

---

# **BACHELORARBEIT**

---

Herr

**Nan Zhang**

**Aufbau einer Sensortechnologiedatenbank**

Mittweida, 2023

Fakultät Elektro- und Informationstechnik

---

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Aufbau einer Sensortechnologiedatenbank**

Autor:

**Herr Nan Zhang**

Studiengang:

**Elektro- und Informationstechnik**

Seminargruppe:

**EI19sA-BC**

Erstprüfer:

**Prof. Dr. -Ing. René Pleul**

Zweitprüfer:

**M. Sc. Hongwei Xu**

Einreichung:

**Mittweida, 10.04.2023**

Verteidigung/ Bewertung:

**Mittweida, 2023**

---

## **Bibliografische Angaben**

Nan,Zhang

Aufbau einer Sensordatenbank auf der Grundlage der Sensortechnologie

Building a sensor database based on sensor technology

Seite 45,Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften,  
Bachelorarbeit, 2023

## **Referat**

Ziel des Bachelorprojektes ist es, anhand einer umfangreichen Recherche eine Wissenssammlung zu erstellen, die es ermöglicht, leicht eine passende Sensorlösung zu finden. Dazu müssen die zu einem Sensor gehörenden zweckmäßigen Eigenschaften und Kategorien geordnet werden und die jeweiligen Sensoren aufgenommen werden. Ein geeignetes Werkzeug für die Erfassung und Nutzung der Sensorinformation soll genutzt werden.

# Inhalt

<b>Inhalt .....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik.....</b>	<b>3</b>
2.1 Sensorsystem.....	3
2.1.1 Des Sensor als Bauteile .....	3
2.1.2 Hauptfunktionen und Aufgaben von Sensoren .....	5
2.2 ER-Modell um "Relationale Datenbank".....	6
2.2.1 Die Defination und die Struktur von ER Modell .....	6
2.2.2 Normalisierung eines relationalen Datenschemas .....	8
2.3 Sensordatenbanken .....	9
<b>3 Struktur einer Sensortechnologiedatenbank.....</b>	<b>11</b>
3.1 Klassifizierung der Sensoren .....	11
3.1.1 Klassifizierung der Sensoren nach Messgröße.....	11
3.1.2 Klassifizierung der Sensoren nach physikalische Effekt.....	12
3.1.3 Andere Arten der Klassifizierung .....	15
3.2 ER-Modell für Sensoren .....	16
3.2.1 Die Entitäten in des Sensorik.....	16
3.2.2 Beziehung zwischen Entitäten .....	19
3.3 Relationales Modell für Sensoren .....	22
<b>4 Aufbau und Nutzung der Datenbank.....</b>	<b>28</b>
4.1 Datenspeicherung in der Datenbank.....	28
4.2 Datensuche in der Sensordatenbank.....	31
4.3Hinzufügen von Daten zur Sensordatenbank.....	34
<b>5 Zusammenfassung.....</b>	<b>36</b>

Inhalt

---

5.1 Schlussfolgerung.....	36
5.2 Ausblick.....	36
<b>Literatur .....</b>	<b>37</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>	<b>38</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1: Bestandteile des Sensors(Arbeit nur einfache Schritte).....</b>	<b>4</b>
<b>Abbildung 2: Beispiel für ein ER-Modell.....</b>	<b>8</b>
<b>Abbildung 3: Die Beziehung zwischen Normalisierung .....</b>	<b>9</b>
<b>Abbildung 4: Sensor-Verkaufsdatenbank Mouser .....</b>	<b>10</b>
<b>Abbildung 5: Sensor-Verkaufsdatenbank Digi-Key.....</b>	<b>10</b>
<b>Abbildung 6: Piezoresistiver Effekt .....</b>	<b>13</b>
<b>Abbildung 7: Hall-Effekt.....</b>	<b>14</b>
<b>Abbildung 8: Piezoelektrischer Effekt .....</b>	<b>15</b>
<b>Abbildung 9: ER-Modell für Sensortechnologie.....</b>	<b>16</b>
<b>Abbildung 10: Beziehungen zwischen Tabellen .....</b>	<b>27</b>

