festen Platz nehmen WKK-Anlagen bzw. Blockheizkraftwerke bei Ersatzstromanlagen ein, welche in Spitäler, Flughäfen und anderen Infrastrukturbereichen zur Anwendung kommen.<sup>7</sup>

Diese Technologie zeichnet sich durch eine hohe Brennstoffausnutzung aus, während eine gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom ermöglicht wird.

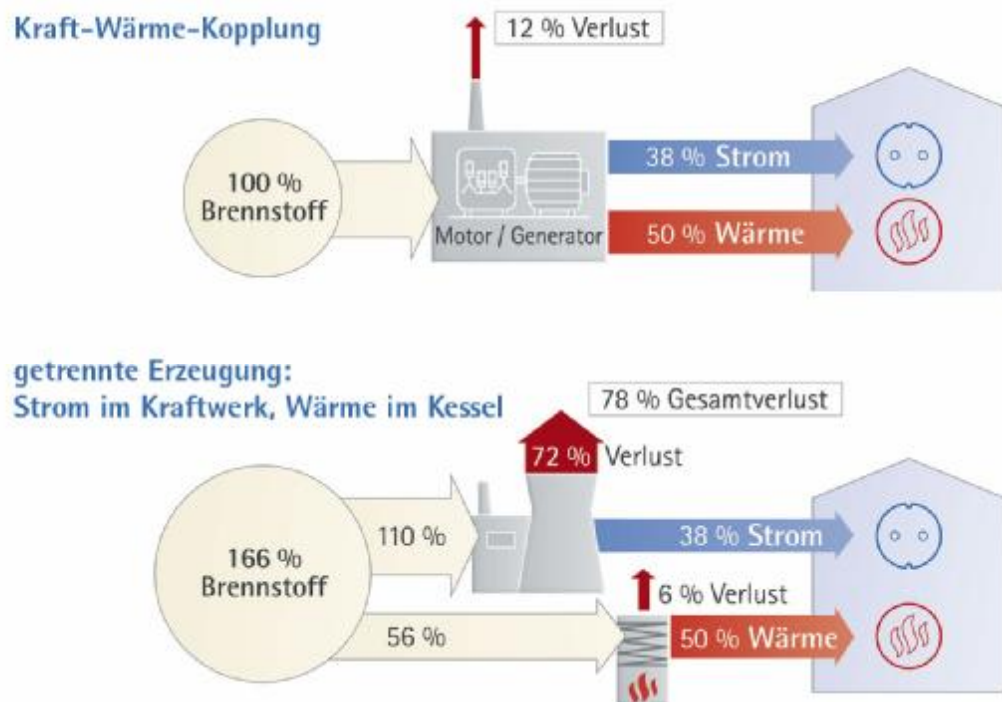


Abbildung 6: Energieeinsparung durch KWK  
Quelle: Bundesverband für KWK-Kopplung 2009

Die oben angeführte Gegenüberstellung soll aufzeigen, dass die KWK-Kopplung eine Effizienzsteigerung gegenüber einer getrennten Erzeugung von Strom und Wärme von 66% aufweist, d.h. der Brennstoff kann effizienter in Strom und Wärme umgewandelt werden.

Die dezentrale Energieversorgung mit WKK Anlagen hat folgende Vorteile gegenüber der herkömmlichen Energieversorgung.

<sup>7</sup> Vgl. Wellstein, J.; 2011; S.4-15.

### 1. Effizienz: Je höher umso besser

Je mehr Wirkung mit einer bestimmten Menge an Primärenergie erzielt werden kann, umso effizienter ist die Technik. Diese Tatsache wird bei der Wärmekraft-Kopplung in aller Deutlichkeit bestätigt. Die effiziente Brennstoffnutzung in WKK-Anlagen für Wärme und Strom ermöglicht einen Gesamtwirkungsgrad von nahezu 100%. Weil Strom eine sehr wertvolle Energieform darstellt, sollten natürliche Brennstoffe nicht nur für die Wärmenutzung verbrannt werden. Installationen werden in der Regel nach dem Wärmebedarf dimensioniert, um die Wärme vollumfänglich nutzen zu können.

### 2. CO<sub>2</sub>-Emissionsverminderung: Dem Klima zu liebe

Die WKK-Technologie besitzt beim unveränderten Einsatz eines fossilen Brennstoffs in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Emissionen ein hohes Reduktionspotential. Einerseits kann dies durch einen Brennstoffwechsel genutzt werden, andererseits bietet der Einsatz erneuerbarer Brennstoffe eine CO<sub>2</sub>-neutrale Verbrennung. Entscheidend verstärkt wird dieser Effekt aber durch die Kombination von WKK und Wärmepumpen, welche Umgebungswärme (Strahlungswärme) nutzen. So können einzelne Öl- und Gaskessel vollständig substituiert werden. Konsequenterweise angewendet, lassen sich mit der Wärmekraftkopplung bis zu 60% der CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren.

### 3. Potentiale der WKK: Der internationale Vergleich lässt aufhorchen

Einige europäische Länder zeigen deutlich auf, welchen Anteil die WKK an der Stromproduktion ausmachen kann: In Dänemark, Holland und Finnland werden 35 – 50% erreicht. Weitere Staaten haben die 10-Prozent-Marke bereits deutlich überschritten. Überall werden hohe Erwartungen in die WKK gesetzt. In der Schweiz liegt der Anteil jedoch erst bei 2.5%. Das Ziel ist nicht, die Schweizer Stromproduktion neu auf fossile Energieträger abzustützen, sondern diese effizienter einzusetzen und den Verbrauch fossiler Energieträger somit letztlich zu reduzieren. Studien der vergangenen Jahre zeigen einen ökonomisch realisierbaren Anteil an der Schweizer Stromproduktion zwischen 10 und 20%. Dieser Wert entspricht einem Leistungszubau von jährlich zwischen 100 und 200 MWel. Bei einer 50% Wahrscheinlichkeit ergibt dies 50 bis 100 MWel. pro Jahr. Innerhalb von 20 Jahren kann somit eine zusätzliche Leistung von 1000 bis 2000 MWel. aufgebaut werden. Selbstverständlich sind

dazu die entsprechenden Rahmenbedingungen des Bundes erforderlich. Zum Vergleich wurden 2010 ca. 6 MWel. an WKK-Anlagen neu zugebaut.

#### 4. Strom im Winter: Gefragter denn je

Wird die WKK für die Heizung und Warmwasserbereitung in Wohngebäuden genutzt, ist vor allem der Winterbetrieb relevant. Damit erhält die Stromproduktion ebenfalls eine höhere Bedeutung, da der Bedarf im Winterhalbjahr höher ist als im Sommer. WKK-Anlagen können zur Spitzenlastabdeckung dienen, aber auch für den Notstromeinsatz sofort zugeschaltet werden.

#### 5. Netzeinspeisung: Viele Quellen für eine ausreichende Strommenge

Die dezentralisierte Stromerzeugung ist in der Schweiz schon heute in Form von vielen Kleinkraftwerken Realität. Netzstrom wird an ca. 2'700 Standorten produziert. WKK-Anlagen mittlerer Leistung speisen Strom auf der Niederspannungsebene und auf der Mittelspannung ein. Zudem befinden sich WKK-Anlagen definitionsgemäß in der Nähe der Wärmeabnehmer, was zu kürzeren Transportstrecken für die Übertragung der elektrischen Energie und deshalb zu weniger Verlusten führt. WKK vergrößert zudem die Anzahl der Produktionsstätten.

#### 6. Wirtschaftlichkeit: Mehr Investitionen und Arbeitsplätze

Die Energiepreise steigen, eine effiziente Nutzung der Brennstoffe ist somit der Schlüssel für eine wirtschaftliche vorteilhaftere Energieversorgung. Neben den ökonomischen Vorteilen des Betriebs einer kombinierten Wärme- und Strom-Produktion sind mit der WKK-Technologie auch positive volkswirtschaftliche Effekte verbunden. Planung und Bau von WKK-Anlagen, Nah- und Fernwärmenetzen, als auch von angepassten Haustechnikinstallationen sind mit einer Zunahme an Investitionen, sowie mehr Arbeitsplätzen und Wertschöpfung in der Schweiz verbunden. In der Schweiz können ca. 5000 Kesselanlagen (ab 500 bis 4000 kWel. Heizleistung) mit WKK effizienter substituiert werden. WKK bringt viele Akteure der Energieszene in einem integralen Gesamtsystem miteinander in Verbindung und überbrückt partikuläre Interessen, damit Brennstoffe effizienter genutzt werden.

## 7. Leistungsspektrum: Für jeden Fall eine geeignete Lösung

Das bedeutendste Potential liegt bei WKK-Anlagen mittlerer Leistung, d.h. zwischen 200 kW und 5000 kW Wärme- und Stromleistung. Es können gasförmige und flüssige Brennstoffe unterschiedlicher Art eingesetzt werden. Dabei sind auch umfassende Abgasreinigungssysteme vorgesehen, damit sich die gesetzlichen Richtlinien erfüllen lassen. Der Platzbedarf ist bei WKK-Anlagen minimal, die Bauzeit kurz. Diese Vorteile machen diese Technik auch besonders attraktiv für den heute besonders wichtigen Bereich der Gebäudesanierungen und der Substitution von Heizkesselanlagen. Die Chance, einen Nahwärmeverbund mit effizienterer Nutzung der Brennstoffe bei gleichzeitig tiefen Investitionen und langfristig niedrigeren Heizkosten zu realisieren, bietet wertvolle Zukunftsperspektiven.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Vgl. Dillier, D.; 2011; S.1-3.

## 5 BHKW Lieferanten

Als erster Schritt für die Lieferantenanalyse wird das Portfolio in Klär- und Erdgasanwendungen unterteilt. Dies ist aufgrund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen (z.B. Emissionswerte, Einspeisetarife, Gaskosten, etc.) notwendig.

### 5.1 Lieferanten Bio-/Klärgasmodule

Die geforderten Abgaswerte liegen bei dieser Brennstoffart bei  $\text{Nox} < 400\text{mg/Nm}^3$  und  $\text{CO} < 650\text{mg/Nm}^3$ . Für diesen Anwendungsbereich kommen folgende BHKW-Hersteller in Frage:

- Energolux
- Senergie
- 2 G
- Sokratherm

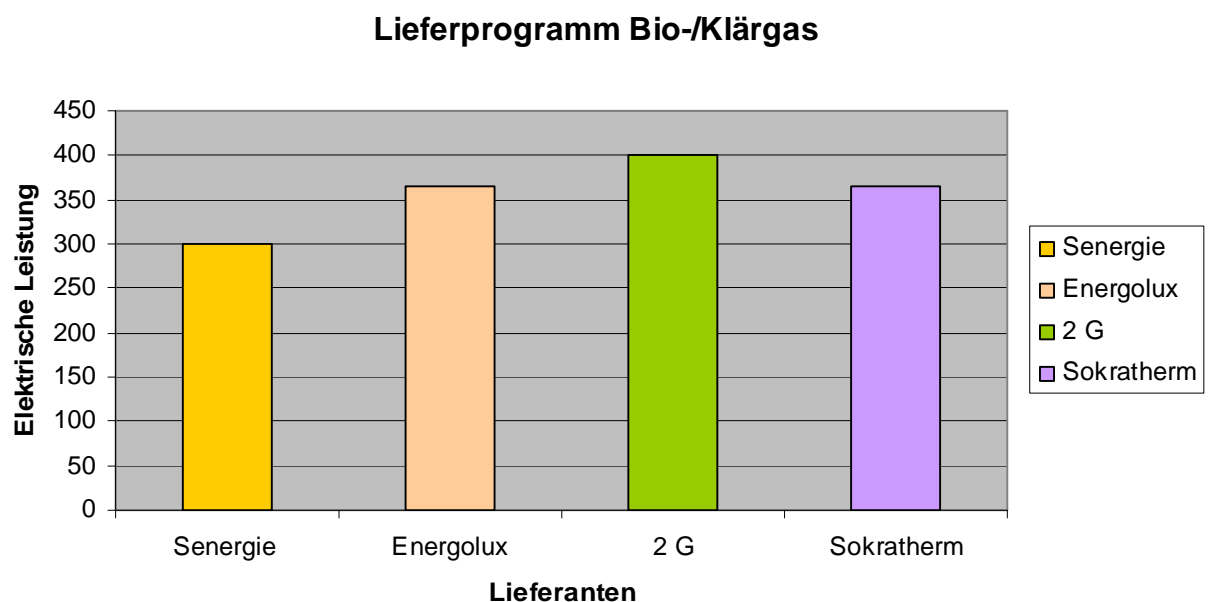


Abbildung 7: Lieferprogramm Lieferanten Bio-/Klärgas

Die in dieser Abbildung dargestellten Grafiken sollen den groben Lieferumfang bzw. den Leistungsbereich der eingesetzten Lieferanten darstellen. Dabei ist im ersten Schritt festzustellen, dass die Firma Senergie nur einen Leistungsbereich von 0 bis 300 kW elektrisch abdecken kann. Würde man sich anhand dieser Grafik auf nur einen Lieferanten einigen, müsste man der Firma 2 G den Vorzug geben, da der Leistungsbereich von 0 bis 400 kW elektrisch abdeckbar wäre. Um jedoch diese entscheidende Aussage treffen zu können, müssen zunächst die einzelnen Firmen erfasst und beschrieben werden.

### 5.1.1 Firma Sokratherm

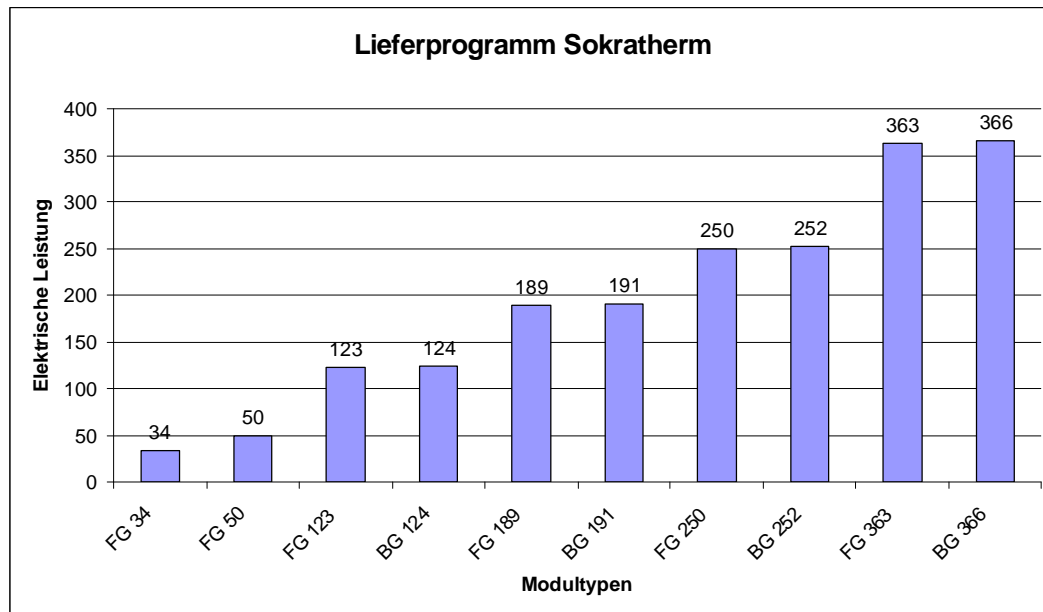


Abbildung 8: Lieferprogramm Firma Sokratherm

Die Firma Sokratherm wurde 1977 gegründet und fertigt seit dieser Zeit Kompakt-Module für unterschiedlichste Gebäude und für unterschiedlichste Ansprüche. Diese lange Erfahrung in der Technologie der Kraft-Wärme-Kopplung sichert Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit und einen wartungsarmen Betrieb der Anlage.

Nur langjährig bewährte Bauteile namhafter Hersteller werden bei Sokratherm eingesetzt. Das garantiert eine außerordentlich geringe Störanfälligkeit. Die Ersatzteilversorgung funktioniert rasch und unproblematisch, da ein Netz von Servicestellen das gesamte Bundesgebiet umschließt und dafür sorgt, dass die Kunden ständig kompetente Ansprechpartner in ihrer Nähe haben.

Das Unternehmen ist ISO 9001:2008 zertifiziert und ist in die vom PQ-Verein geführte Liste der präqualifizierten Unternehmen unter der Nummer 110.000314 eingetragen.<sup>9</sup>

Das Unternehmen wird im Bio- und Klärgasbereich nicht eingesetzt, da in diesen Modulen 3-Wege-Katalysatoren eingebaut sind. Des Weiteren wird auf eine Turboaufladung verzichtet. Dies hat zur Folge, dass durch diesen Systemaufbau der elektrische Wirkungsgrad abnimmt

<sup>9</sup> Vgl. <http://www.sokratherm.de/deutscheindex.html> download am 25.04.2012.

Die Regelung des Brenngas-Luft-Gemisches erfolgt mit einer Lambdasonde im Abgastrakt, welche den Restsauerstoff im Abgas ermittelt und somit das Gemisch in einem sehr engen Lambdafenster einregelt.

Grundsätzlich wurde diese Technik für den Einsatz mit Erdgas entwickelt, da in Maßnahmegebieten wie Zürich und Basel strengere bzw. schärfere Abgasgrenzwerte gelten, welche mit normalen Turbo-Magermotoren nur mit SCR-Katalysatoren erfüllt werden können. Erdgas ist ein Brenngas mit konstanter Zusammensetzung der Einzelgase und frei von Katalysatorgiften wie Schwefelwasserstoff-, Flour-, oder Chlorverbindungen und sonstigen Schadstoffen.

Der Einsatz von biogenen Brenngasen wie Klärgas, Deponiegas, Biogas, Erdölbegleitgas oder Grubengas bewirkt eine Vergiftung des Katalysators, da diese Gase belastet sind. Aus diesem Grund ist eine intensive Reinigung des Gases über Wäsche, Trocknung und/oder Aktivkohlefilter unerlässlich.

Ein anderes Problem dieser Brenngase sind die Schwankungen der Gaszusammensetzung. Bei Biogas kann der Methangehalt auf derselben Anlage zwischen 45 und 55% schwanken. Abhängig ist dies von der Beschickung und der Beheizung der Biogasanlage durch den Landwirt. Da die Gasmotoren mit Abgasrückführung, wie oben beschrieben, eine sehr exakte Regelung des Lambdawertes benötigen, besteht hier noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Es fehlt in dieser Technik die Langzeiterfahrung, da besonders im Klärgasbereich die Zuverlässigkeit der Anlagen die höchste Priorität hat und Ausfälle bzw. Stillstandzeiten erhebliche Gewinneinbußen zur Folge haben.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Vgl. Lorenz, H; 2010, S.1-3.