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1 : Sensorinformationen .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabelle 2 : Entitäten Tabelle 1 .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabelle 3 : Entitäten Tabelle 2 .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabelle 4 : Entitäten Tabelle 3 .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabelle 5 : Entitäten Tabelle 4.....</b>	<b>24</b>
<b>Tabelle 6 : Entitäten Tabelle 5 .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabelle 7 : Beziehungstabelle 1.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabelle 8 : Beziehungstabelle 2.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabelle 9 :Zwischentabelle 1 .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabelle 10 : Zwischentabelle 2 .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabelle 11 : Zwischentabelle 3 .....</b>	<b>27</b>

# 1 Einleitung

Mit der rasanten Entwicklung des digitalen Zeitalters wird die Sensortechnik in immer mehr Bereichen eingesetzt, und die Erfassung von Sensordaten wird immer wichtiger. Mit ihren vielfältigen Fähigkeiten können Sensoren die wissenschaftliche Forschung, die industrielle Fertigung, den Umweltschutz und andere Bereiche erheblich unterstützen. Der enorme Umfang und die Vielfalt der Sensoren stellen jedoch eine große Herausforderung für die Datenverwaltung und -analyse dar, und es wird für die Benutzer immer schwieriger, die richtigen Sensoren auszuwählen. Daher ist es wichtig, sich mit der Gestaltung von Sensordatenbanken zu befassen und die funktionalen Merkmale und Kategorien von Sensoren zu kategorisieren. In diesem Beitrag werden die Beziehungen zwischen den verschiedenen Merkmalen von Sensoren durch umfangreiche Untersuchungen der Sensortechnologie recherchiert, ein ER-Modell mit Informationen über die Sensortechnologie erstellt, detaillierte Informationen über verschiedene Sensortypen gesammelt und eine Sensordatenbank auf der Grundlage der Sensortechnologie aufgebaut.

Für jede Messung muss die zu messende physikalische Größe am Messobjekt zugänglich gemacht, erfasst und in eine weiter verarbeitbare Messgröße (oft ein Spannungssignal) umgewandelt werden. Das Messprinzip ist das physikalische Grundprinzip der Messung auf der Basis wiederholbarer physikalischer Effekte.

So kann z.B. eine Temperaturmessung durch die Änderung des elektrischen Widerstandes (z.B. von Platindraht) oder durch den Seebeck-Effekt wie bei Thermoelementen erfolgen. Je nach Wahl richten sich danach auch die folgenden Schritte der Messkette. Jedes Messprinzip hat dabei verschiedene Vor- und Nachteile sowie typische Einsatzbereiche.

Für eine Messung betrifft oft die Wahl des Messprinzips die Wahl des Sensorelementes.

Für die Entwicklung von Lösungen für Messaufgaben in der Automatisierungstechnik ist es ausgesprochen hilfreich, möglichst leicht auf Basis von Vor- und Nachteilen das geeignete Messprinzip und so den Sensor finden zu können.



Um eine Übersicht über verfügbare Sensor-Technologie zu erhandeln ,eignet sich der Aufbau eines Datenbank.

Ziel des Bachelorprojektes ist es, anhand einer umfangreichen Recherche eine Wissenssammlung zu erstellen, die es ermöglicht, leicht eine passende Sensorlösung zu finden. Dazu müssen die zu einem Sensor gehörenden zweckmäßigen Eigenschaften und Kategorien geordnet werden und die jeweiligen Sensoren aufgenommen werden. Ein geeignetes Werkzeug für die Erfassung und Nutzung der Sensorinformation soll genutzt werden.

Für jede Messung muss die zu messende physikalische Größe am Messobjekt zugänglich gemacht, erfasst und in eine weiter verarbeitbare Messgröße (oft ein Spannungssignal) umgewandelt werden.

Die konkrete technische Lösung für verschiedene Messgrößen werden durch das Messprinzip festgelegt. Das Messprinzip ist das physikalische Grundprinzip der Messung auf der Basis wiederholbarer physikalischer Effekte.

So kann z.B. eine Temperaturmessung durch die Änderung des elektrischen Widerstandes (z.B. von Platindraht) oder durch den Seebeck-Effekt wie bei Thermoelemen.

Es besteht somit verschiedene Kategorien,nach deren Sensoren geordnet werden können.Um eine geeignete Speicherung der Daten zu ermöglichen,soll in der Arbeit ein geeignete Datenmodell entwickelt werden.

## **2 Stand der Technik**

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Konzepte vorgestellt, die zur Erstellung der Sensordatenbank in diesem Entwurf verwendet werden. Die Datenbank wurde auf der Grundlage der Verbindungen zwischen den Sensortechnologien entwickelt.

### **2.1 Sensorsystem**

Sensoren sind Messwertaufnehmer für nichtelektrische Größen; sie bilden eine nichtelektrische Messgröße, die an Ihrem Eingang anliegt, auf eine elektrische Größe an Ihrem Ausgang ab. Messungen mit Sensoren sind damit indirekte Messungen der Messgröße[1]. Sensor sind in der Lage, Zu messende physikalische Größe in ein elektrisches Signal oder eine andere erforderliche Form der Informationsausgabe nach bestimmten Regeln umzuwandeln, um die Anforderungen der Informationsübertragung, -verarbeitung, -speicherung, -anzeige, -aufzeichnung und -steuerung zu erfüllen. Sensoren spielen eine wichtige Rolle in der Automatisierungstechnik, da sie es ermöglichen, dass Maschinen und Anlagen Informationen über ihre Umgebung sammeln und auf dieser Grundlage Entscheidungen treffen können. Jedes Element, das das Eingangssignal einer physikalischen Größe erfasst und eine andere physikalische Größe als Ausgangssignal abgibt, wird als Sensor bezeichnet [2].

#### **2.1.1 Des Sensor als Bauteile**

Der Sensor besteht im Allgemeinen aus vier Teilen: einem aufnehmenden Element, dem Umwandlungselement, dem Transformationskreis und der Hilfsstromversorgung [3].

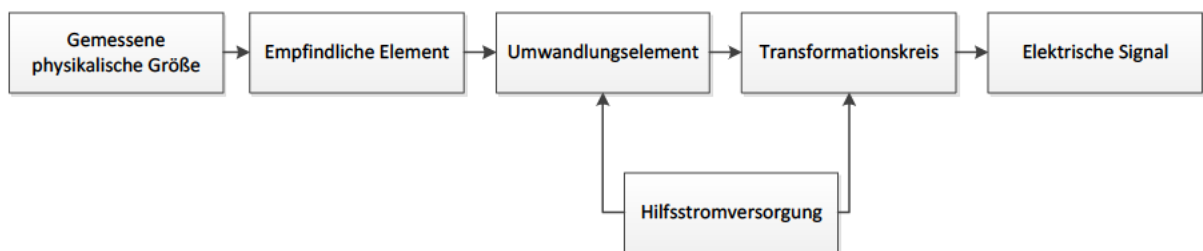
Das aufnehmenden Element erfasst direkt die gemessene physikalische Größe und gibt ein Signal aus, das in einem bestimmten Verhältnis zur gemessenen physikalischen Größe steht.

Das Umwandlungselement wandelt das Signal der vom empfindlichen Element ausgegebenen physikalischen Größe in ein elektrisches Signal oder Umwandlung von Sensorsignalen in optische, akustische, magnetische, usw. um.

Die Transformationskreis ist für die Verstärkung und Modulation des vom Umwandlungselement ausgegebenen elektrischen Signals zuständig.

Das Umwandlungselement und die Transformationskreis benötigen in der Regel auch eine Hilfsenergieversorgung.

Je nach Funktion des Sensors kann er auch andere Komponenten wie ein Gehäuse, eine Schutzschicht, einen Filter oder einen Kalibrierkreis enthalten. Diese Bauteile müssen so konzipiert und dimensioniert sein, dass sie den Anforderungen der jeweiligen Anwendung entsprechen und eine möglichst genaue und zuverlässige Messung gewährleisten.



**Abbildung 1: Bestandteile des Sensors(Arbeit nur einfache Schritte)**

Aufgrund der unterschiedlichen Funktionen des Sensors variieren auch seine Komponenten. Einfache Sensoren haben weniger Komponenten, eine relativ einfache Funktion und niedrige Kosten und eignen sich für einige einfache Erkennungsaufgaben, während komplexe Sensoren mehr Komponenten und komplexere Funktionen haben und für einige Erkennungsaufgaben geeignet sind, die eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit erfordern.