## 5.1.2 Firma Energolux / Digen

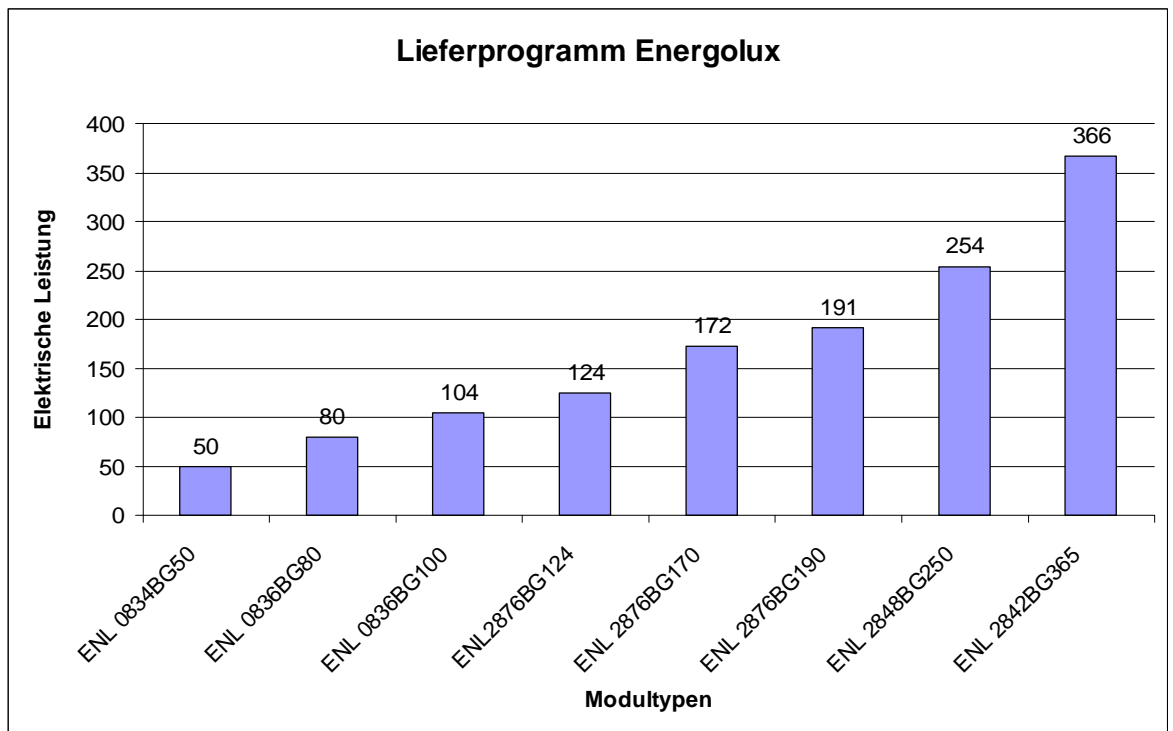


Abbildung 9: Lieferprogramm Firma Energolux

Energolux, 1982 gegründet, hat ihren Sitz in Luxemburg-Hamm und beschäftigt rund 50 Techniker und Ingenieure. Immer darauf bedacht, ihren Kunden umweltfreundliche Lösungen anzubieten, hat Energolux in den Bereichen Notstromaggregate und Blockheizkraftwerke, sowie elektrischen Verteilungs- und Sicherheitssystemen in großen Gebäuden eine Expertenposition erworben. Seit 2009 ist Energolux ein Teil der Konzerngruppe GDF SUEZ.

Energolux ist spezialisiert auf Verkauf, Zusammenstellung und Inbetriebsetzung von Strominstallationen für große Gebäude und exekutierte hauptsächlich Projekte im Großherzogtum Luxemburg. Das Unternehmen deckt den ganzen Bereich der Stromsequenz vom Eingang ins Gebäude bis zum Verbraucheranschluss ab.

Die dort produzierten Blockheizkraftwerke werden mit Biogas oder Erdgas betrieben und werden nach Deutschland, Frankreich, Belgien und in die Schweiz geliefert.

Bis heute wurden rund 200 Blockheizkraftwerke zwischen 50 kW und 2400 kWel geliefert. Im Jahre 2006 hat das Unternehmen den „**Prix Mérite pour**



**l'Innovation dans l'Artisanat**“ verliehen bekommen. Dieser Preis wird von der luxemburgerischen Handwerkskammer verliehen.<sup>11</sup>

Die von IWK installierten BHKW-Module im Leistungsbereich von 100 bis 250 kWel. wurden in der Vergangenheit fast zur Gänze mit diesem Unternehmen realisiert. Der große Vorteil dieser Module bzw. dieser Motoren besteht in der ausgezeichneten Brenngasverwertung. Die von MAN entwickelten Motoren sind rein für die Gasnutzung konzipiert und weisen einen hohen Standardisierungsgrad auf. Dies ist hinsichtlich der Lagerhaltung ein großer Vorteil. Für die Einhaltung der geforderten Abgaswerte müssen keine Oxidationskatalysatoren eingesetzt werden. Dies wurde auch bereits bei unzähligen amtlichen Abgasmessungen bestätigt. Der größte Vorteil besteht in der Magergemischregelung in Anlehnung an das patentierte LEANOX System der Firma GE-Jenbacher, welches auf aufwendige und teure Lambdasonden verzichten kann.

### 5.1.3 Firma Senergie

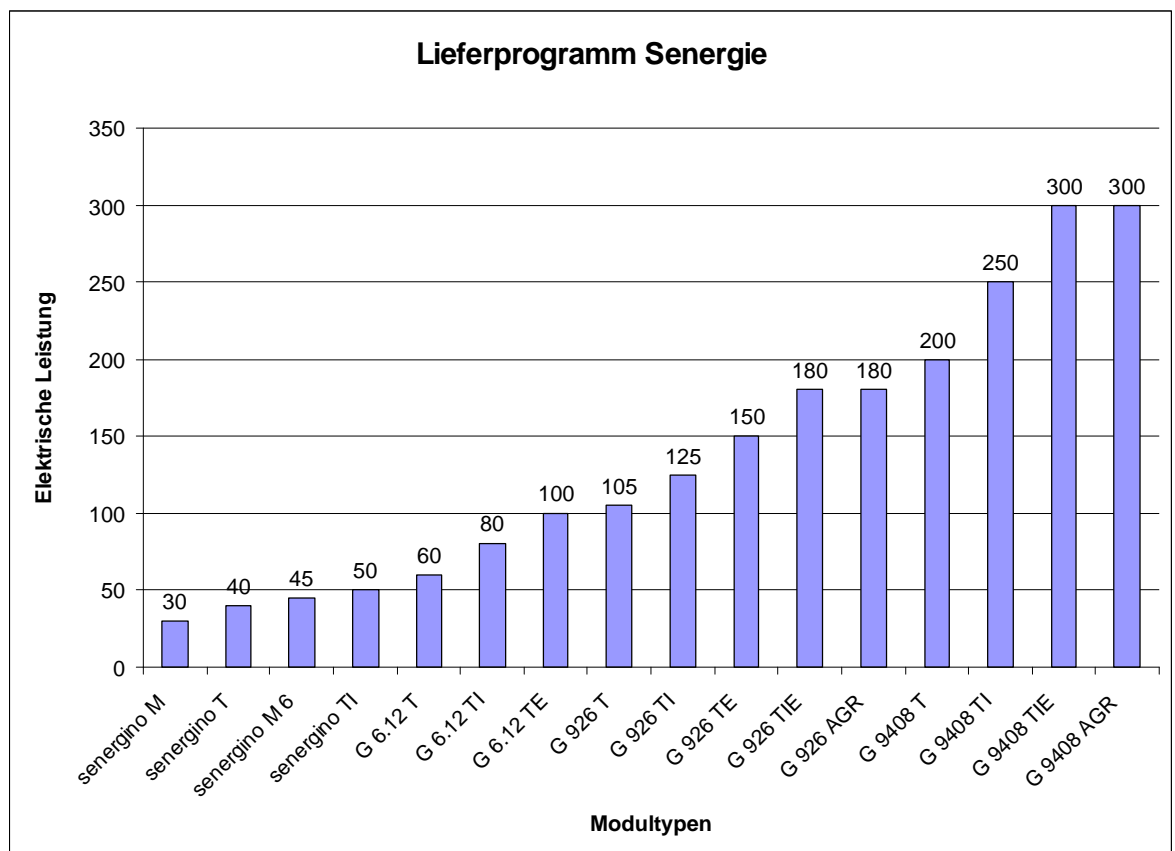


Abbildung 10: Lieferprogramm Senergie

<sup>11</sup> Vgl. <http://www.energolux-gdfsuez.lu/Das-Unternehmen.aspx> download am 25.04.2012.

Die Senergie GmbH ist der BHKW-Spezialist in der Stulz H+E Gruppe für Bio- und Klärgasverstromung, sowie für die wirtschaftliche Energienutzung im Erdgasbereich. Mit mehr als 50 langjährig erfahrenen und hoch qualifizierten Spezialisten entwickeln, bauen, betreiben und betreuen sie an den Standorten Heitersheim und Engen schlüsselfertige BHKW-Anlagen mit deutschlandweitem 24/7 Service.

Das Produktprogramm umfasst Blockheizkraftwerke aus eigener Fertigung von 30 bis 300 kWel. für die Verwendung von Klärgas, Biogas und Erdgas. BHKW's größer als 300 kWel. können in Package-Bauweise geliefert und montiert werden. Es wird konsequent auf die Verwendung bester Komponenten namhafter Markenhersteller gesetzt.<sup>12</sup>

In den letzten 2 Jahren wurden mit diesem Hersteller 4 BHKW Anlagen in der Schweiz realisiert.

Die Einhaltung der Luftreinhalteverordnung können in Verbindung mit einem Oxidationskatalysator eingehalten werden. Die Schadstoffe werden mittels Brennraumtemperaturüberwachung geregelt. Bei einer Unterschreitung der geforderten Nox-Werte (kleiner 350mg/Nm<sup>3</sup>) besteht in der Lieferpalette des Unternehmens die Möglichkeit, diese mittels Abgasrückführungssysteme zu realisieren.

Diese Regelung hat jedoch den Nachteil, dass durch die Gaszusammensetzungen im Biogasbereich (hoher Schwefelgehalt) die Katalysatoren nach wenigen Betriebsstunden nicht mehr einwandfrei funktionstüchtig sind. Aus diesem Grund wird versucht diese Möglichkeit der Abgasreinigung nicht anzubieten. Siehe dazu *Kapitel 5.1.1 Firma Sokratherm*.

---

<sup>12</sup> Vgl. <http://www.senergie.de/unternehmen/die-senergie.html> download am 24.05.2012.

## 5.1.4 Firma 2G

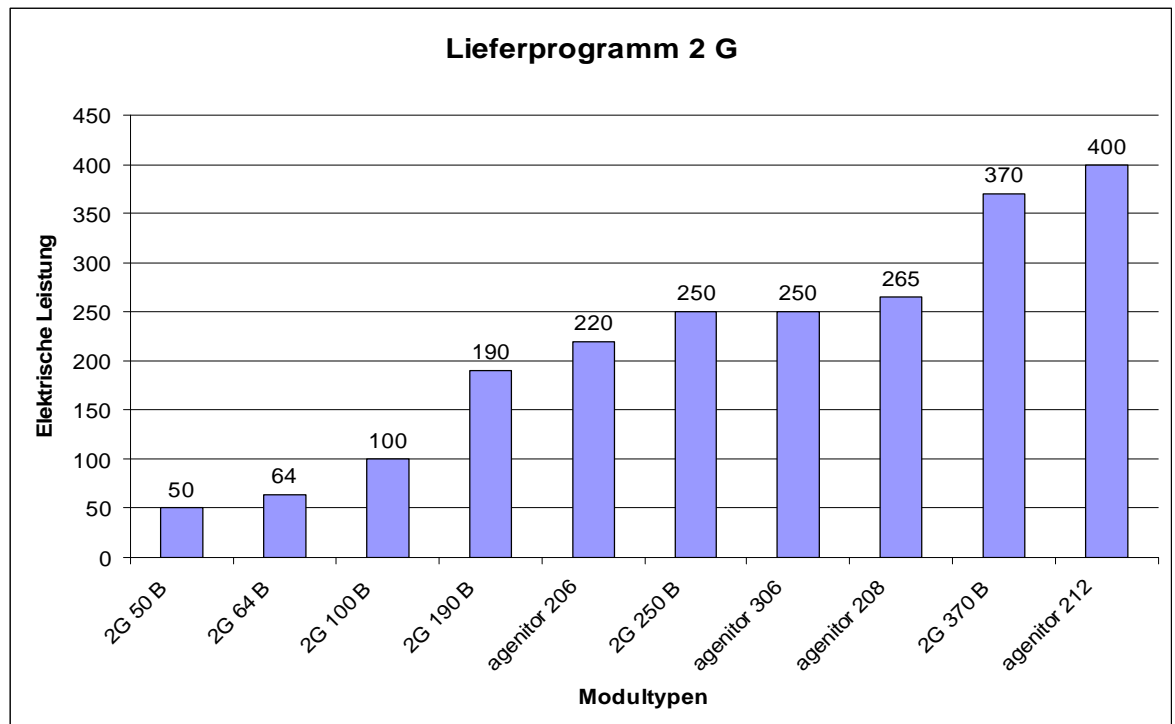


Abbildung 11: Lieferprogramm 2G

Die 2G Energietechnik GmbH aus Heek ist ein führender Anbieter auf dem Gebiet der dezentralen Energieerzeugungssysteme für Kraft-Wärme-Kopplung. Das Produktportfolio umfasst 2G-Anlagen für Erdgas und Biogase, welche für jede Anwendung passende Größen von einem Kilowatt bis vier Megawatt elektrischer Leistung besitzen. Seit ihrer Gründung im Jahr 1995 verfolgt die 2G Energietechnik GmbH ehrgeizige Ziele auf dem Gebiet der Kraft-Wärme-Kopplung und kann heute mit Stolz auf eine außerordentliche Erfolgsgeschichte zurückblicken.

Technologien von 2G zeichnen sich durch brillante Alleinstellungsmerkmale aus. So ist es 2G als erstem Anbieter auf dem deutschen Markt gelungen den elektrischen Wirkungsgrad bei 190 kW Biogas BHKW Anlagen auf Basis von MAN-Motoren um 2,2% zu steigern. Diese einzigartige Technik hat 2G unter dem Namen „agenitor“ 2009 erstmals in den Markt eingeführt und somit auch seine Technologieführerschaft ausgebaut.

Um dem konstant hohen Anspruch, den 2G und die Kunden haben, gerecht zu werden, verfügt 2G bereits über ein engmaschiges nationales Vertriebs- und Servicenetz, sowie europaweite Vertriebsniederlassungen. Auf

internationaler Basis verfügt 2G über wichtige strategische Kooperationen in Kanada und den USA.

Die Zukunft hat für 2G bereits begonnen, denn wo man noch über alternative Energiequellen nachdenkt, setzt das Unternehmen die Ergebnisse aus intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeit bereits zielbringend und für den Endverbraucher kosteneffizient ein und trägt mit seiner Technik zur Verringerung der Treibhausgasemission direkt bei.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Vgl. <http://www.2-g.de/unternehmen-1/index.html> download am 23.05.2012.

## 5.2 Lieferprogrammmatrix Klärgas

Aufgrund der in Kapitel 5.1.1 bis Kapitel 5.1.4 beschriebenen Lieferanten, lässt sich folgende Lieferprogrammmatrix für das Unternehmen darstellen. Wie man anhand der unten dargestellten Grafik feststellen kann, kommt beim Portfolio 300 nur ein BHKW Lieferant in Frage. Deshalb wird dieser Leistungsbereich keiner weiteren Analyse unterzogen.

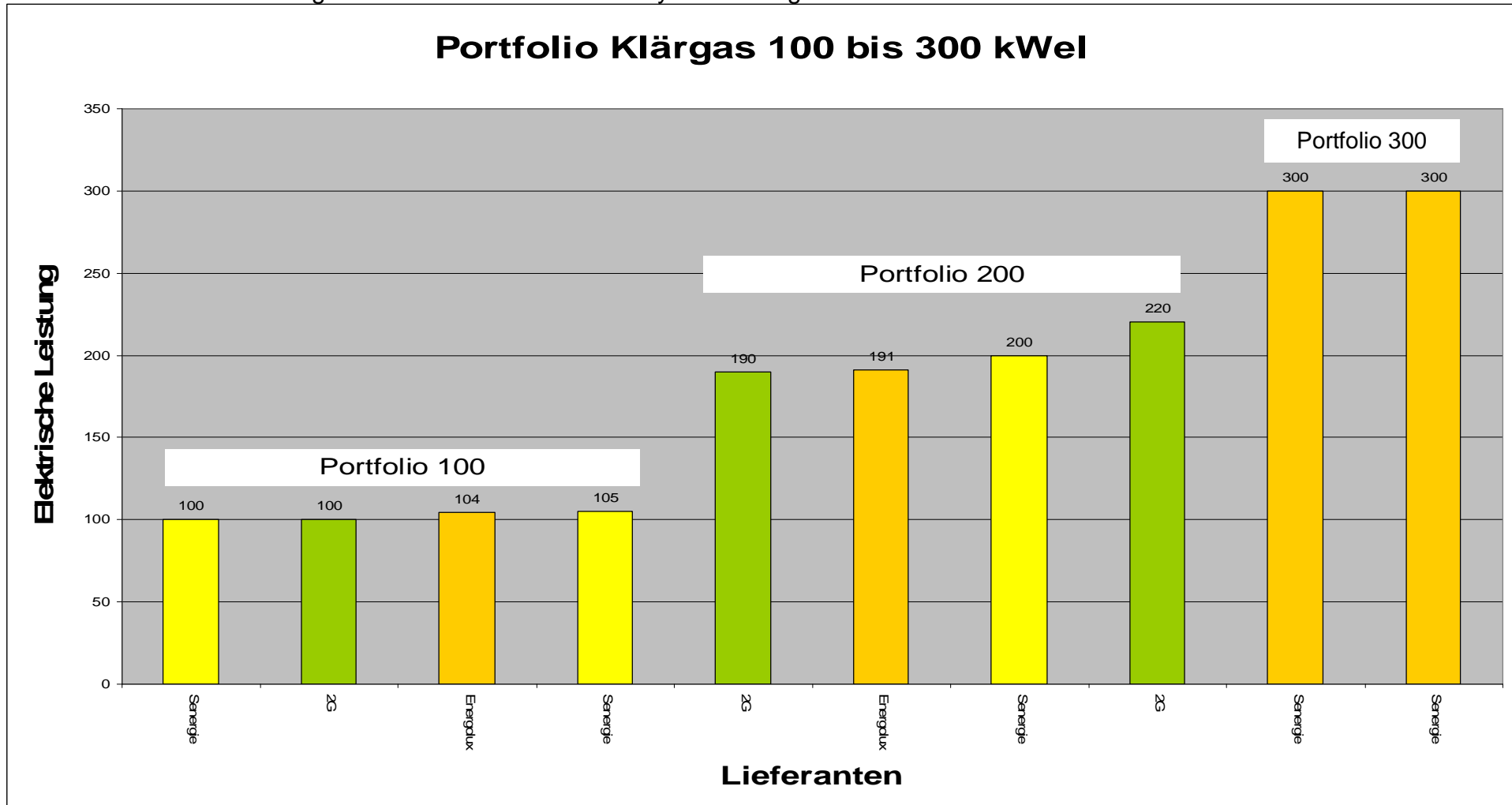


Abbildung 12: IWK Portfolio Klärgas 100 bis 300 kW

### 5.3 Lieferanten Erdgasmodule

Aufgrund der Problematik, dass die Abgaswerte für erdgasbetriebene BHKW Module einer weiteren Verschärfung unterliegen, muss für diese Brennstoffart ein Emissionswert von  $\text{Nox} < 250 \text{ mg/Nm}^3$  zugesichert werden. Aus Kostensicht ist es notwendig BHKW-Module einzusetzen, die mittels eines 3 Wegekatalysators die geforderten Abgaswerte einhalten können. Aus diesem Grund wurde in das Lieferprogramm die Firma Sokratherm aufgenommen. Für die weiteren BHKW Lieferanten, welche mittels einer Magergemischregelung funktionieren, müssen aufwendige SCR-Katalysatoren eingesetzt werden.