Der Aufnehmer eines einfachen Sensors kann in der Regel nur eine physikalische Größe, wie Licht, Temperatur, Druck usw., erfassen. Der Aufnehmer komplexer Sensoren können dagegen mehrere physikalische Größen wie Schall, Licht, Temperatur, Feuchtigkeit usw. erfassen. Der Signalprozessor eines einfachen Sensors kann in der Regel nur einfache Informationen extrahieren, z. B. die Amplitude und Frequenz des Signals.

Signalprozessoren für komplexe Sensoren hingegen können komplexere Informationen extrahieren, z. B. die Wellenform und die Spektralanalyse des Signals.

Einfache Sensoren haben relativ wenige Komponenten, während komplexe Sensoren mehr Komponenten haben, zu denen neben den oben genannten auch Signalprozessoren, Ausgänge, Kalibrierungsgeräte usw. gehören können.

**Signalprozessor:** Der Signalprozessor verarbeitet das Signal vom Rezeptor, um nützliche Informationen wie Amplitude, Frequenz und Phase des Signals zu extrahieren.

**Kalibriervorrichtung:** Die Kalibriervorrichtung kalibriert das Ausgangssignal des Sensors, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Sensors zu gewährleisten.

**Ausgabegerät:** Die Ergebnisse der Analyse werden in Form von Zahlen, Diagrammen usw. zur Beobachtung und Analyse durch den Benutzer ausgegeben.

## **2.1.2 Hauptfunktionen und Aufgaben von Sensoren**

Sensoren sind elektronische Geräte, die physikalische oder chemische Größen messen und die Messgröße in elektrische Signale umwandeln. Diese Signale können dann von anderen elektronischen Geräten verarbeitet werden, um Informationen zu erhalten oder Aktionen auszuführen. Im Folgenden werden einige der Funktionen und Aufgaben von Sensoren beschrieben.

**Messung physikalischer Größen:** Ein Sensor ist ein Gerät, das eine physikalische Größe in ein elektrisches oder digitales Signal umwandelt. Verschiedene Arten von Sensoren können unterschiedliche physikalische Größen messen. Die Information ist das Medium des Übertragungsprozesses, der Detektor misst den Eingang und der Sensor wandelt die Information sofort in eine geeignetere Größe um[4].

**Überwachung und Steuerung :** Sensoren können in Produktionsprozessen oder Maschinen eingesetzt werden, um bestimmte Parameter wie die Temperatur oder die Drehzahl eines Motors zu überwachen und zu steuern.

Umweltschutz: Mit Hilfe von Sensoren können Umweltfaktoren wie die Luftqualität überwacht und bewertet werden, und diese Daten können zur Entwicklung solider Umweltschutzmaßnahmen genutzt werden.

Sicherheit und Schutz: Sensoren können zur Überwachung und zum Schutz der Sicherheit von Menschen, Gegenständen und Eigentum eingesetzt werden. So können Sensoren beispielsweise gefährliche Situationen wie Feuer, Gaslecks erkennen und Alarmsignale an Steuerungen senden.

Gesundheit und medizinische : Sensoren können zur Überwachung und Diagnose von physiologischen Parametern des menschlichen Körpers eingesetzt werden. So können beispielsweise Indikatoren wie Herzfrequenz, Körpertemperatur, Blutzucker und Blutdruck mit Sensoren gemessen werden und Ärzten bei der Diagnose und Behandlung helfen.

## **2.2 ER-Modell um “Relationale Datenbank”**

### **2.2.1 Die Definition und die Struktur von ER Modell**

Mit der Entwicklung von Computern, dem Internet und leistungsfähiger Speichertechnologie ist die Menschheit in das Informationszeitalter eingetreten. Massive Datenmengen aller Art werden in heterogenen Datenquellen gespeichert, und das daraus resultierende Problem ist, wie der Mensch diese explosionsartig anwachsenden Daten aus verschiedenen zeitlichen und physischen Knotenpunkten organisieren und archivieren, extrahieren und analysieren und sogar gemeinsam nutzen kann. Datenaustausch[5] ist der Prozess der Extraktion strukturierter oder unstrukturierter Daten aus einem Quellschema (SCHEMA) und der anschließenden Erstellung einer neuen Instanz im Zielschema, um die Quelldaten so genau wie möglich darzustellen. In der Praxis kann der Datenaustausch entweder in einem einzigen Datenschema erfolgen (z. B. Zusammenführen oder Vergleichen von Daten in verschiedenen relationalen Datenbanken) oder in verschiedenen Arten von Datenbanken in unterschiedlichen Regionen. Letzteres ist in der Data-Warehouse-Technologie weit verbreitet.

ER-Diagramme sind in drei Hauptteile unterteilt: Entitäten, Attribute und Beziehungen.1, Entitäten: Datenobjekte im Datenmodell, jede Entität hat ihre eigenen Entitätsmitglieder oder Entitätsobjekte.2, Attribute: Attribute, die Entitäten haben, Attribute sind in eindeutige Attribute und nicht eindeutige Attribute unterteilt, eindeutige Attribute beziehen sich auf die einzigen Attribute, die verfügbar sind, um die Entitätsinstanz oder das Mitglied zu identifizieren, dargestellt durch Unterstreichung 3, Beziehungen: werden verwendet, um die Verbindung zwischen einem Datenobjekt und einem anderen Datenobjekt auszudrücken[6].

Es gibt drei Arten von Beziehungen.

(1) 1-to-1 (1:1): für Entitätsmenge A und Entitätsmenge B hat jede Entität in A eine Beziehung zu höchstens einer Entität in B; umgekehrt hat jede Entität in Entitätsmenge B eine Beziehung zu höchstens einer Entität in Entitätsmenge A.

(2) 1-to-many (1:N): Eine 1-to-many-Beziehung bedeutet, dass Entitätsmenge A mit mindestens N ( $N > 0$ ) Entitäten in Entitätsmenge B in Beziehung steht; und jede Entität in Entitätsmenge B ist mit höchstens einer Entität in Entitätsmenge A in Beziehung.

(3) Many-to-many (M:N): Eine Many-to-many-Beziehung bedeutet, dass jede Entität in Entitätsmenge A mit mindestens M ( $M > 0$ ) Entitäten in Entitätsmenge B verbunden ist; und jede Entität in Entitätsmenge B mit mindestens N ( $N > 0$ ) Entitäten in Entitätsmenge A verbunden ist [7].