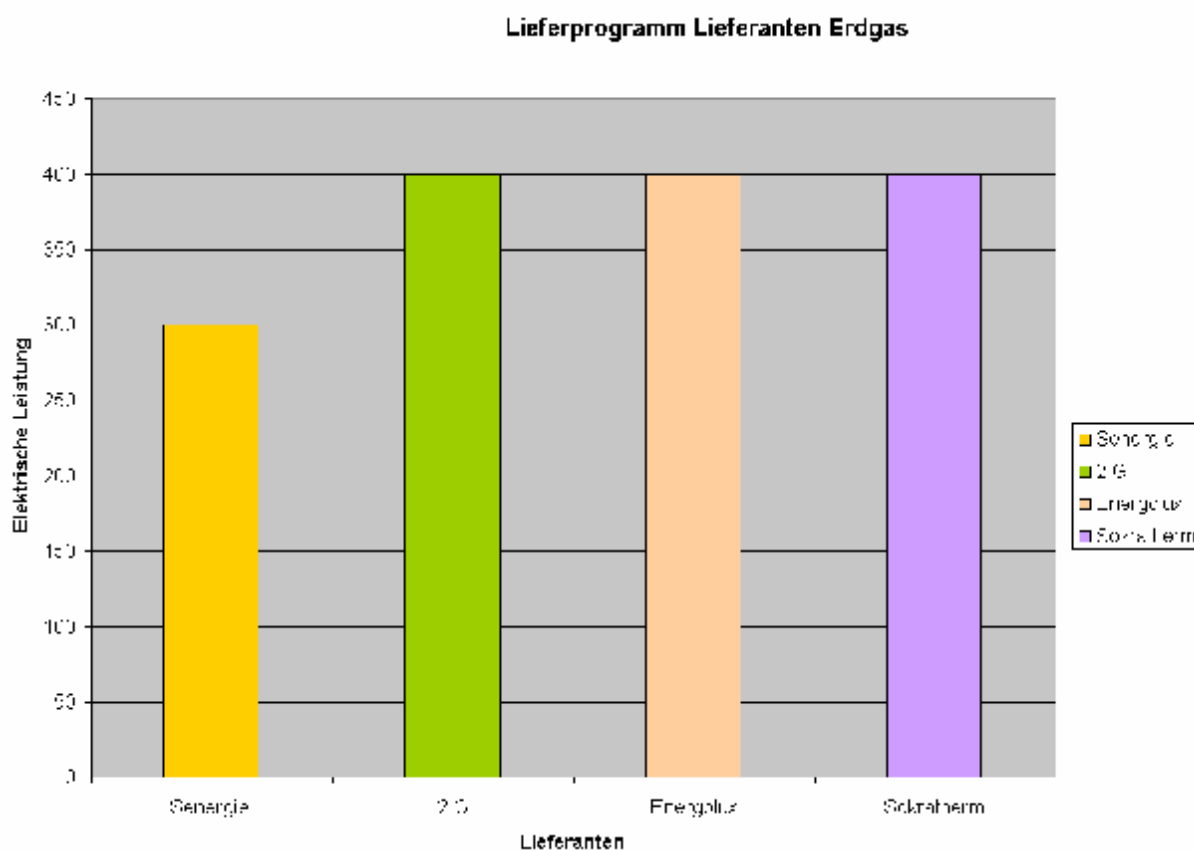


Abbildung 13: Lieferprogramm Lieferanten Erdgas

Der große Nachteil an diesem System ist zum einen der hohe Anschaffungspreis, sowie die laufenden Betriebskosten, hervorgerufen durch den Verbrauch bzw. Einsatz von Harnstoff, um die geforderten Nox-Werte einhalten zu können.

Die Firma 2G sowie das Unternehmen Energolux setzen bei der Technologie auf eine Magergemischregelung, welche ohne das Einsetzen von teuren SCR-Katalysatoren die geforderten Emissionswerte in der Schweiz nicht einhalten können. Aus diesem Grund werden diese Anbieter für fossile Energieträger

nicht weiter verfolgt. Die Firmenbeschreibungen von Sokratherm und Senergie können analog zu den Klärgasbeschreibungen herangezogen werden.

#### 5.4 Lieferprogrammmatrix Erdgas

Aufgrund der in Kapitel 5.3 beschriebenen Lieferanten bzw. eliminierten Lieferanten lässt sich folgende Lieferprogrammmatrix für das Unternehmen im Erdgasbereich darstellen.

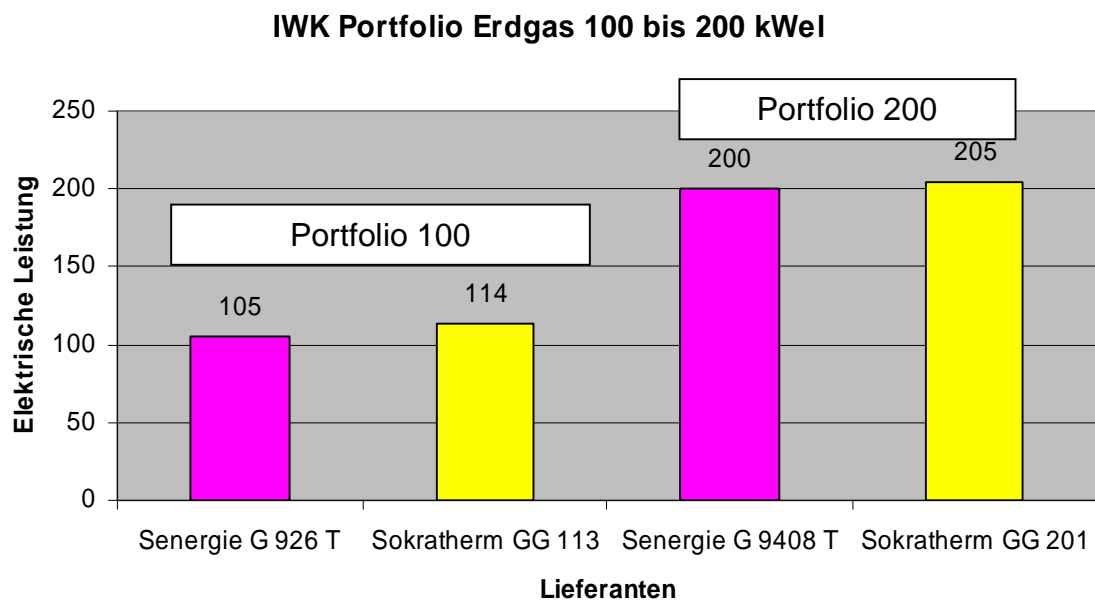


Abbildung 14: IWK Portfolio Erdgas 0 bis 400 kWel

Nach Durchsicht der einzelnen Lieferanten musste festgestellt werden, dass es im Leistungsbereich von 300 kW elektrisch keine passenden Modulvarianten vorhanden sind. Aus diesem Grund wurde das Portfolio auf einen Leistungsbereich von 100 bis 200 kW elektrisch eingeschränkt. Ab einem Leistungsbereich von 300 kW elektrisch kann ein Modul der Firma GE-Jenbacher verwendet werden. Deshalb wurden auch keine weiteren Marktforschungen erstellt, um diesen Bereich mit anderen Herstellern abdecken zu können. Es ist jedoch zu beachten, dass die Firma GE-Jenbacher ebenfalls auf eine Magergemischregelung setzt. Erfahrungen mit diesem Hersteller haben jedoch ergeben, dass durch eine bessere ZündEinstellung, andere Zündkerzentypen und ein mageres Luft-/Gasgemisch, die Nox-Abgaswerte von kleiner 250 mg/Nm<sup>3</sup> in der Schweiz eingehalten werden können. Es ist jedoch festzuhalten, dass der Verbrennungsprozess dadurch instabiler wird, da die Anlagen dadurch mit einem höheren Luft-Überschuss betrieben werden. Für die Einhaltung des geforderten Co-Wertes von kleiner 650 mg/Nm<sup>3</sup> muss ein

Oxidationskatalysator eingesetzt werden. Dies ist bei Erdgasanlagen unproblematisch, da keine Gasverunreinigungen auftreten.



## 6 Bewertung der einzelnen Unterlieferanten

In diesem Kapitel wird auf die einzelnen Unterlieferanten im Detail eingegangen. Ziel soll es sein, dass für die Bewertung Faktoren herangezogen werden, die aus Sicht des Unternehmens einen Maßstab für ein qualitativ hochwertiges Produkt darstellen. In einer ersten Darstellung lassen sich für die Aufstellung der Softfacts folgende Kriterien ableiten.

Diese sind:

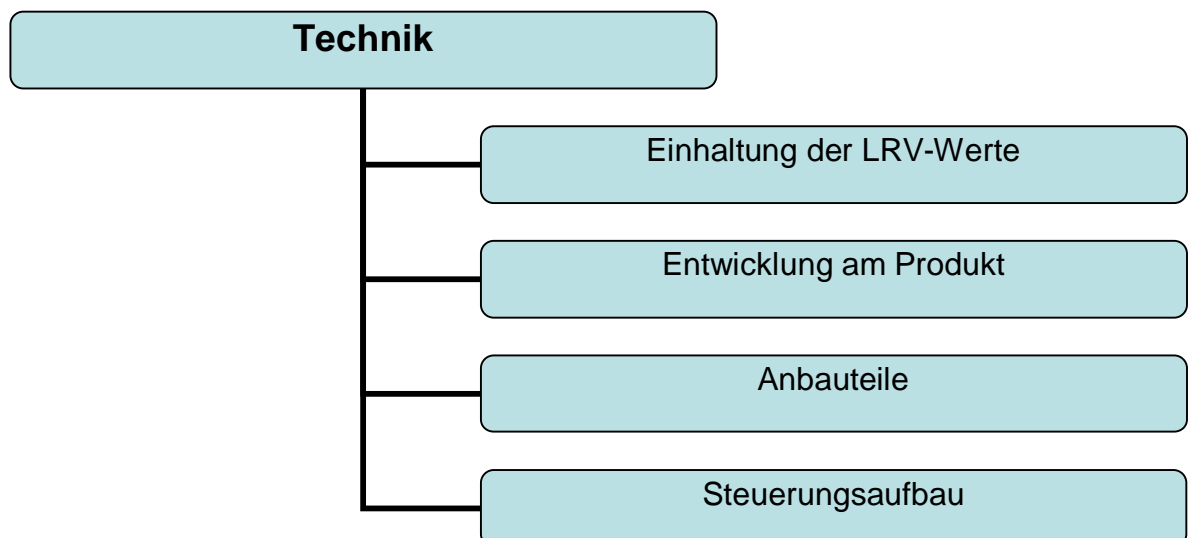
- Technik
- Ausführung
- Firmenstruktur

Wie schon vorher erwähnt handelt es sich bei dieser Darstellung um Faktoren, die keine numerische Größe besitzen. Jeder Mitarbeiter schätzt ein Produkt anders ein als sein Kollege. Ziel soll es sein, dass diese weichen Faktoren in eine numerische Skaleneinheit umgewandelt werden, so dass eine Darstellung bzw. Bewertung möglich ist.

### 6.1 Aufstellung von Softfacts

Von den groben Faktoren ausgegangen werden die Überbegriffe verfeinert und dargestellt.

#### 6.1.1 Technik



Die technischen Parameter werden wie im oben dargestellten Flussdiagramm untergliedert. Bei der Einhaltung der LRV-Grenzwerte in der Schweiz werden die Erfahrungen, welche mit den einzelnen Unternehmungen gemacht

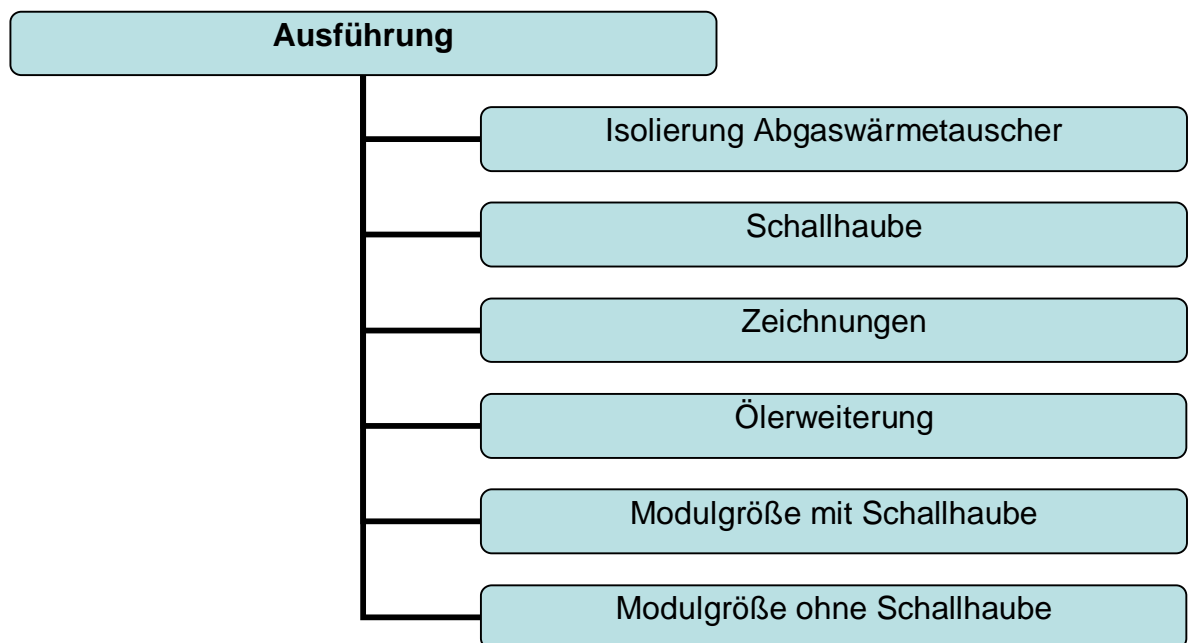
worden sind, bewertet. Dabei wird aufgezeigt, ob die vorgegeben Abgasvorschriften ohne entsprechende Zusatzkomponenten (z.B. Oxidationskatalysatoren) eingehalten werden können.

Bei der Entwicklung am Produkt wird auf die Frage eingegangen, ob die Produkte einem ständigen Veränderungsprozess unterliegen und ob aus den gemachten Fehlern gelernt wurde.

Unter dem Punkt der Anbauteile wird auf entsprechende Qualitätsmerkmale eingegangen, wie z.B. Lebensdauer, Zuverlässigkeit.

In der Bewertung des Steuerungsaufbaus soll aufgezeigt werden, welche Produkte von den einzelnen Firmen installiert werden. Ein hohes Maß an Qualität bietet dabei die Firma Siemens, da defekte Bauteile auch nach Jahren noch beschafft werden können, ohne eine gesamte Umrüstung der Steuerungsanlage vorzunehmen.

### 6.1.2 Ausführung



Bei der Ausführung wird auf wichtige Faktoren hinsichtlich dem Projektmanagement und der kundenspezifischen Nacharbeiten eingegangen. Immer wieder wurde dabei erwähnt, dass die Qualität im Bezug auf die Isolierung des Abgaswärmetauschers ein Problem darstellt. Wenn dieser z.B. nur mit Aluklebband ausgeführt ist, besteht das Problem einer zu hohen Oberflächentemperatur. Dies kann dazu führen, dass Anbauteile, hervorgerufen durch die Wärmestrahlung, nach einer gewissen Zeit nicht mehr funktionstüchtig sind und ausgewechselt werden müssen.

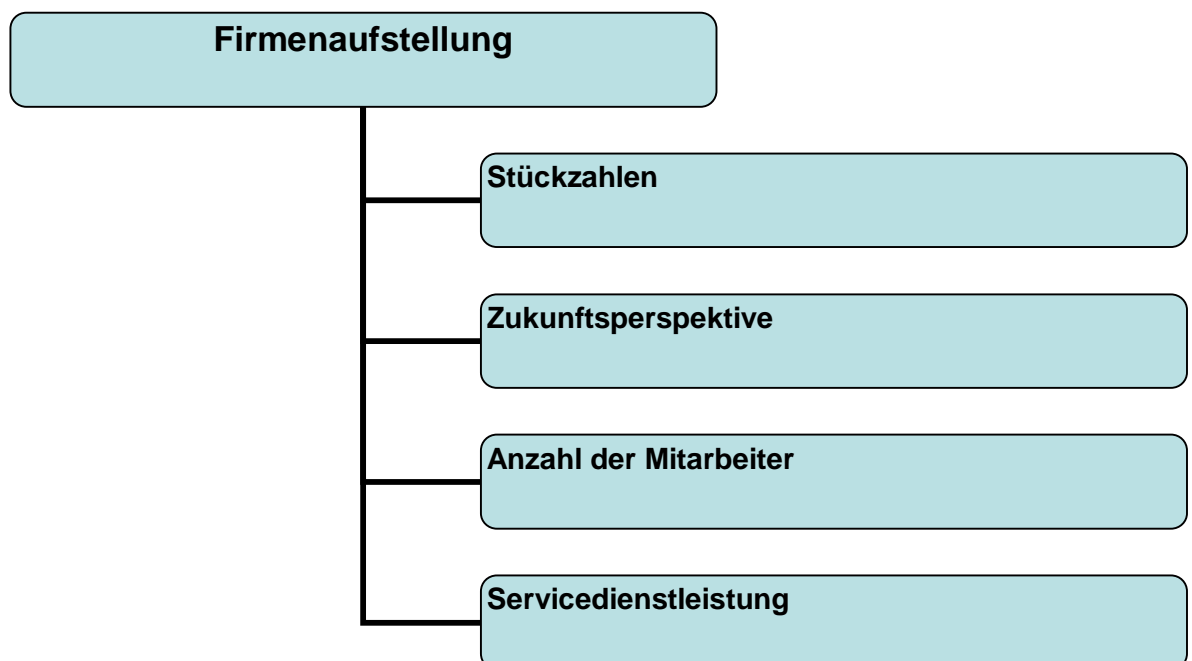
Bei einigen Lieferanten besteht der Konflikt, dass die Schallhaube nicht im Lieferumfang enthalten ist. Dies führt auf Seite der Firma IWK zu erhöhten Koordinationsaufwand, da die Schnittstellen mit BHKW-Lieferanten und Schallhaubenhersteller exakt abgesprochen werden müssen. Durch solch einen Aufbau ist auch die Einbaugröße des BHKW-Moduls wesentlich größer.

Bei der Ausführung der Zeichnungen wird aufgezeigt, ob die Darstellungen von den Herstellern auch den ausgelieferten Modulen entsprechen, da dies aufgrund von Vorplanungen ein enorm wichtiger Indikator ist. Sollten diese Zeichnungen nicht dem Ist-Stand entsprechen, kommt es bei der Ausführung und Einbindung vor Ort immer wieder zu Schnittstellenanpassungen und Änderungen, die dem Kunden nicht in Rechnung gestellt werden können.

Bei der Ausführung der Ölerweiterung wird aufgezeigt, ob diese Aufbauten vom Modulhersteller realisiert werden können, oder ob man diese Installationen vor Ort realisieren muss. Dies führt wiederum zu erhöhtem Koordinationsaufwand und nicht kalkulierbaren Kosten im Projektmanagement.

Bei den Punkten Modulgröße mit Haube und Modulgröße ohne Haube wird beschrieben, welche Platzbedingungen vor Ort notwendig sein müssen. Dabei wird ein Modul mit kleineren Abmessungen als besser eingeschätzt als ein Modul mit großen Dimensionen.

### 6.1.3 Firmenaufstellung



Unter der Firmenaufstellung wird im speziellen Fall verstanden, welche jährlichen Stückzahlen pro Jahr von den zu analysierenden Herstellern gebaut werden. Dabei wird unterstellt, dass eine hohe Stückzahl im Jahr auch ein

hohes Maß an Erfahrungen mit den Produkten mit sich bringt. Durch diese Analyse kann damit verbunden auch eine Aussage hinsichtlich der Zukunftsperspektive getroffen werden.

Der Mitarbeiterstand ist bei der Bewertung des Unternehmens ein wichtiger Indikator dafür, ob ein Unternehmen auch auf entsprechendes Know-how zurückgreifen kann, um dem Kunden einen entsprechenden Support gewährleisten zu können.

Die heutige Situation zeigt, dass die Qualität eines Produktes allein nicht mehr für den Erfolg eines Unternehmens in der Wirtschaft verantwortlich ist. Das konsequente Qualitätserleben der Hersteller in fast allen Geschäftsbereichen hat zu einer Produktvereinheitlichung (Produkt-Nivellierung) geführt. Die sich am Markt befindenden, konkurrierenden Produkte gleichen sich immer mehr in ihren Eigenschaften hinsichtlich Qualität, Leistungserbringung und Umfang. Diese Vereinheitlichung wird als substituierbar bezeichnet.<sup>14</sup> Deshalb stellt die zu erbringende Servicedienstleistung einen wichtigen Faktor dar, die Produkte auch erfolgreich und zukunftsorientiert am Markt positionieren zu können.

## **6.2 Numerische Bewertung bzw. Gewichtung**

Da die unter Kapitel 6.1 getroffenen Aussagen in Hinsicht auf die Qualitätsmerkmale weiche Faktoren darstellen und keine Zahleneinheiten besitzen, stellt sich die Aufgabe, ein entsprechendes Skalenmodell zu generieren. Diese Merkmale können von Mensch zu Mensch unterschiedlich interpretiert werden und starke Streuungen aufweisen. Deshalb ist es bei der Bewertung von Softfacts wichtig, alle Mitarbeiter in den Bewertungsprozess einzubeziehen.

In erster Instanz der numerischen Überführung musste entschieden werden, welches Skalenmodell in Betracht gezogen wird. Dabei hatte man die Auswahl zwischen zwei Skalenmodellen.

Diese sind:

- Ordinales Skalenmodell
- Kardinales Skalenmodell

Ein Ordinales Skalenmodell ist einfach in der Berechnung, da dabei nur ein Ranking dargestellt werden kann. (bester Lieferant, zweitbesten Lieferant, etc.)

---

<sup>14</sup> Vgl. Köhler-Frost, W.,; 2004; S.148.

Die Abstände zueinander können mit dieser Methode nicht transparent gemacht werden.

Beim Kardinalen Skalenmodell ist die Überführung in numerische Größen aufwendiger. Dabei können die relativen Abstände zwischen den einzelnen Unternehmungen aufgezeigt werden.

Da ein Ranking alleine noch keine befriedigende Lösung für die Bewertung der einzelnen Unterlieferanten darstellt, ist die Entscheidung getroffen worden, ein Kardinales Skalenmodell zu verwenden.

Für die Auswertung wurde ein Skalenmodell von 1 bis 10 herangezogen. Demzufolge ist der Wert 1 als sehr schlecht und ein Wert von 10 als sehr gut zu interpretieren. Im Hinblick auf die Gewichtung werden die Punkte Technik und Ausführung mit je 20% in die Gesamtmatrix einfließen. Bei der Firmenstruktur wird die Ausprägung mit 10% in der Gesamtauflistung berücksichtigt. (Siehe Tabelle 1)

## 6.2.1 Gesamtmatrix Sofffacts Biogas

Biogaslieferanten		Energolux		2 G		Senergie	
Technik	LRV-Werte Biogas	Eingehalten nach Umrüstung	7	Einhaltung mit Oxi-Kat	4	Einhaltung mit Oxi-Kat	4
	Entwicklung	Teilweise	3	stetig (Hr. Dr Herdin)	8	stetig	5
	Regelung	Mager-Gemisch-Regelung	10	Mager-Gemisch-Regelung	10	Brennraumtemperaturregelung	7
	Anbauteile	Mittelmäßige Qualität	3	hohe Qualität z.B. Pumpen Grundfos	9	hohe Qualität	9
	Steuerung	Panel schwarz weiß	5	Toch Panel farbig	7	Toch Panel farbig	9
	<b>Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)</b>		1.12		1.52		1.36
Ausführung	Isolierung Abgaswärmetauscher	Gute Verarbeitung	8	Isolation mit Aluklebeband	4	Gute Verarbeitung	8
	Schallhaube	Auf Modul aufgebaut	5	Auf Modul aufgebaut	6	Auf Modul aufgebaut	8
	Zeichnungen	Veraltet	3	Immer aktuellen Stand	10	Auf gutem Stand	9
	Ölerweiterung	nicht aufgebaut	3	nicht aufgebaut	4	in Modul integriert	10
	Modulgröße mit Haube	kompakt	6	kompakt	7	kompakt	8
	Modulgröße ohne Haube	Breite okay, Höhe des Moduls negativ	7	Breite und Höhe sind überdimensioniert	3	Breite und Höhe in Ordnung	9
<b>Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)</b>		1.07		1.13		1.73	
Firma	Stückzahlen	kleiner 25	3	größer 200	7	größer 100	6
	Entwicklung, Zukunftsperspektive	keine Angaben	3	gut	8	mittelmäßig	5
	Firmenstruktur	Anzahl Mitarbeiter 20 nicht Kernkompetenz	4	Anzahl Mitarbeiter 130 Spezialisiert	7	Anzahl Mitarbeiter 60 Spezialisiert	6
	Service	Keine Angaben	1	24h Hotline	8	mässig	5
	<b>Gewichtung 10% (Maximalwert = 1)</b>		0.28		0.75		0.55
<b>Gesamt Maximalwert = 5</b>		<b>2.46</b>		<b>3.40</b>		<b>3.64</b>	

Tabelle 1: Gesamtmatrix Sofffacts Biogas

In dieser Darstellung ist festzustellen, dass die beiden Unternehmen 2G und Senergie bei der Bewertung gegenüber der Firma Energolux bessere Kriterien erfüllen. Aus diesem Grund wird das Unternehmen Energolux keiner weiteren Betrachtung unterzogen, da der Abstand gegenüber den Mitbewerbern als zu erheblich eingestuft wird.

## 6.2.2 Gesamtmatrix Softfacts Erdgas

Erdgaslieferanten		2 G		Sokratherm	
Technik	LRV-Werte Biogas	Einhaltung mit AGR Technik	4	Einhaltung mit Lambda 1 Motoren und 3 Wegekatalysator	4
	Entwicklung	stetig (Hr. Dr Herdin)	9	stetig	8
	Regelung	AGR Technik mit Brenraumtemperaturregelung	5	Lambda 1 Motoren und 3 Wegekatalysator	5
	Anbauteile	hohe Qualität	8	hohe Qualität	9
	Steuerung	Toch Panel farbig	7	Toch Panel farbig	9
<b>Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)</b>		1.32		1.40	
Ausführung	Isolierung Abgaswärmetauscher	Isolation mit Aluklebeband	4	Gute Verarbeitung	8
	Schallhaube	Auf Modul aufgebaut	6	Auf Modul aufgebaut	8
	Zeichnungen	Immer aktuellen Stand	10	Auf gutem Stand	9
	Ölerweiterung	nicht aufgebaut	4	in Modul integriert	10
	Modulgröße mit Haube	kompakt	7	Sehr kompakt	10
	Modulgröße ohne Haube	überdimensioniert	3	Sehr kompakt	10
<b>Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)</b>		1.13		1.83	
Firma	Stückzahlen	Größer 200	7	Größer 100	6
	Entwicklung, Zukunftsperspektive	Gut	8	Gut	8
	Firmenstruktur	Anzahl Mitarbeiter 130 Spezialisiert	7	Anzahl Mitarbeiter 60 Spezialisiert	6
	Service	24 Stunden Hotline	8	24 Stunden Hotline	8
	<b>Gewichtung 10% (Maximalwert = 1)</b>		0.75		0.70
<b>Gesamt Maximalwert = 5</b>		<b>3.20</b>		<b>3.93</b>	

Tabelle 2: Gesamtmatrix Softfacts Erdgas

In dieser Auflistung lässt sich noch keine definitive Aussage im Hinblick auf eine Ausselektion treffen, da der Abstand dieser Lieferanten als sehr gering zu bewerten ist. Aus diesem Grund werden beide Lieferanten in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt.

## 7 Grundlagen der Investitionsrechnung

Investitionsrechnungen begleiten den Lebenszyklus einer Unternehmung, insbesondere wenn dabei signifikante produktionsorientierte Wertschöpfungsprozesse vorliegen. Der Einfluss einer getroffenen Investitionsentscheidung auf die wirtschaftliche Entwicklung des Unternehmens ist groß, da zum einen sich die Folgen der Entscheidung über mehrere Perioden erstrecken und Fehlentscheidungen somit schwer heilbare und zum anderen aufzuwendende Ressourcen in diesem Zusammenhang meist von beträchtlicher Höhe sind.

Somit stellen die Investitionsentscheidungen wichtige unternehmerische Weichenstellungen dar. Im Sinne eines risikoorientierten Ansatzes bedarf es daher fundierter Beurteilungsmethoden, um Entscheidungen zielorientiert zu unterstützen.

Die große Anzahl von Verfahren zur Bewertung von Investitionsentscheidungen, die sich in der Betriebswirtschaft entwickelt haben, ist ein Indikator dafür, dass es bei der Beantwortung der Eingangsfrage auf die jeweiligen Rahmenbedingungen und Betrachtungsebenen ankommt.

Im Folgenden werden die wichtigsten Investitionsrechnungsverfahren beschrieben, ihre Unterschiede aufgezeigt und eine grundsätzliche Einschätzung vorgenommen. Unter der Investitionsrechnung soll dabei der Teilprozess der Investitionsplanung verstanden werden, der die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit eines Investitionsprojektes oder mehrere Alternativen ermöglichen soll. Auf die Darstellung von Verfahren, die sich mit der Beurteilung von Investitionsprogrammen, also der optimalen Kombination von mehreren Einzelprojekten beschäftigen, wird aus Gründen der Praktikabilität und des Umfanges nicht eingegangen.

Investitionen binden finanzielle Mittel und sollen im Vergleich die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit eines Projektes aufzeigen. Die Vorteilhaftigkeit kann sich dabei auf unterschiedlichen Kriterien beziehen. So haben Investitionsrechnungen das Ziel, die Rentabilität einer geplanten Investition zu ermitteln. Bezogen auf die Rendite ist eine Investition dann vorteilhaft, wenn die Einnahmenüberschüsse aus der Investition die Anschaffungsauszahlungen abdecken und darüber hinaus das in einem Investitionsprojekt gebundene Kapital in angemessener Höhe verzinst wird. Die Angemessenheit ergibt sich aus den Renditeerwartungen des jeweiligen Investors. Im Mindestfall orientieren sich



diese Erwartungen an dem am Kapitalmarkt erzielbaren Renditen. Auf der Grundlage des wirtschaftlichen Handelns wird der Investor jedoch auch eine zusätzliche Risikoprämie fordern.

Einige Verfahren orientieren sich nicht an Zahlungsstromgrößen (z.B. Ausgaben/Einnahmen), sondern operieren mit Begriffen wie Aufwendungen, Kosten, Erlösen usw.

Grundsätzlich werden folgende Begriffspaarungen unterschieden:

- Auszahlung à Einzahlung
- Ausgaben à Einnahmen
- Aufwendungen à Erträge
- Kosten à Leistungen / Erlöse

Die Begriffe der Auszahlung und Einzahlung repräsentieren die Bewegungen von Bar- und Buchgeldern.

Die Differenz von Einnahmen und Ausgaben wird häufig als Finanzsaldo bezeichnet. Dieser bildet neben den Veränderungen des Bestandes an Bar- und Buchgeldern auch die Kreditierungsvorgänge, also die Veränderung von Forderungen und Schulden ab.

Die Differenz von Erträgen und Aufwendungen bildet den Jahresüberschuss (Gewinn) oder den Jahresfehlbetrag ab. Dieses Begriffspaar entstammt der externen Erfolgsrechnung (Gewinn- und Verlustrechnung), die dazu dient, die diskontinuierlichen Verläufe der Zahlungsströme in kaufmännische Betrachtungsperioden zu strukturieren.

Die Differenz von Kosten und Leistungen bzw. Erlösen wird als Betriebsergebnis bezeichnet. Die Betriebsergebnisrechnung ist Bestandteil der internen Erfolgsrechnung, die den so genannten kalkulatorischen Erfolg einer Unternehmung ermitteln soll.

Die Methoden für die Investitionsrechnungen werden in statische und dynamische Verfahren unterschieden.<sup>15</sup>

## **7.1 Statische Verfahren**

Die statischen Verfahren sind einfach verständlich und leicht anzuwenden. Dies hängt mit ihrem starken Vereinfachungsgrad zusammen. Er äußert sich insbesondere dadurch, dass die Perioden der Investitionsphase und damit ggf. schwankend verlaufende Werteinheiten nicht differenziert betrachtet, sondern

---

<sup>15</sup> Vgl. Schaumann, G.; Schmitz, K.; 2010; S.245-248.

dass die Berechnungen mittels einer standardisierten Periode für die ganze Laufzeit einer Investition durchgeführt werden. Diese Verfahren erfreuen sich in der Praxis immer noch großer Beliebtheit, obwohl sie auf Grund ihrer Schwäche, der starken Vereinfachung, zunehmend durch die komplexen dynamischen Verfahren verdrängt werden.

### **7.1.1 Kostenvergleichsrechnung**

Der Name dieser Methode spiegelt das Grundprinzip wider, das Kosten von verschiedenen Investitionsalternativen miteinander vergleicht. Es kann sich dabei um einen Vergleich zwischen alter und neuer Anlage (Ersatzinvestition) oder um einen Vergleich von mehreren neuen Anlagen (Erweiterungsinvestition) handeln. Dadurch, dass bei diesem Verfahren nur die Kostenseite betrachtet wird, muss sichergestellt sein, dass alle Alternativen den gleichen Erlös bringen und demzufolge die gleiche Qualität und Kapazität besitzen. Grundsätzlich sind pro Periode folgende Kosten für jede Vergleichsvariante zusammenzustellen.

- Löhne und Gehälter (einschließlich Sozialleistungen)
- Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe (Materialeinsatz, Schmierstoffe etc.)
- Energiekosten
- Instandhaltungs- und Reparaturkosten
- Versicherungen, Gebühren und Steuern
- Kapitalkosten (aus Zinsen und Abschreibungen)
- Gemeinkosten (Verwaltungskosten)

Die Abnutzung der Anlage wird in der Regel linear über die Laufzeit der Investitionen aufgerechnet, so dass sich die Abschreibung durch die Verteilung der Anschaffungsauszahlung zu gleichen Teilen auf die Anzahl der Perioden aufteilt.

Vorteilhaft ist grundsätzlich jene Investitionsalternative, deren Kosten geringer sind als die der anderen Alternative.

Die Kostenvergleichsrechnung ermöglicht die Beurteilung einer Investition in einer Periode, die als repräsentativ für das Ergebnis während der gesamten Lebensdauer der Investition herangezogen wird. Somit lässt sich aussagen, dass diese Berechnungsvariante eine kurzfristige Betrachtungsweise anwendet und zukünftige Veränderungen nicht berücksichtigt werden. Das Prinzip der Gewinnmaximierung wird durch die Vernachlässigung der Erlöse völlig außer

Acht gelassen. Außerdem sagt dieses Verfahren nichts über die Rentabilität, also die Verzinsung, des eingesetzten Kapitals aus.

### **7.1.2 Gewinnvergleichsrechnung**

Bei diesem Rechenverfahren handelt es sich um eine Erweiterung der Kostenvergleichsrechnung, da die Erlös- und Absatzsituation mit berücksichtigt wird. Dieses Verfahren basiert konsequent auf dem Prinzip der Gewinnmaximierung. Die Vorteilhaftigkeit alternativer Investitionsprojekte ergibt sich durch jenes, das den größeren Gewinn erzielt.