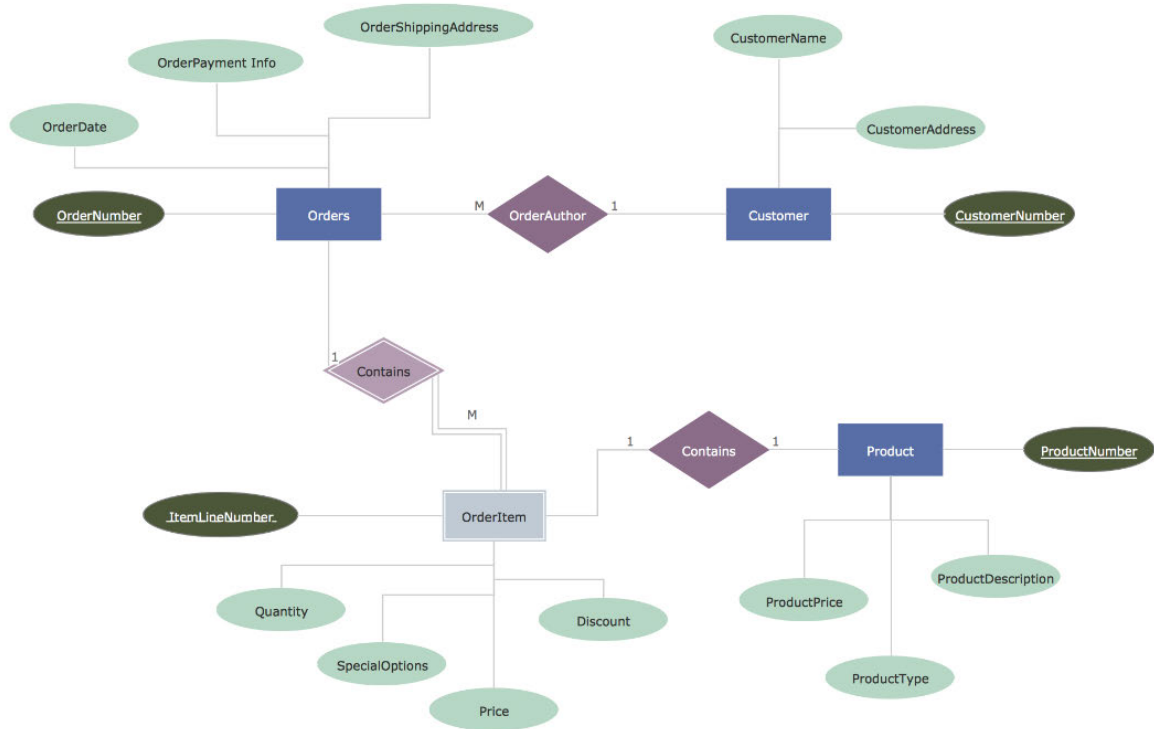


Abbildung 2: Beispiel für ein ER-Modell

## 2.2.2 Normalisierung eines relationalen Datenschemas

Die Normalisierung von relationalen Datenschemata kann Datenbanken dabei helfen, redundante Daten und Abhängigkeiten zwischen Tabellen zu beseitigen, um die Datenkonsistenz zu verbessern und sie effizienter zu machen. Solche Regeln teilen das Schema in mehrere Tabellen auf, um Datenredundanz zu vermeiden und die Abhängigkeiten zwischen Attributen zu minimieren.

Erste Normalform (1NF). Bei der 1NF ist es wichtig sicherzustellen, dass jede Spalte atomar bleibt. Wenn alle Feldwerte in einer Datenbanktabelle nicht zerlegbare atomare Werte sind, erfüllt die Datenbank das erste Paradigma.

Zweite Normalform (2NF). Bei der 2NF muss sichergestellt werden, dass jede Spalte in einer Datenbanktabelle mit dem Primärschlüssel in Beziehung steht und nicht nur ein Teil des Primärschlüssels ist, d. h. in einer Datenbanktabelle kann nur eine Art von Daten in einer Tabelle gespeichert werden und es können nicht mehrere Daten in derselben Datenbanktabelle gespeichert werden.

Dritte Normalform (3NF). In der 3NF muss sichergestellt werden, dass jede Datenspalte in einer Datentabelle direkt und nicht indirekt mit dem Primärschlüssel verbunden ist.

Es gibt noch höhere Normalformen wie die Boyce-Codd-Normalform (BCNF) und die vierte Normalform (4NF), aber für die meisten Datenbanken ist 3NF ausreichend[8].

Für die verschiedenen Normalisierung besteht die folgende Beziehung zwischen

$5NF \subset 4NF \subset BCNF \subset 3NF \subset 2NF \subset 1NF$

wie im folgenden Diagramm dargestellt.

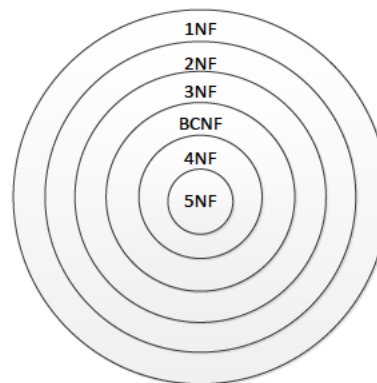


Abbildung 3: Die Beziehung zwischen Normalisierung

## 2.3 Sensordatenbanken

Es gibt noch keine Sensordatenbank auf der Grundlage der Sensortechnologie, aber es gibt bereits viele Sensordatenbanken für Verkauf, z. B. bei Mouser, Digi-Key, Newark usw. Wie in Abbildung 4 zu sehen ist, gibt es auch in einer Sensor-Verkaufsdatenbank wie mouser eine sehr große Anzahl von Sensortypen, die verschiedene physikalische Größen messen und verschiedene physikalische Effekte darstellen können, aber ihre Klassifizierung ist verwirrend, da die Sensortypen weder nach der gemessenen physikalischen Größe noch nach dem Funktionsprinzip klassifiziert sind, so dass es für den Benutzer sehr schwierig ist, in einer solchen Sensordatenbank das gleiche Sensorprodukt auf der Grundlage der Sensortechnologie zu finden. Die Entwicklung einer Sensordatenbank, die auf der Sensortechnologie basiert, wird daher für den Benutzer eine große Hilfe bei der Suche nach Sensorprodukten und beim Verständnis der Sensortechnologie sein.