Grundsätzlich wird in der Praxis die Gewinnvergleichsrechnung weniger oft eingesetzt. Untersuchungen ergaben, dass nur rund 14 Prozent von befragten Unternehmen diese Methode anwenden, da die Auflösung der Kosten in ihre fixen und variablen Bestandteile oft nicht durchführbar ist.<sup>16</sup>

### **7.1.3 Rentabilitätsvergleichsrechnung**

Während bei den bisher dargestellten Verfahren nur eine relative Vorteilhaftigkeit, also ohne Berücksichtigung des eingesetzten Kapitals, ermittelt werden konnte, ermöglicht die Rentabilitätsvergleichsrechnung eine absolute Vorteilhaftigkeit festzustellen. Sie greift dabei durchaus auf die Elemente oder Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnung und der Gewinnvergleichsrechnung zurück.

Im Allgemeinen versteht man unter der Rentabilität im Sinne dieses Verfahrens das Verhältnis des Gewinns, der mit dem Investitionsprojekt erwirtschaftet wird, zu dem diesbezüglich eingesetzten Kapital.

Untersuchungen ergaben, dass rund 44 Prozent von den befragten Unternehmen diese Methode anwenden.<sup>17</sup>

Mit ihr lassen sich unterschiedliche Projekte als Alternativen vergleichen und bewerten. Durch die Einbeziehung des Kapitaleinsatzes ermöglicht sie die Aussage zu einer absoluten Vorteilhaftigkeit.

Wie bei der Gewinnvergleichsrechnung kann in der Praxis die Zurechenbarkeit der Erlöse auf ein einzelnes Investitionsobjekt problematisch sein.

### **7.1.4 Amortisationsrechnung**

Die Amortisationsrechnung ermittelt den Zeitraum, in dem das in einem Investitionsobjekt eingesetzte Kapital zurückfließt, d.h. es wird nicht die Frage der Rentabilität von Projekten geprüft, sondern es wird ein Maß für das Risiko

---

<sup>16</sup> Vgl. Olfert, K.; 2003; S.180 ff.

<sup>17</sup> Vg. ebd.

eines Kapitalverlustes ermittelt. Dahinter steckt der Gedanke, dass das Risiko einer Investition ansteigt, je höher die Laufzeit ist. Damit verbunden steigt auch die Unsicherheit, je länger Kapital gebunden ist.

Die Methode wird in der Literatur auch oft bezeichnet als:

- Pay-off-Methode
- Pay-back-Methode
- Kapitalrückfluss-Methode

Es ist ein deutlich finanzwirtschaftlicher Ansatz, der Rückflüsse über Zahlungsströme definieren muss. Da aber die statische Betrachtungsweise mit Kosten und Erlösen rechnet, müssen die Rückflüsse näherungsweise berücksichtigt werden. Dies geschieht in der Praxis dadurch, dass aus den Kostensummen oder dem Gewinn, die nicht zahlungsrelevanten Positionen herausgerechnet werden.

Somit könnte z.B. gelten:

$$\text{Rückfluss} = \text{Gewinn} + \text{Abschreibung}$$

Die Vorteilhaftigkeit für ein Investitionsprojekt ergibt sich daraus, dass das eingesetzte Kapital im Vergleich zu anderen Investitionsalternativen schneller zurückfließt. D.h., es muss für jede Alternative der Zeitraum ermittelt werden, innerhalb dessen das für das jeweilige Projekt eingesetzte Kapital genau dem Rückfluss entspricht. Dieser Zeitraum wird Amortisationszeit oder Wiedergewinnungszeit genannt. In der Unternehmenspraxis findet man häufig auch vorgegebene Höchstwerte für die Amortisationszeit, die grundsätzlich nicht überschritten werden dürfen. Für diese Fälle gilt es, die absolute Vorteilhaftigkeit für ein Investitionsobjekt dadurch zu prüfen, ob die Amortisationszeit gleich oder kleiner dem Höchstwert ist.

In der betrieblichen Praxis ist die Amortisationsrechnung das am häufigst angewendete Verfahren. Etwa 50 Prozent der befragten Unternehmen nutzen dieses Verfahren, um die Vorteilhaftigkeit einer Investition zu bestimmen.<sup>18</sup>

Die Amortisationsberechnung ist ein einfaches Verfahren, das es ermöglicht, das finanzwirtschaftliche Risiko grob abzuschätzen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass es sich dabei nicht um ein dynamisches Rechensystem handelt, da die Daten auf der Entwicklung der ersten Periode oder einer standardisierten Durchschnittsperiode beruhen und der zeitliche Anfall der Rückflüsse nicht differenziert berücksichtigt wird. In der praktischen Anwendung empfiehlt es

---

<sup>18</sup> Vgl. ebd.

sich daher, zumindest eine Durchschnittsperiode als Referenz zur Datenermittlung zu erstellen. Die Amortisationsrechnung leidet darüber hinaus unter dem Systembruch, dass sie einerseits auf einem finanzwirtschaftlichen Ansatz beruht, der Rückflüsse über Zahlungsreihen definiert, andererseits aber auf Daten der Erfolgsrechnung aufbauen muss.

Als einziges Verfahren der statischen Methoden berücksichtigt sie allerdings die Unsicherheit, die bei Entscheidungen im praktischen Ansatz stets vorhanden ist und bietet sich daher als Ergänzung zu anderen Verfahren im Entscheidungsprozess an.

Deshalb wurde für die in Kapitel 8 durchgeführte Wirtschaftlichkeitsberechnung diese Methode herangezogen, da sie zu einem häufig in Unternehmen eingesetzt wird und im anderen Aspekt eine Entscheidung unter Berücksichtigung von entsprechenden Vorgaben herbeiführen kann.<sup>19</sup>

## **7.2 Dynamische Verfahren**

Die dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung sind im Gegensatz zu den statischen Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass sie zeitliche Unterschiede im Anfall von Zahlungen berücksichtigen. Diese Berücksichtigung des Zeitfaktors findet in den dynamischen Verfahren in erster Linie durch die Verwendung der Zinseszinsrechnung statt.

Die wichtigsten dynamischen Verfahren sind:

- Kapitalbarwertmethode
- Interne Zinsfußmethode
- Annuitätenmethode

Diese oben angeführten Rechenarten werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

### **7.2.1 Kapitalbarwertmethode**

Bei dieser Methode wird zur Beurteilung eines Investitionsobjektes dessen Kapitalwert herangezogen. Dabei ergibt sich der Kapitalwert einer Investition als die Summe aller auf einen bestimmten Zeitpunkt bezogenen ab- oder aufgezinster positiven und negativen Zahlungen, die einer Investition eindeutig zugeordnet werden können. Im Allgemeinen wird als Bezugszeitpunkt der Zeitpunkt unmittelbar vor der Investition gewählt. Es werden alle Einzahlungen und Auszahlungen mit einem Abzinsungsfaktor auf diesen Bezugszeitpunkt

---

<sup>19</sup> Vgl. Schaumann, G; Schmitz, K; 2010; S.249-257.

abgezinst. Der Zinssatz, welcher für die Diskontierung herangezogen wird, wird als Kalkulationszinsfuß bezeichnet. Die Bestimmung des Kalkulationszinsfußes ist bei den dynamischen Verfahren das zentrale Problem. Die Vorteilhaftigkeit einer Investition ist gegeben, wenn ein Kapitalwert grösser als Null erreicht wird. Daraus resultierend folgt der Schluss, dass ein Investitionsvorhaben mit einem negativen Kapitalwert als nicht sinnvoll zu erachten ist. Bei einer Gegenüberstellung von mehreren Kapitalwerten wird sich die Investition am meisten lohnen, welche den höchsten Kapitalwert aufweist.

### **7.2.2 Interne Zinsfußmethode**

Dieses Verfahren stellt formal die Kapitalwertmethode mit einer veränderten Fragestellung dar. Während bei der Kapitalwertmethode bei gegebenem Zinsfuß nach dem Kapitalwert eines Investitionsvorhabens gefragt wird, geht die Methode der internen Zinsfüsse vom Kapitalwert Null aus und fragt, welchen Rechenzins ein Investitionsobjekt dabei haben muss. Das ermittelte Ergebnis gibt den erwarteten Effektivzins für das betreffende Investitionsobjekt an. Die Vorteilhaftigkeit einer Investition ist gegeben, wenn der interne Zinsfuß grösser ist, als der vom Investor dargelegte Kalkulationszins. Diese Methode ist in der Praxis sehr beliebt. Jedoch muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass dieses Verfahren nur unter relativ eingeschränkten Voraussetzungen eingesetzt werden kann, da es bei der Beurteilung von mehreren Alternativinvestitionen mehrere Lösungen geben kann und eine eindeutige Lösbarkeit des Investitionsproblems dadurch nicht mehr gegeben ist.<sup>20</sup>

### **7.2.3 Annuitätenmethode**

Diese Methode basiert auf der Kapitalwertmethode. Während der Kapitalwert den über die Rückgewinnung der Anschaffungsausgabe und der Verzinsung des gebundenen Kapitals hinausgehenden wirtschaftlichen Erfolg repräsentiert, soll die Annuität einer Investition zeigen, welchen über die Rückgewinnung und Verzinsung des gebundenen Kapitals hinausgehenden konstanten Überschussbetrag pro Periode das Projekt erwirtschaftet.

Dadurch, dass diese Methode den Gesamterfolg eines Projektes auf die Einzelperioden zuordnet, kann der Entscheidungsträger eine geringere Abstraktion empfinden, als dies bei einer Gesamterfolgsaussage der Fall ist. In den letzten Jahren haben sich zahlreiche Kapitalrenditekonzepte entwickelt, die

---

<sup>20</sup> Vgl. Peters, S.; Brühl, R.; Stelling, J.; 2005; S.102-105.

ihre Ziele und Auswirkungen auf den Entscheidungszeitpunkt beziehen. Das Prinzip der Annuitätenmethode widerspricht dem teilweise, indem es seine Kriterien auf die gesamte Nutzungsdauer des Investitionsobjektes orientiert.<sup>21</sup> Dies ist aus meiner Sicht jedoch zielführender, da bei der Bewertung eine konstante Verzinsung verteilt über die gesamte Laufzeit unterstellt wird. Aus diesem Grund kann dieses Verfahren als Sicherheitsmethode angesehen werden und wird in der Wirtschaftlichkeitsberechnung angewendet.

---

<sup>21</sup> Vgl. Schaumann, G.; Schmitz, K.; 2010; S.269-270.

## **8 Wirtschaftlichkeitsberechnung (Anlehnung VDI)**

In diesem Kapitel werden die Rahmenbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung definiert und die Vergütungssätze gemäß den Bestimmungen in der Schweiz beschrieben, um ein Grundlagenwissen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung zu erhalten.

Hinsichtlich der technischen Rahmenbedingungen für Gasmotoren werden kurz die einzelnen Begrifflichkeiten, welche in der Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Anwendung kommen, erklärt.

Bei den Stromvergütungen werden unterschiedliche Ansätze in der Schweiz verfolgt. Bei Klärgasanlagen wird der Vergütungssatz anhand der Kostendeckendeneinspeisevergütung (KEV) bestimmt.

Für Erdgasmodule werden die Stromeinspeistarife von Kanton zu Kanton unterschiedlich bewertet, da dies von den einzelnen Energieversorgern abhängig ist. Deshalb müssen die Rahmenbedingungen für Erdgasanlagen und Klärgasanlagen genau definiert und unterschieden werden.

### **8.1 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung**

Um einen wirtschaftlichen Erfolg einer KWK-Anlage sicherstellen zu können, sind Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht nur in Vorplanungs-, Entwurfs- oder Ausführungsstadium, sondern über die gesamte Errichtungs- und Nutzungsdauer der Anlagen, begleitend bei allen Investitionen durchzuführen. Bei konsequenter Anwendung über Jahre hinweg, wird feststellbar sein, dass nicht das Einsparen von Kosten, sondern der auf Grund einer richtig interpretierten Kosten-Nutzen-Analyse optimale Einsatz der finanziellen Mittel ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit der Energiebereitstellung ist.<sup>22</sup>

Die Basisdaten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung einer KWK Anlage sind:

- Leistungswerte und Arbeitswerte
- Betriebsmittelverbrauch
- Investitionen und Kapitalkosten<sup>23</sup>

Die Leistungswerte einer KWK-Anlage beziehen sich zum einen auf die elektrischen Leistungswerte und zum anderen auf die thermischen Leistungsangaben. Große Unterschiede können bei der Angabe der

---

<sup>22</sup> Vgl. Schaumann, G.; Schmitz, K.; 2010; S.287-288.

<sup>23</sup> Vgl. Schaumann, G.; Schmitz, K.; 2010; S.79.



thermischen Leistung und daraus resultierend bei der Angabe des thermischen Wirkungsgrades auftreten.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass Hersteller bei der Angabe des thermischen Wirkungsgrades andere Abgasabkühlungen angeben. Aus technischer Sicht ist festzuhalten, dass bei Klärgasanlagen das Abgas auf maximal 180°C abgekühlt werden darf, da ein weiteres Abkühlen des Abgases zu Problemen führen kann. Dies ist damit verbunden, dass im Klärgas noch Restschwefelstoffe beinhaltet sind und dieser bei einer tieferen Abgasabkühlung als 180°C auskondensieren kann. Dabei könnte der Abgaswärmetauscher zu Schaden kommen und müsste ersetzt werden.

Bei Erdgasanlagen ist diese Thematik unproblematisch und die Abgasabkühlung kann auf 120°C herabgesetzt werden. Der thermische Wirkungsgrad steigt dabei um ca. 8 bis 10 Prozent.

Bei den Arbeitswerten werden die maximal möglichen Betriebsstunden pro Jahr herangezogen. Die Laufzeiten sind bei Klärgasanlagen entsprechend höher, da das Gas kontinuierlich und kostenneutral zur Verfügung steht. Des Weiteren sind Klärgasanlagen nicht wärmegeführt ausgelegt und es ist möglich, die überschüssige Wärme über einen Notkühler (Betriebskühler) abzuführen. Deshalb werden bei Klärgasanlagen jährliche Betriebsstunden von 7'500 in der Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Anwendung kommen.

Bei Erdgasanlagen ist die jährliche Laufzeit saisonal abhängig und fällt entsprechend niedriger aus, da die Anlagen wärmegeführt ausgelegt werden müssen. Die Überschusswärme darf dabei nicht über einen Notkühler abgeführt werden. Deshalb werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung 4'000 Betriebsstunden angenommen. Der Betriebsmittelverbrauch wurde in den Wartungs- bzw. Instandhaltungskosten berücksichtigt. Als Grundlage für den Personalaufwand wurde in den Berechnungen ein Instandhaltungspreis angegeben. Dies bedeutet, dass die Servicefirma alle Wartungen sowie Revisionen gemäß Herstellervorschrift durchführt. Zusätzlich sind in den Instandhaltungskosten noch eventuell anfallende Störungsbehebungen mit der dazugehörigen Ersatzteillieferung inkludiert. Dies hat für den Kunden den Vorteil, dass kein zusätzliches Anlagenpersonal für die BHKW-Anlage benötigt wird. Der Instandhaltungspreis beinhaltet weiters die Kosten für das erforderliche Schmieröl über die gesamte Lebensdauer bzw. über den veranschlagten Zeitraum von 8 Jahren. Die Investitionen bzw. Kapitalkosten

werden anhand von Kalkulationen, die in den nachstehenden Kapiteln dargelegt werden, in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einfließen. Wichtiger Indikator bei den Kalkulationen ist, dass dabei der entsprechende Lieferumfang genau definiert wird.

## **8.2 Rahmenbedingungen Klärgas**

Klär- und Abwasserreinigungsanlagen eignen sich aufgrund der eigenen Strom- und Wärmebedarfsstruktur hervorragend für den Einsatz von Blockheizkraftwerken. Kraft- Wärmekopplung kann die für den Faulprozess des Klärschlammes und die Trocknung benötigte Prozesswärme wesentlich kostengünstiger erzeugen als durch Fremdbezug. Das über den Faulprozess wiederum gewonnene methanhaltige Gas gibt es sozusagen zum "Nulltarif". Annähernd ein Perpetuum Mobile. Der erzeugte Strom wird größtenteils auf der Anlage selbst verbraucht. Eventuelle Überschüsse werden in das öffentliche Stromnetz eingespeist.<sup>24</sup>

Das BHKW Modul muss einen minimalen elektrischen Wirkungsgrad in Anlehnung an die untenstehende Tabelle aufweisen, um für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Erwägung gezogen zu werden. Sollten die geforderten Wirkungsgrade nicht erreicht werden, werden die einzelnen Lieferanten ausgesondert. Dies ist aus jenem Grund anzustreben, da ansonsten keine Stromförderungen zugesprochen werden und dies wirkt sich negativ auf die Gesamtwirtschaftlichkeit der Anlage aus. Weiters ist zu erwähnen, dass aus Kundensicht zuerst der elektrische Wirkungsgrad der Anlage bewertet wird, bevor andere Rahmenbedingungen bzw. Kosten analysiert werden.

---

<sup>24</sup> Vgl. <http://www.senergie.de/klaergas/einsatzgebiete.html> download vom 29.04.2012.

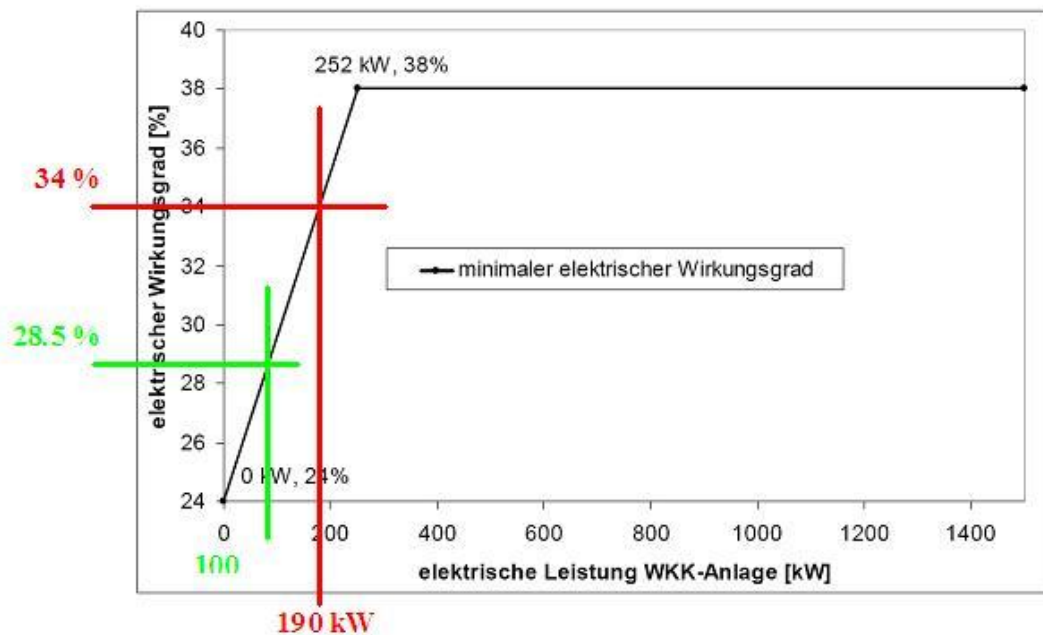


Abbildung 15: Minimale Anforderung des elektrischen Wirkungsgrades  
(Quelle: Energieverordnung 2010)

In Anlehnung an Abbildung 15 ergeben sich folgende mindest zu erreichende Wirkungsgrade.

- **Portfolio 100 kW:** Bei einem 100 kW Modul muss der geforderte Wirkungsgrad mindestens 28.5 % betragen. (Siehe Tabelle 15 grüne Linie)
- **Portfolio 200 kW:** Für den Leistungsbereich von 190kW elektrisch ist ein minimaler elektrischer Wirkungsgrad von 34% gefordert. (Siehe Tabelle 2 rote Linie)
- **Portfolio 300 kW:** Bei den BHKW Modulen ab 252 kW elektrischer Leistung muss ein elektrischer Wirkungsgrad von 38% erreicht werden.

Diese Soll-Wertvorgaben müssen mit den Ist-Werten der einzelnen Produkte der BHKW Lieferanten verglichen werden. Sollte in der Lieferpalette in diesem Abschnitt ein negativer Soll-Ist Wert vorliegen, wird dieses Produkt für die weitere Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht mehr berücksichtigt, da die Mindestbedingungen nicht erfüllt werden.

Erstaunlich in dieser Darstellung ist, dass ab einer elektrischen Leistung von 252 KW kein weiterer Anstieg des Wirkungsgrades gefordert wird.

Als Beispiel ist zu erwähnen, dass ein BHKW Modul mit einer elektrisch installierten Leistung von 600 kW, einen Wirkungsgrad von ca. 41 Prozent aufweist. Aus technischer Sicht sind die Vorgaben deshalb nicht eindeutig nachvollziehbar. Wirtschaftlich und politisch betrachtet wurden diese Vorgaben gemacht, um BHKW Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 50 bis 252

KW elektrisch entsprechend zu fördern, um das Marktpotential in der Schweiz ausschöpfen zu können.

Portfolio 100 kW					
Firma	Modultyp	Elektrische Leistung [kW]	Gaseinsatz [kW]	Wirkungsgrad IST [%]	Wirkungsgrad Soll [%]
2 G	100 BG	100	265	37.7	28.5
Senergie	MWM 6.12 TE	100	275	36.4	
Senergie	Liebherr G926T	105	303	34.7	
Portfolio 200 kW					
Firma	Modultyp	Elektrische Leistung [kW]	Gaseinsatz [kW]	Wirkungsgrad IST [%]	Wirkungsgrad Soll [%]
2 G	190 BG	190	497	38.4	34
2G	Agenitor 206	220	545	40.37	
Senergie	Liebherr G9408	200	549	36.4	

Tabelle 3: Gegenüberstellung elektrischer Wirkungsgrad

In dieser Aufstellung wird ersichtlich, dass jedes im Lieferprogramm befindliche BHKW Modul den Mindestanforderungen entspricht und daraus resultierend für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung relevant ist. Positiv ist, dass sich die Ist-Wirkungsgrade weit über den Soll-Wirkungsgraden befinden.

### 8.3 Vergütungssätze Klärgas

Als erheblich erweitert oder erneuert gelten Anlagen, die verglichen mit dem Durchschnitt der zwei vollen Betriebsjahre vor dem 1. Januar 2006 ihre Elektrizitätsproduktion um mindestens 25 Prozent steigern. Die Vergütung wird jährlich für das Folgejahr aufgrund der im Vorjahr erfassten Elektrizitätsmenge nach folgender Formel berechnet:

**Vergütung in Rp./kWh:  $55.431 \cdot x - 0.2046$  (x = äquivalente Leistung)**

Diese Berechnungsformel und die daraus resultierenden Vergütungssätze werden in Tabelle 4 dargelegt.

Die maximale Vergütung beträgt 24 Rp/kWh. Mit dieser Vergütungsmaßnahme werden „Klein-BHKW Anlagen“ besser vergütet als BHKWs in einer größeren Leistungsstufe.<sup>25</sup>

Dies ist deshalb der Fall, da sich die Investitionskosten nicht proportional zu der elektrisch installierten Leistung verhalten. Die spezifischen Anlagenkosten liegen bei kleineren BHKW-Anlagen höher. Je höher die elektrisch installierte

<sup>25</sup> Vgl. Leuenberger, M.; 2010; S.809.

Leistung ist, desto geringer sind die spezifischen Anlagenkosten. Dieser Vergleich kann jedoch nur gemacht werden, wenn dabei der Lieferumfang unverändert bleibt.

IWK Portfolio 100 kW				
Firma	Modul-Typ	Elektrische Bruttoleistung	Grundformel	Vergütung [RP/kWh]
2 G	BG 100	100	$55.431 \cdot 100^{-0.2046}$	21.6
Senergie	MWM 6.12 TE	100	$55.431 \cdot 100^{-0.2046}$	21.6
Senergie	Liebherr G926T	105	$55.431 \cdot 100^{-0.2046}$	21.4
IWK Portfolio 200 kW				
Firma	Modul-Typ	Elektrische Bruttoleistung	Grundformel	Vergütung [RP/kWh]
2 G	BG190	191	$55.431 \cdot 191^{-0.2046}$	18.9
2 G	Agenitor 206	220	$55.431 \cdot 220^{-0.2046}$	18.4
Senergie	Liebherr G9408	200	$55.431 \cdot 220^{-0.2046}$	18.7

Tabelle 4: Vergütungssätze anhand den KEV Bestimmungen

### 8.3.1 Kalkulation Klärgasmodul

Für die Kalkulationsgestaltung wurden die wesentlichen Anlagenkomponenten wie nachfolgend dargestellt, kalkuliert und zugrunde gelegt.

Folgende Anlagenkomponenten bzw. Dienstleistungen wurden in den Lieferumfang aufgenommen:

- **BHKW-Grundmodul:** Kompletter Aufbau des Grundmotors und Schaltschranks auf Rahmen inkl. Verkabelung der elektrischen Anbauteile
- **Lieferung:** Transport des BHKW-Moduls von Hersteller zu Kunden
- **Notkühler:** Dient zur Systemkühlung, wenn keine Wärmeabnahme kundenseitig vorhanden ist
- **Gemischkühler:** Kühlt das Gas-/Luftgemisch ab, um mehr Brennstoffanteile in den Motorraum zu fördern. Daraus resultierend lassen sich höhere Leistungswerte und höhere Wirkungsgrade erzielen.
- **Verdichter:** Dient zur Gaskomprimierung, um die Gasmenge in den Motorraum fördern zu können. Dies ist bei Klärgasanlagen notwendig
- **IBN (Inbetriebnahme):** Erforderliche Tests vor Ort und Erstaufschaltung des BHKW Moduls ans öffentliche Netz.
- **PM (Projektmanagement):** Hilfestellungen bzw. Support bis zur Inbetriebnahme sowie Terminabstimmungen mit dem Kunden treffen.

- **Peripherie (Einbindung):** Hydraulische Installation der Anlagen in das bestehende Rohrleitungsnetz sowie elektrische Verkabelung der beigestellten Hilfsaggregate. (Heizwasserpumpe, Notkühler, Gemischkühler etc.)

### 8.3.1.1 IWK Portfolio 100 kW Kalkulation

<b>Kalkulation Portfolio 100 kWel</b>			
Leistung 100 kW	2G	Senergie	Senergie
Modultyp	BG 100	MWM 6.12 TE	Liebherr G926T
Modulpreis	73'651.50 €	79'071.30 €	94'127.40 €
Lieferung	500.00 €	500.00 €	500.00 €
Notkühler	1'500.00 €	1'500.00 €	1'500.00 €
Gemischkühler	800.00 €	800.00 €	800.00 €
Verdichter	2'200.00 €	2'200.00 €	2'200.00 €
IBN	3'000.00 €	3'000.00 €	3'000.00 €
PM	500.00 €	500.00 €	500.00 €
Einkaufspreis	82'152 €	87'571 €	102'627 €
Aufschlag	1.1	1.1	1.1
Deckungsbeitrag BHKW	8'215.15 €	8'757.13 €	10'262.74 €
Verkaufspreis [€]	90'366.65 €	96'328.43 €	112'890.14 €
Umrechnungsfaktor	1.25	1.25	1.25
Verkaufspreis [CHF]	CHF 112'958	CHF 120'411	CHF 141'113
Peripherie (Einbindung)	15'000.00 €	14'000.00 €	15'000.00 €
Deckungsbeitrag Einbindung	1'500.00 €	1'400.00 €	1'500.00 €
Verkaufspreis [€]	16'500.00 €	15'400.00 €	16'500.00 €
Verkaufspreis [CHF]	CHF 20'625	CHF 19'250	CHF 20'625
Verkaufspreis gesamt	CHF 133'583	CHF 139'661	CHF 161'738
Deckungsbeitrag gesamt	CHF 11'769	CHF 12'346	CHF 14'328

Tabelle 5: Kalkulation Klärgas Portfolio 100 kWel

Müsste aus unternehmerischer Sicht eine Entscheidung in dieser Phase getroffen werden, hätte das Modul Liebherr G926T von der Firma Senergie den Vortritt, da dies den höchsten Deckungsbeitrag besitzt. Aus Kundensicht betrachtet, wäre das Modul BG 100 von der Firma 2G die beste Variante aufgrund des günstigsten Anschaffungspreises. Wie man bei dieser Gegenüberstellung erkennen kann, tritt bei dieser Betrachtung ein Interessenskonflikt auf, da aus unterschiedlichen Perspektiven eine Aussage getroffen werden kann. Ein Unternehmen ist darauf bedacht, den höchsten Deckungsbeitrag zu erzielen. Dem gegenüber steht das Kundeninteresse, welches darauf abzielt, die Anschaffungskosten so gering wie möglich zu halten. Da in dieser Kalkulation noch keine elektrischen Wirkungsgrade und Leistungswerte berücksichtigt werden, kann objektiv noch keine entscheidende Aussage getroffen werden.

### 8.3.1.2 IWK Portfolio 200 kW Kalkulation

<b>Kalkulation Portfolio 200 kWel</b>			
	2G	2 G	Senergie
Modultyp	Agenitor 206	BG 190	Liebherr G9408
Modulpreis	132'494.00 €	112'500.00 €	139'252.50 €
Lieferung	500.00 €	500.00 €	500.00 €
Notkühler	2'000.00 €	2'000.00 €	2'000.00 €
Gemischkühler	1'000.00 €	1'000.00 €	nicht erforderlich
Verdichter	2'500.00 €	2'500.00 €	2'500.00 €
IBN	3'500.00 €	3'500.00 €	3'500.00 €
PM	500.00 €	500.00 €	500.00 €
Einkaufspreis	142'494.00 €	122'500.00 €	148'253.00 €
Aufschlag	1.1	1.1	1.1
Deckungsbeitrag BHKW	14'249.40 €	12'250.00 €	14'825.25 €
Verkaufspreis [€]	156'743.40 €	134'750.00 €	163'077.75 €
Umrechnungsfaktor	1.25	1.25	1.25
Verkaufspreis [CHF]	CHF 195'929	CHF 168'438	CHF 203'847
Peripherie (Einbindung)	20'000.00 €	18'000.00 €	18'500.00 €
Deckungsbeitrag Einbindung	2'000.00 €	1'800.00 €	1'850.00 €
Verkaufspreis [€]	22'000.00 €	19'800.00 €	20'350.00 €
Verkaufspreis [CHF]	CHF 27'500	CHF 24'750	CHF 25'438
Verkaufspreis gesamt	CHF 223'429	CHF 193'188	CHF 229'285
Deckungsbeitrag gesamt	CHF 16'749	CHF 14'500	CHF 17'138

Tabelle 6: Kalkulation Klärgas Portfolio 200 kWel

## 8.4 Rahmenbedingungen Erdgas

Eine Erdgasanlage mit BHKW-Modulen ist insbesondere dort wirtschaftlich, wo mit wenig finanziellem Aufwand (Leitungsbau) eine hohe Wärmemenge abgesetzt werden kann, d.h. es sind Objekte, respektive Gebiete gesucht, welche eine hohe Wärmedichte aufweisen. Die Wirtschaftlichkeit wird ebenfalls verbessert, wenn leistungsstarke Anlagen installiert werden können. Leistungsstarke Module sind spezifisch günstiger in der Anschaffung, haben einen höheren elektrischen Wirkungsgrad und tiefere Wartungskosten. Natürlich wird die Wirtschaftlichkeit von WKK auch durch die lokale Tarifsituation (Gas- und Stromtarife) und bei Erdgas-WKK auch durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe beeinflusst. Diese Größen sind variabel und politisch beeinflussbar und sollen hier deshalb nicht berücksichtigt werden.<sup>26</sup> Gemäß dieser Ausgangslage müssen die BHKW-Module im Erdgasbereich keinen minimal vorgeschriebenen Wirkungsgrad aufweisen. Es ist jedoch darauf abzielen, dass Module

<sup>26</sup> Vgl. Erb, M.; Gutzwiller, St.; 2011; S.5.

verwendet werde, die einen hohen Wirkungsgrad aufweisen, da das Erdgas nicht kostenneutral zur Verfügung steht.

Nach Rücksprache mit der Geschäftsleitung der Firma IWK werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung folgenden Erträge und Aufwende angenommen.

Diese werden wie folgt definiert:

- Stromvergütung: 0.15 CHF/kWh
- Wärmevergütung: 0.08 CHF/kWh
- Gaskosten: 0.07 CHF/kWh

Im Vergleich zu den Klärgasbetriebenen Anlagen kann man feststellen, dass die Vergütungssätze um ca. 50% niedriger ausfallen, was sich in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sicherlich auch auf die Amortisationszeit auswirken wird. Des Weiteren werden im Klärgasbereich auch keine erforderlichen Gaskosten veranschlagt.

#### **8.4.1 Kalkulation Erdgasmodule**

Für die Kalkulationsgrundlage der Erdgasmodule können die Preise, welche im Klärgasbereich angewendet wurden verwendet werden. Der Unterschied liegt in der Einbindung und den Zusatzgeräten. Im Erdgasbereich kann auf einen Gasverdichter verzichtet werden, da dieser nicht erforderlich ist, da das Gas bereits komprimiert zur Verfügung steht. Des Weiteren darf keine Notkühlanlage installiert werden, da die erzeugte Wärme am Ort des Entstehens verwendet werden muss.



#### 8.4.1.1 IWK Portfolio 100 kW Kalkulation

Leistung 100 kW	Senergie	Sokratherm
Modultyp	MWM 6.12 AGR	GG 113
Modulpreis	111'156 €	120'000 €
Lieferung	500 €	500 €
Gemischkühler	800 €	entfällt
IBN	3'000 €	3'000 €
PM	500 €	500 €
Einkaufspreis	115'956 €	124'000 €
Aufschlag	1.1	1.1
Deckungsbeitrag BHKW	11'596 €	12'400 €
Verkaufspreis [€]	127'552 €	136'400 €
Umrechnungsfaktor	1.25	1.25
Verkaufspreis [CHF]	159'440 CHF	170'500 CHF
Peripherie (Einbindung)	13'000 €	10'500 €
Deckungsbeitrag Einbindung	1'300 €	1'050 €
Verkaufspreis [€]	14'300 €	11'550 €
Verkaufspreis [CHF]	17'875 CHF	14'438 CHF
Verkaufspreis gesamt	177'315 CHF	184'938 CHF
Deckungsbeitrag gesamt	15'795 CHF	16'550 CHF

Tabelle 7: Kalkulation Erdgas Portfolio 100 kWel

#### 8.4.1.2 IWK Portfolio 200 kW Kalkulation

	Senergie	Sokratherm
Modultyp	G 926 AGR	G 113
Modulpreis	148'800 €	160'500 €
Lieferung	500 €	500 €
Gemischkühler	1'000 €	entfällt
IBN	3'500 €	3'500 €
PM	500 €	500 €
Einkaufspreis	154'300 €	165'000 €
Aufschlag	1.10	1.10
Deckungsbeitrag BHKW	15'430 €	16'500 €
Verkaufspreis [€]	169'730 €	181'500 €
Umrechnungsfaktor	1.25	1.25
Verkaufspreis [CHF]	212'163 €	226'875 €
Peripherie (Einbindung)	16'500 €	15'500 €
Deckungsbeitrag Einbindung	1'650 €	1'800 €
Verkaufspreis [€]	18'150 €	17'050 €
Verkaufspreis [CHF]	22'688 CHF	21'313 CHF
Verkaufspreis gesamt	234'850 CHF	248'188 CHF
Deckungsbeitrag gesamt	20'938 CHF	22'425 CHF

Tabelle 8: Kalkulation Erdgas Portfolio 200 kWel

## **8.5 Numerische Bewertung / Gewichtung der Hardfacts**

Die in den Kapiteln 8.2 und 8.3 aufgelisteten Kalkulationen für die einzelnen Anwendungen bilden dabei die Grundlage für die zu tätigen Investitionskosten. Die Kalkulationen sind so aufbereitet worden, dass die Preise als Anschaffungskosten für den Kunden zu verstehen sind.

Bei der Bewertung wird wiederum ein Skalenmodell von 1 bis 10 dargelegt, wie es auch bei der Bewertung der Soft-Facts zur Anwendung gekommen ist.

Diese Harten-Faktoren werden mit 50% Gewichtung in die Gesamtmatrix einfließen. Beim kalkulatorischen Zinssatz wurde die Vorgabe getroffen, diesen mit 4% in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einfließen zu lassen.

Ziel soll es sein, eine minimale Amortisationszeit aus Kundensicht zu erreichen. Die Amortisationszeit darf dabei 3 Jahre nicht überschreiten. Sollte ein Lieferant über der geforderten Amortisationszeit von 3 Jahren liegen, werden diese Anbieter keiner weiteren Analyse unterzogen und ausgesondert. Die Berechnungen werden in Erdgas- und Klärgasbereiche, sowie in die einzelnen Portfolios unterteilt und in den nachfolgenden Abbildungen dargelegt.