## Stand der Technik

The screenshot shows the Mouser Electronics website interface. At the top, there are navigation links for 'Contact Mouser (USA) (800) 346-6873', 'Feedback', and 'Live Chat'. A search bar contains 'All' and 'Part # / Keyword'. Below the search bar is a blue navigation menu with 'Products', 'Manufacturers', 'Services & Tools', 'Technical Resources', 'Help', and 'Account & Orders'. The main content area is titled 'Sensors' and includes a sub-header 'All Products > Sensors'. A small image of a sensor is shown next to a text block explaining that sensors are available from various manufacturers. Below this is a grid of product categories with counts: Audio Sensors (1,008), Biometric Sensors (64), Capacitive Touch Sensors (220), Current Sensors (3,151), Encoders (7,458), Environmental Sensors (1,157), Flow Sensors (387), Force Sensors & Load Cells (187), Linear Displacement Sensors (566), Liquid Level Sensors (1,492), Magnetic Sensors (4,048), Motion & Position Sensors (3,926), Optical Sensors (18,387), Pressure Sensors (17,319), Proximity Sensors (17,164), Sensor Development Tools (3,191), Sensor Hardware & Accessories (1,941), and Temperature Sensors (14,309). At the bottom, it shows 'Results: 95,975' and 'Applied Filters: Sensors'.

Abbildung 4: Sensor-Verkaufsdatenbank Mouser

The screenshot shows the Digi-Key website interface. At the top, there is a cookie consent banner with 'Continue' and 'Exit' buttons. Below this is the Digi-Key logo and a search bar with 'All Products' and 'Enter keyword or part #'. A navigation menu includes 'Products', 'Manufacturers', and 'Resources'. The main content area features a large banner for a webinar titled 'Webinar: An All Electric Society' with the subtitle 'Energy Storage Systems'. The webinar details are: Date: Tuesday, April 11, 2023; Time: 10:00 AM Central Daylight Time; Duration: 1 hour. A 'Register Now' button is visible. To the left of the webinar banner is a 'PRODUCTS VIEW ALL' sidebar with categories like Automation & Control, Boxes, Enclosures, Racks, Cable Assemblies, Cables, Wires, Connectors, Electromechanical, Hardware, Fasteners, Integrated Circuits (ICs), Networking Solutions, Passives, Power, Circuit Protection, Semiconductors, Test & Measurement, and Tools. To the right of the webinar banner are three promotional boxes: 'Help and Support', 'New Products', and 'Conversion Calculators'.

Abbildung 5: Sensor-Verkaufsdatenbank Digi-Key

## **3 Struktur einer Sensortechnologiedatenbank**

### **3.1 Klassifizierung der Sensoren**

Sensoren haben viele Eigenschaften und unterschiedliche Eigenschaften schaffen unterschiedliche Anwendungsszenarien, ist eine Klassifizierung der Sensoren nach unterschiedlichen Merkmalen förderlicher, um zwischen verschiedenen Sensoren zu unterscheiden und den richtigen zu finden. So es gibt also viele Möglichkeiten, Sensoren zu klassifizieren, und jede dieser Möglichkeiten klassifiziert sie nach ihren einzigartigen Eigenschaften. Notwendig ist daher die Analyse der Informationsstruktur in der sensorik.

#### **3.1.1 Klassifizierung der Sensoren nach Messgröße**

Es gibt viele verschiedene physikalische Größen, die von Sensoren gemessen werden können, und Sensoren können nach den physikalischen Größen, die sie messen, klassifiziert werden.

Mechanischer Sensor: Mechanische Sensor können physikalische Größen wie Druck, Verschiebung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Drehgeschwindigkeit usw. messen. Die physikalischen Effekte mechanischer Sensoren sind: Dehnungsmessstreifen, piezoresistiv, kapazitiv, piezoelektrisch, usw.