## 8.5.1 Wirtschaftlichkeitsberechnung Klärgas Portfolio 100 kWel

I. Projektspezifische Daten	2G		Senergie	
	2G 100BG Klärgas	Senergie MW 6.12 TE Klärgas	Senergie Liebherr G926T Klärgas	
<b>Projekt:</b>				
BHKV-Typ:	2G 100BG	MWM 6.12 TE	Liebherr G926T	
elektr. Leistung:	100 kW	100 kW	105 kW	
therm. Leistung (bei Abgas 180 °C/1)	123 kW	118 kW	157 kW	
Energieeinheit:	285 kW	275 kW	303 kW	
el. Wirkungsgrad:	37.74 %	36.36 %	34.65 %	
th. Wirkungsgrad:	48.42 %	42.91 %	51.82 %	
gesamt Wirkungsgrad:	84.15 %	79.27 %	86.47 %	
Stromerfordern:	5 kW	5 kW	5.25 kW	
jährl. Betriebsstunden (mögliche Laufzeit)	7500 h	7227 h	6559 h	
genetiba: Stromvergütung nach Leistung	0.216 CHF/kWh	0.216 CHF/kWh	0.214 CHF/kWh	
Stromvergütung Leistung:	0 CHF/kWh	0 CHF/kWh	0 CHF/kWh	
Wärmevergütung:	0.04 CHF/kWh	0.04 CHF/kWh	0.04 CHF/kWh	
Gaskosten:	0 CHF/kWh	0 CHF/kWh	0 CHF/kWh	
<b>II. Investitionskosten/Kapitalkosten</b>				
BHKV-Modul	CHF	CHF	CHF	CHF/a
Peripherie gesamt	112'958	120'411	141'113	
Investitionskosten:	20'625	19'250	20'625	
Zinssatz:	133'583	139'681	161'738	
Betriebszeitraum:	4.0%	4.0%	4.0%	
Annuität:	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	
SUMME Kapitalkosten	14.0%	14.0%	14.0%	
		19'541	20'743	24'023
<b>III. Betriebskosten</b>				
zugesagte Verfügbarkeit	100 %	100 %	100 %	
erreichbare BHKV-Laufzeit	7'500	7'227	6'559	
Gasverbrauch	1'987'500 kWh	1'987'500 kWh	1'987'500 kWh	
Instandhaltung inkl. Schmieröl:	2.50 CHF/Bh	2.50 CHF/Bh	3.00 CHF/Bh	
grosse Revision	- CHF	- CHF	- CHF	
verteilt auf Laufzeit	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	
SUMME Betriebskosten				
	18'750	18'068	19'678	
<b>IV. Erlöse</b>				
Stromerzeugung Arbeit:	712'500 kWh	680'591 kWh	664'301 kWh	
Wärmeerzeugung:	922'500 kWh	852'818 kWh	1'029'827 kWh	
Summe Erlöse	1'635'000	1'533'409	1'694'128	
jährlicher Überschuss	CHF	CHF	CHF	CHF
Gesamtüberschuss	152'244	143'639	137'449	
Kapitalrückzahlung:	CHF	CHF	CHF	CHF
	1'217'954	1'149'108	1'099'595	
Kapitalrückzahlung:	Jahre	Jahre	Jahre	Jahre
	0.75	0.83	1.00	
<b>Gewichtung 80%</b>	5.00	4.46	3.29	

Abbildung 16: Wirtschaftlichkeitsberechnung Portfolio Klärgas 100 kWel (Annahme Gasverbrauch: 1'987'500 kWh/Jahr)

Als erster Schritt wird die resultierende Amortisationszeit bzw. Kapitalrückflussdauer analysiert und bewertet. Keines der angegebenen Module hat eine Rückflussdauer von mehr als 3 Jahren vorzuweisen.

Die wirtschaftlichste Anlage stellt dabei das Modul 100BG der Firma 2 G mit einer Rückflussdauer von 0.75 Jahren dar, gefolgt von den Anlagen MWW 6.12TE und Liebherr G926T vom Unternehmen Senergie.

Es ist festzuhalten, dass dabei auch das BHKW-Modul mit dem höchsten elektrischen Wirkungsgrad von 37.74 % das Ranking anführt. Bei einer weiteren Gegenüberstellung der einzelnen Module wird ersichtlich, dass die Investitionskosten bei der Firma 2G um 5 bis 26 % geringer ausfallen als beim Unternehmen Senergie. Hinsichtlich dieser gewonnenen Erkenntnisse sollte das Unternehmen Senergie seine Preispolitik überdenken, da es aus heutiger wirtschaftlicher Sicht dem Unternehmen 2G im Portfolio Klärgas 100 kWel in allen wesentlichen Bereichen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterlegen ist.

## 8.5.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung Klärgas Portfolio 200 kWel

Wirtschaftlichkeit	2G			Senergie
	Agentor 206 Klärgas	BG 190 Klärgas	Liebherr G9408 Klärgas	
<b>I. Projektspezifische Daten</b>	Agentor 206	BG 190	Liebherr G9408	
<b>Projekt:</b>				
BHKW/Typ	220 kW	190 kW	200 kW	
elektr. Leistung	232 kW	218 kW	275 kW	
therm. Leistung (bei Abgas 180 °C/11)	545 kW	494 kW	640 kW	
Energieertrag	4137 %	3846 %	5143 %	
el. Wirkungsgrad	42,57 %	44,13 %	46,73 %	
th. Wirkungsgrad	82,94 %	82,59 %	85,16 %	
gesam. Wirkungsgrad	11 kW	9,5 kW	10 kW	
Stromerzeugerbedarf	7555 h	8335 h	7500 h	
Jährl. Betriebsstunden (mögliche Laufzeit)	0,184 CHF/kWh	0,169 CHF/kWh	0,187 CHF/kWh	
gemittelte Stromerzeugung nach Leistung	0 CHF/kWh	0 CHF/kWh	0 CHF/kWh	
Stromerzeugung Leistung	0,04 CHF/kWh	0,04 CHF/kWh	0,04 CHF/kWh	
Wärmeverteilung	0 CHF/kWh	0 CHF/kWh	0 CHF/kWh	
Gaskosten				
<b>II. Investitionskosten/Kapitalkosten</b>				
BHKW/Modul	199'929 CHF	198'438 CHF	203'847 CHF	
Peripherie gesamt	27'500 CHF	26'750 CHF	25'438 CHF	
Investitionskosten	225'429 CHF	193'188 CHF	229'285 CHF	
Zinssatz	4,0%	4,0%	4,0%	
Betrachtungsdauer	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	
Annuität	14,9%	14,9%	14,9%	
SUMME Kapitalkosten	33'186 CHF/a	28'994 CHF/a	34'066 CHF/a	
<b>III. Betriebskosten</b>				
zugelegte Vertragszeit	100 %	100 %	100 %	
erreichbare BHKWJ aufzeit	7'555 kWh	8'335 kWh	7'500 kWh	
Gasverbrauch	4'117'500 kWh	4'117'500 kWh	4'117'500 kWh	
Instandhaltung inkl. Schmieröl	2,90 CHF/Bh	2,50 CHF/Bh	2,65 CHF/Bh	
grosse Revision (verteilt auf Betrachtungszeit)	0 CHF	0 CHF	0 CHF	
verteilt auf Laufzeit	0 Jahre	0 Jahre	0 Jahre	
SUMME Betriebskosten	21'154 CHF	20'338 CHF	19'375 CHF	
<b>IV. Erlöse</b>				
Stromerzeugung Arbeit	1'579'005 kWh	1'504'471 kWh	1'425'000 kWh	
Wärmeverzweigung	1'152'171 kWh	1'817'034 kWh	2'147'500 kWh	
Summe Erlöse	369'430 CHF	357'720 CHF	349'063 CHF	
Jährlicher Überschuss	306'001 CHF	308'189 CHF	295'133 CHF	
Gesamtüberschuss	2'448'727 CHF	2'465'509 CHF	2'361'065 CHF	
Kapitalrückflussdauer	0,62 Jahre	0,53 Jahre	0,66 Jahre	
<b>Gewichtung 60%</b>	4,18	5,00	3,80	

Abbildung 17: Wirtschaftlichkeitsberechnung Portfolio Klärgas 200 kWel  
(Annahme: Gasverbrauch: 4'117'500 kWh/Jahr)

Auch in diesem Portfolio wird zunächst auf die Amortisationszeit bzw. Kapitalrückflussdauer eingegangen. Die festgesetzte maximale Kapitalrückflussdauer von 3 Jahren wird dabei von keinem Unternehmen bzw. keinem BHKW-Modul überschritten.

Das Ranking wird vom BG190 der Firma 2G angeführt. Im Unterschied zum Portfolio Klärgas 100 kWel ist festzuhalten, dass hierbei nicht das BHKW Modul mit dem höchsten elektrischen Wirkungsgrad die Bewertung anführt, sondern jenes mit dem geringsten Investitionseinsatz. Es gilt festzuhalten, dass nicht der höchste elektrische Wirkungsgrad bzw. die geringsten Investitionskosten als Indikator für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ausschlagend sind, sondern das Verhältnis dieser numerischen Größen zueinander. Gemäß meiner Einschätzung hätte das Modul Agenitor 206 die Wirtschaftsanalyse anführen müssen, da die Firma 2G dieses Modul selbst entwickelt hat, um hohe Wirkungsgrade zu erzielen und daraus resultierend hohe Absatzzahlen am Markt generieren zu können. In diesem Zusammenhang sollte das Unternehmen 2G die Preisgestaltung für das BHKW-Modul Agenitor 206 nochmals überprüfen.

### 8.5.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung Erdgas Portfolio 100 kWel

Wirtschaftlichkeit	I. Projektspezifische Daten		Senergie		Sokratherm	
	Projekt:		Senergie MWM G6.12 AGR		Sokratherm GG 113	
			Erdgas		Erdgas	
	BHKW-Typ:	MWM G6.12 AGR		MAN GG 113		
	elektr. Leistung:	100 kW		114 kW		
	therm. Leistung (bei Abgas 120 °C!!!):	167 kW		180 kW		
	Energieeinsatz:	307 kW		308 kW		
	el. Wirkungsgrad:	32.57 %		31.76 %		
	th. Wirkungsgrad:	51.14 %		54.88 %		
	gesamt Wirkungsgrad:	83.71 %		89.63 %		
	Stromerfordernis:	5 kW		5.7 kW		
	jährl. Betriebsstunden (mögliche Laufzeit):	4000 h		3489 h		
	gemittelte Stromvergütung nach Leistung:	0.150 CHF/kWh		0.150 CHF/kWh		
	Stromvergütung Leistung:	0 CHF/kWh		0 CHF/kWh		
	Wärmevergütung:	0.08 CHF/kWh		0.08 CHF/kWh		
	Gaskosten:	0.07 CHF/kWh		0.07 CHF/kWh		
	<b>II. Investitionskosten/Kapitalkosten</b>		CHF/a		CHF/a	
	BHKW-Modul:	157'440	CHF	173'500	CHF	
	Peripherie gesamt:	17'875	CHF	14'438	CHF	
	Investitionskosten:	177'315	CHF	184'938	CHF	
	Zinssatz:	4.0%		4.0%		
	Berechnungszeitraum:	8 Jahre		8 Jahre		
	Annuität:	14.9%		14.9%		
	SUMME Kapitalkosten:		26'336		27'468	
	<b>III. Betriebskosten</b>					
	zusagte Verfügbarkeit:	100 %		100 %		
	erreichbare BHKW-Laufzeit:	4000		3489		
	Gasverbrauch:	1'228'000	kWh	65'860	1'443'580	kWh
	Instandhaltung (ohne g. Revision bei 20'000 h):	1.50	CHF/Bh	8'000	1.85	CHF/Bh
	grosse Revision (verteilt auf Betrachtungszeitraum):	-	CHF	-	-	CHF
	verteilt auf Laufzeit:	8	Jahre	-	8	Jahre
	SUMME Betriebskosten:		91'860		85'862	
	<b>IV. Erlöse</b>					
	Stromerzeugung Arbeit:	387'000	kWh	577'000	377'847	kWh
	Wärmeerzeugung:	628'000	kWh	50'240	628'000	kWh
	Summe Erlöse:		107'240		105'917	
	jährlicher Überschuss:	CHF	- 11'056	CHF	- 6'413	
	Gesamtüberschuss:	CHF	- 88'450	CHF	- 51'303	
	Kapitalbindungsdauer:	Jahre		Jahre		
	<b>Gewichtung 50%</b>	Keine Bewertung möglich		keine Bewertung möglich		

Abbildung 18: Wirtschaftlichkeitsberechnung Portfolio Erdgas 100 kWel  
(Annahme: Wärmeerzeugung 628'000 kWh/Jahr)

Bei der Auswertung des Portfolio Erdgas 100 kWel musste festgestellt werden, dass es nicht möglich ist, eine Wirtschaftlichkeit in diesem Anwendungsbereich nachzuweisen. Das Problem besteht darin, dass die angesetzten Einspeisetarife zu gering ausfallen. Es ist festzuhalten, dass sich die getroffenen Annahmepunkte bezüglich der Einspeisvergütungen auf marktübliche Preise beziehen. Bei der Gegenüberstellung des elektrischen Wirkungsgrades und der Investitionskosten kann darauf geschlossen werden, dass bei entsprechenden Einspeisetarifen das Unternehmen Sokratherm das Ranking anführen wird. Seitens der Regierung müssen in diesem Leistungsbereich entsprechende Novellierungen gesetzt werden.



## 8.5.4 Wirtschaftlichkeitsberechnung Erdgas Portfolio 200 kWel

Wirtschaftlichkeit	I. Projektspezifische Daten		Senergie		Sokratherm	
	Projekt:		Senergie Liebherr G9.26 AGR		Sokratherm GG 201	
			Erdgas		Erdgas	
	BHKW-Typ:	CG 25AGR		MAN GG 201		
	elektr. Leistung:	180 kW		201 kW		
	therm. Leistung (bei Abgas 120 °C/III):	238 kW		353 kW		
	Energieeinsatz:	470 kW		790 kW		
	el. Wirkungsgrad:	38.30 %		33.72 %		
	th. Wirkungsgrad:	50.64 %		55.67 %		
	gesamt Wirkungsgrad:	88.94 %		89.60 %		
	Stromeigenbedarf:	9 kW		10.05 kW		
	jährl. Betriebsstunden (mögliche Laufzeit):	4000 h		2859 h		
	gemittelte Stromvergütung nach Leistung:	0.150 CHF/kWh		0.150 CHF/kWh		
	Stromvergütung Leistung:	0 CHF/kWh		0 CHF/kWh		
	Wärmevergütung:	0.08 CHF/kWh		0.08 CHF/kWh		
	Gaskosten:	0.07 CHF/kWh		0.07 CHF/kWh		
	II. Investitionskosten/Kapitalkosten		CHF/a		CHF/a	
	BHKW-Modul:	212'153	CHF	225'875	CHF	
	Peripherie gesamt:	22'688	CHF	21'313	CHF	
	Investitionskosten:	234'850	CHF	248'188	CHF	
	Zinssatz:	4.0%		4.0%		
	Berechnungszeitraum:	8 Jahre		8 Jahre		
	Annuität:	14.9%		14.9%		
	SUMME Kapitalkosten:			34'882	38'963	
	III. Betriebskosten					
	zugesagte Verfügbarkeit:	100 %		100 %		
	erreichbare BHKW-Laufzeit:	4000		2859		
	Gasverbrauch:	1'887'000	kWh	13'1500	1'703'880 kWh	
	Instandhaltung inkl. Schmieröl:	3.50	CHF/Bh	14'000	4.03 CHF/Bh	
	grosse Revision (verteilt auf Betrachtungszeit):	-	CHF	-	CHF	
	verteilt auf Laufzeit:	8	Jahre	-	8 Jahre	
	SUMME Betriebskosten:			145'800	130'707	
	IV. Erlöse					
	Stromerzeugung Anteil:	684'000	kWh	1027'000	545'899 kWh	
	Wärmeerzeugung:	952'000	kWh	76'160	952'000 kWh	
	Summe Erlöse:			176'760	168'046	
	jährlicher Überschuss:	CHF	-	1'722	CHF -	
	Gesamtüberschuss:	CHF	-	13'774	CHF -	
	Kapitalrückflussdauer:	Jahre		Jahre		
	Gewichtung 50%:	keine Bewertung möglich		keine Bewertung möglich		

Abbildung 19: Wirtschaftlichkeitsberechnung Portfolio Erdgas 200 kWel  
(Annahme: Wärmeerzeugung 628'000 kWh/Jahr)

Auch in diesem Portfoliobereich von 200kWel ist eine Wirtschaftlichkeit der Anlagen nicht nachzuweisen. Bei einer entsprechenden Anpassung der Einspeisetarife würde das Unternehmen Senergie die effizienteste Anlage sein. Diese Aussage kann damit bekräftigt werden, dass die Investitionskosten gegenüber dem Unternehmen Sokratherm um ca. 6% niedriger sind und der elektrische Wirkungsgrad des Liebherr G9.26AGR um 4.6 Prozentpunkte höher ist, als der des GG201. Wie zu erkennen ist müssen auch hier seitens der Politik entsprechenden Förderungsmaßnahmen getroffen werden, um diesen Leistungsbereich in Zukunft wirtschaftlich bearbeiten zu können.

## 9 Ganzheitliche Betrachtung

Die ganzheitliche Betrachtung soll unter den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen und den weichen Faktoren aufgestellt werden. Die Betrachtungen werden wiederum auf die einzelnen Klärgas- und Erdgasbereiche verteilt. Die Bewertungen und Gewichtungen wurden in den letzten Kapiteln ausführlich bearbeitet und beschrieben. Diese bilden die Grundlage, um diese ganzheitlichen Betrachtungsweise vornehmen zu können.

### 9.1 Bewertung Portfolio Klärgas 100 kWel

Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Klärgas 100 kWel			
Unternehmen	2 G	Senergie	Senergie
Modultyp	BG 100	MWM 6.12 TE	Liebherr 926 T
Wirtschaftlichkeit: Gewichtung 50 % (Maximal Wert = 5)	5.00	4.69	4.26
Technik: Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)	1.52	1.36	1.36
Ausführung: Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)	1.13	1.73	1.73
Firma: Gewichtung 10% (Maximal Wert = 1)	0.75	0.55	0.55
Geamtwert (Maximalwert = 10)	8.40	8.33	7.90

Tabelle 9: Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Klärgas 100 kWel

Im Portfolio Klärgas 100 kWel ist die Firma 2 G mit dem Modultyp BG 100 unter allen berücksichtigten Punkten das Modul mit der höchsten Punktezahl. Festzustellen ist, dass die Unterschiede zu den einzelnen Herstellern sehr gering ausfallen. Die Firma Senergie mit dem BHKW Modul MWM 6.12 TE hat demnach nur eine geringe Abweichung von 0.7 Punkten. Aufgrund dieses Ergebnisses wird für die Bearbeitung am Markt in Zukunft das Modul BG 100 von der Firma 2G angeboten.

### 9.2 Bewertung Portfolio Klärgas 200 kWel

Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Klärgas 200 kWel			
Unternehmen	2 G	2 G	Senergie
Modultyp	Aginitor 206	BG 190	Liebherr 9408
Wirtschaftlichkeit: Gewichtung 50 % (Maximal Wert = 5)	4.81	5.00	4.43
Technik: Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)	1.52	1.36	1.36
Ausführung: Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)	1.13	1.73	1.73
Firma: Gewichtung 10% (Maximal Wert = 1)	0.75	0.55	0.55
Geamtwert (Maximalwert = 10)	8.21	8.64	8.07

Tabelle 10: Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Klärgas 200 kWel

Weiderum fällt der Zuschlag in diesem Leistungsbereich auf die Firma 2G mit dem BHKW Modul BG 190, welches mit einer Gesamtpunktzahl von 8.64 das Ranking anführt. Innerhalb dieser Betrachtung kommt an zweiter Stelle das BHKW Modul Agenitor 206, welches ebenfalls vom Unternehmen 2G produziert wird. Da sich diese Module nur von den unterschiedlichen Motorausrüstungen unterscheiden, kann dieses Modul ebenfalls in das Portfolio Klärgas 200 kWel aufgenommen werden. Diese Entscheidung fällt umso leichter, da beim Steuerungstyp und sonstigen Anbauteilen keine Unterschiede bestehen.

In Bezug auf Klärgasanwendung ist festzuhalten, dass es gelungen ist, einen BHKW Lieferanten zu generieren.

### 9.3 Bewertung Portfolio Erdgas 100 kWel

Unternehmen	Senergie	Sokratherm
Modultyp	MWM 6.12 AGR	GG 113
Wirtschaftlichkeit: Gewichtung 50 % (Maximal Wert = 5)	keine Bewertung möglich	keine Bewertung möglich
Technik: Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)	1.32	1.40
Ausführung: Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)	1.13	1.83
Firma: Gewichtung 10% (Maximal Wert = 1)	0.75	0.70
Geamtwert (Maximalwert = 5)	3.20	3.93

Tabelle 11: Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Erdgas 100 kWel

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit in den Portfoliobereichen Erdgas musste festgestellt werden, dass die unter Kapitel 7.3 Rahmenbedingungen Erdgas unterstellten Vergütungen und Aufwendungen, keine Erträge innerhalb des gesetzten Zeitrahmens zulassen. In diesem Bereich muss auf Bundesebene eine Novellierung hinsichtlich der Vergütungen getroffen werden. Gemäß meiner Einschätzungen muss in einem Leistungsbereich von 100 bis 200 kWel eine minimale Vergütung von 0.20 CHF/kWh realisiert werden, um eine Amortisationszeit von 3 Jahren realisieren zu können.

Um die Bewertung jedoch fortführen zu können, werden die schon bewerteten weichen Faktoren für erdgasbetriebene BHKWs als Entscheidungsbasis herangezogen. Unter diesen Voraussetzungen fällt die Entscheidung auf das Unternehmen Sokratherm mit einer Punktzahl von 3.93. Diese BHKW Module bestechen durch ihren kompakten Aufbau und den hohen Standardisierungsgrad.

## 9.4 Bewertung Portfolio Erdgas 200 kWel

Unternehmen	Senergie	Sokratherm
Modultyp	G 926 AGR	GG 201
Wirtschaftlichkeit: Gewichtung 50 % (Maximal Wert = 5)	keine Bewertung möglich	keine Bewertung möglich
Technik: Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)	1.32	1.40
Ausführung: Gewichtung 20% (Maximal Wert = 2)	1.13	1.83
Firma: Gewichtung 10% (Maximal Wert = 1)	0.75	0.70
Geamtwert (Maximalwert = 5)	3.20	3.93

Tabelle 12: Ganzheitliche Betrachtung Portfolio Erdgas 200 kWel

Wie schon in Kapitel 6.1.3 Bewertung Portfolio Erdgas 100 kWel besteht auch hier Nachholbedarf bezüglich der mindest vorgegeben Vergütung.

Das Ranking in der oben angeführten Tabelle bezieht sich ebenfalls nur auf die Grundlage der bewerteten Soft-Facts. In diesem Falle kommt ins Portfolio wiederum die Firma Sokratherm mit dem BHK Modul GG201. Auch hier besticht dieser Lieferant mit einer einzigartigen Qualität und hohem Standardisierungsgrad.

## 10 Lieferprogramm der Firma IWK

In Anlehnung an die in Kapitel 9 zusammengefassten Ausprägungen und Bewertungen lässt sich für das Unternehmen IWK im Klärgas- bzw. Erdgasbereich folgendes Lieferprogramm innerhalb der vorgegebenen Portfolios realisieren.

### 10.1 Lieferprogramm IWK Portfolio Klärgas 100 bis 300 kWel

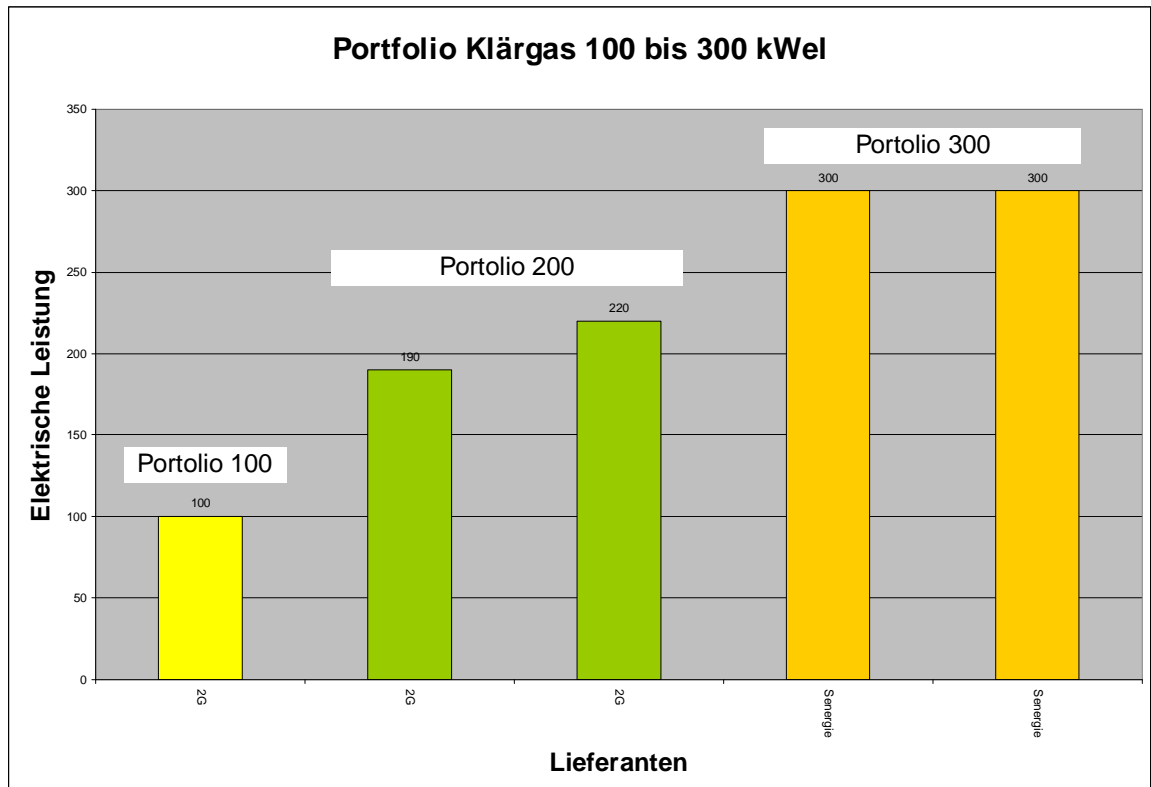


Abbildung 20: Lieferprogramm Portfolio Klärgas nach Bewertung

Innerhalb dieses Leistungsbereiches hatte man vor der Analyse noch 4 Anlagenhersteller, die für eine Marktbearbeitung in Fragen gekommen sind. Die in Abbildung 20 dargestellte Grafik zeigt auf, dass global betrachtet das Unternehmen Energolux und Sokratherm aus dem Lieferprogramm gestrichen worden sind. Ganz besonders zu betonen ist der Portfoliobereich 100 und 200, in welchem es möglich war, sich auf nur ein Unternehmen zu konzentrieren. Diesen Annahmepunkten zu Grunde gelegt, schafft dieser Leistungsbereich eine erheblich bessere Transparenz und es ist dem gesamten Unternehmen möglich, seine Kernkompetenz in diesem Spektrum besser zu verlagern. Da im Portfoliobereich von 300 kWel keine unterschiedlichen Lieferanten aufgezeigt werden konnten, konnte dieser Bereich auch nicht entsprechend bearbeitet werden. Grundsätzlich konnte mit der Firma Senergie ein zuverlässiger Partner

gefunden werden, so dass dieses Portfolio ebenfalls kundenorientiert bedient werden kann. Würde der Betrachtungswinkel auf eine Leistung von 330 kWel erweitert werden, würde dieses Marktsegment mit der Firma Jenbacher abgedeckt werden, da dies aufgrund der Generalvertretung von GE-Jenbacher Gasmotoren firmenpolitisch notwendig wäre.

### **10.2 Lieferprogramm IWK Portfolio Erdgas 100 bis 200 kWel**

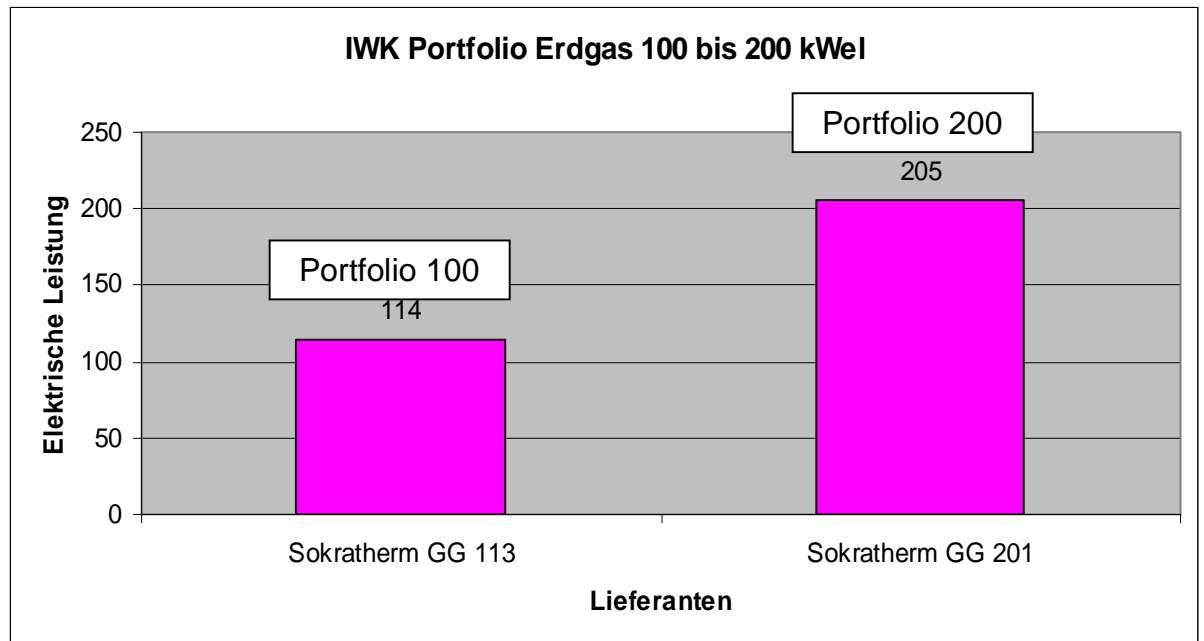


Abbildung 21: Lieferprogramm Portfolio Erdgas nach Bewertung

In diesen Leistungsbereich konnte die Entscheidung ebenfalls auf einen Anlagenlieferanten fallen. Diese Bewertung ist jedoch mit Vorsicht zu genießen, da bei der Datenerfassung nur weiche Faktoren berücksichtigt worden sind. Dies beruht auf der Tatsache, dass bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung keine positiven Erträge erzielt werden konnten. Da im Portfolio 300 sehr große Streuungen aufgetreten sind, machte es keine wirklichen Sinn BHKW- Module mit einer differenzierten Leistung von +/- 60 kWel zu analysieren, da es dadurch zu einer Verfälschung der Ergebnisse gekommen wäre.

Grundsätzlich kann der Leistungsbereich auch mit dem Unternehmen GE-Jenbacher betreut werden.

## 11 Erkenntnisse / Fazit

Ziel dieser Diplomarbeit war es, ein optimiertes und überschaubares Lieferprogramm für das Unternehmen IWK zu generieren. Dies konnte im Portfolio Klärgas 100 bis 200 kW realisiert werden. Auffallend war, dass sich die durchschnittlichen Amortisationszeiten bzw. Kapitalrückflussdauern innerhalb von einem Jahr befanden.

Im Portfoliobereich 300 kW Klärgas konnte keine entsprechende Analyse getätigt werden, da nur ein Anbieter in Frage gekommen wäre.

Bei erdgasbetriebenen Blockheizkraftwerken musste festgestellt werden, dass es im Leistungsbereich zwischen 100 und 300 kW nicht möglich war, eine Wirtschaftlichkeit der Anlagen nachzuweisen. Deshalb mussten für diese Analyse die weichen Faktoren ein aussagekräftiges Ergebnis liefern.

Bei der Gegenüberstellung von erdgas- und klärgasbetriebenen Blockheizkraftwerken war auffallend, dass die Einspeisevergütungen für Erdgasanlagen um ca. 50% tiefer ausfallen.

Klärgasanlagen in der Schweiz werden von der öffentlichen Hand, sprich von den einzelnen Kantonen, finanziert. Aus meiner Sicht ist es nicht sinnvoll, dass die Förderungsgelder, welche vom Staat ausgeschüttet werden, wiederum in den öffentlichen Bereich zurückfließen.

Sinnvoller wäre es, die Einspeisevergütungen im Klärgasbereich herabzusetzen, um erdgasbetriebene Anlagen in einem Leistungsbereich von 100 bis 300 kW zu fördern, um auch hier wirtschaftliche Anlagen realisieren zu können. Auf Bundesebene müsste der Weg in Richtung „Fossile KEV“ gehen, welche den Einspeisetarif gekoppelt am Erdgaspreis entsprechend regelt.

Deshalb wurde 2008 der Fachverband V3E (Verband Effiziente Energie Erzeugung) gegründet um diesen Markt im fossilen Bereich zu bearbeiten. Dieses Institut hat sich zum Ziel gesetzt, die Wärmekraftkopplung so zu fördern, dass diese bis 2030 einen substantiellen Anteil des Schweizer Strombedarfs abdeckt. Konkret wird angestrebt, dass WKK bis 2030 eine jährliche Strommenge von 7 TWh produziert. Dies entspricht bezogen auf die heutige Stromproduktion einem Anteil von 11 %.<sup>27</sup> Dies würde aus heutiger Sicht bedeuten, dass sich der Markt von WKK-Anlagen vervierfachen würde.

---

<sup>27</sup> Vgl. Erb, M.; Gutzwiller, St.; 2011; S.4.



Anhand des getätigten Umfangs dieser Diplomarbeit konnte festgestellt werden, dass eine Wirtschaftlichkeitsanalyse alleine noch keine befriedigende Lösung innerhalb eines zu tätigenen Investitionsvorhaben darstellt. Viele Unternehmen setzen bei ihren Entscheidungen nur auf numerische Werteinheiten. Zwar sind diese Ergebnisse rechnerisch belegbar, jedoch hat es den großen Nachteil, dass keine Aussagen in Bezug auf Qualität (z.B. menschliche Einschätzung) getätigt werden. Es ist von entscheidender Bedeutung, welches Personal eine Bewertung durchführt. Vertriebspersonal wird zuerst die Wirtschaftlichkeit einer Anlage prüfen. Wenn dies als potentiell Geschäft gesehen wird, werden keine Gedanken in Bezug auf Lagerhaltungen bzw. notwendige Qualifikation der Mitarbeiter getroffen. Dieses kurzfristige Denken generiert in der Anfangszeit einen Umsatzzuwachs. Die Problematik besteht langfristig darin, dass der Spezialisierungsgrad im Servicebereich dadurch abnimmt und dem Kunden keine effektive Störungsbehebung garantiert werden kann. Gemäß dem überarbeiteten Portfolio der Firma IWK konnten die richtigen Voraussetzungen getroffen werden, um zukunftsorientiert eine Qualitätssteigerung im Servicedienstleistungssektor bewirken zu können. Sehr viele Diversifikationen innerhalb eines Tätigkeitsbereiches sind für eine vertriebstechnische Marktbearbeitung von Vorteil. Jedoch stehen diese Anschauungen im Konflikt einen langfristigen Erfolg eines Unternehmens sicherzustellen.

## IV Literaturverzeichnis

*Erb, Markus; Gutzwiller, Stephan;* Ausbau von WKK in der Schweiz, Studie im Auftrag der V3E, Liestal, 2011,

*Köhler-Frost, Wilfried;* Outsourcing, Eine strategische Allianz besonderen Typs; 4. Auflage, Berlin, 2000,

*Leuenberger, Moritz;* Energieverordnung, Rückwirkend auf 2010, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, 2010,

*Olfert, Klaus;* Investitionen; 9. Auflage, Ludwigshafen, 2003,

*Peters, Sönke; Brühl, Rolf; Stelling, Johannes;* Betriebswirtschaftslehre, Einführung; 12. Auflage, München, 2005,

*Schaumann, Gunter; Schmitz, Karl;* Kraft-Wärme-Kopplung; 4 Auflage, Mainz, Ludwigshafen, 2009,

*Wellstein, Jürg;* Kraft-Wärme-Kopplung; Wärme und Strom effizient kombinieren, Studie im Auftrag der V3E, Basel, 2011,

## **V Firmeninterne Quellen**

*Dillier, Daniel*; WKK Fakten; Sarnen, 2011,

*Lorenz, Hendrik*; Gasmotoren mit Abgasrückführung; Engen, 2010,

*Maier, Joachim*; Service IWK; Oberringen-Seuzach, 2011,

*Sichler, Markus*, Begleitschreiben ARA Schönau Cham, Oberringen-Seuzach, 2011

## **VI Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist, insbesondere dass ich alle Stellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen sind, durch Zitate als solche gekennzeichnet habe. Weiterhin erkläre ich, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat.

Ich versichere, dass die von mir eingereichte schriftliche Version mit der digitalen Version der Arbeit übereinstimmt.

Oberohringen-Seuzsach, 03.06.2012

Erwin Egger