Optische Sensor: Optische Sensor können physikalische Größen wie Lichtintensität, Lichtwellenlänge, Farbe usw. messen. Optische Sensoren nutzen physikalische Effekte wie den photoelektrischen Effekt, den optischen Streueffekt, den optischen Absorptionseffekt usw. Magnetfeldsensoren: Magnetfeldsensoren können physikalische Größen wie Magnetfeldstärke, Magnetfluss, Magnetfeldrichtung usw. messen. Die wichtigsten physikalischen Effekte von Magnetsensoren sind: magnetoresistiver Effekt, Hall-Effekt, magnetoelektrischer Induktionseffekt, usw.

Elektrischer Sensor: Elektrischer Sensor können physikalische Größen wie Spannung, Strom, Kapazität, Widerstand, Induktivität, Ladung usw. messen. Die physikalischen Effekte elektrischer Sensoren sind resistiv, kapazitiv, magnetoelektrisch usw.

Thermischer Sensor: Thermische Sensor können physikalische Größen wie Temperatur, Wärmestrom, Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Wärmewiderstand usw. messen. Die physikalischen Effekte, die in thermodynamischen Sensoren genutzt werden, sind thermoelektrische, RTD- und Thermistoreffekte.

Eine solche Klassifizierung verdeutlicht nur den Zweck des Sensors, z. B. Wegsensor, Geschwindigkeitssensor, Beschleunigungssensor, Feuchtigkeitssensor. Dies ist für Benutzer und Produktionseinheiten von kommerziell spezialisierten Produkten auf einen Blick zu verstehen. Diese Klassifizierungsmethode fasst jedoch Sensoren mit unterschiedlichen Prinzipien in einer Kategorie zusammen, was es schwierig macht, herauszufinden, welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede die einzelnen Sensoren in Bezug auf ihr Umwandlungsprinzip aufweisen, was der Festlegung einiger grundlegender Konzepte von Sensoren und der Beherrschung ihrer grundlegenden Funktionsprinzipien und Analysemethoden abträglich ist. Wenn Forscher und Entwickler von Sensoren die inneren Zusammenhänge von Sensoren erforschen wollen, dürfen sie sich daher nicht auf die Klassifizierungsmethode nach der physikalischen Eingangsgröße beschränken

### **3.1.2 Klassifizierung der Sensoren nach physikalische Effekt**

Die physikalischen Effekte eines Sensors sind die physikalischen Prinzipien oder Effekte, die bei der Umwandlung einer bestimmten physikalischen Größe in ein elektrisches Ausgangssignal genutzt werden. Das Funktionsprinzip eines Sensors basiert auf diesen physikalischen Effekten zur Umwandlung.

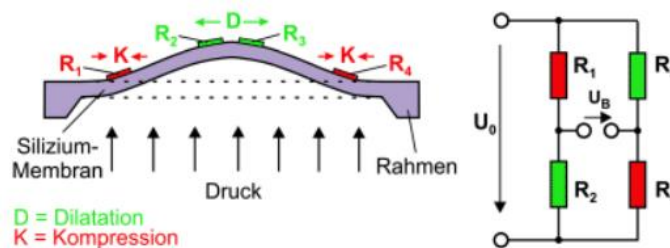
Im Folgenden sind einige häufige physische Auswirkungen aufgeführt:

Widerstandseffekt - Messung physikalischer Größen durch Messung von Widerstandswerten, z. B. nutzen Thermistorsensoren den thermischen Widerstandseffekt zur Temperaturmessung und Dehnungsmessstreifen den Dehnungseffekt zur Messung der

Dehnung. Die häufigsten Arten von Widerstandseffekten sind der Dehnungseffekt, der piezoresistive Effekt, der magnetoresistive Effekt, der Thermistoreffekt usw.

Der Dehnungseffekt: Dehnungssensoren können den Dehnungseffekt nutzen, der durch das Material erzeugt wird, wenn es äußeren Kräften ausgesetzt ist, um Änderungen der physikalischen Größen in elektrische Signale umzuwandeln.

Piezoresistiver Effekt: Piezoresistive Sensoren nutzen den piezoresistiven Effekt, um Druck in ein elektrisches Signal umzuwandeln, da sich der Widerstand des Materials mit dem auf es ausgeübten Druck ändert.



**Abbildung 6: Piezoresistiver Effekt**

Thermistoreffekt: RTDs nutzen das Prinzip, dass sich der Widerstand mit der Temperatur ändert, um die Temperatur in ein elektrisches Signal umzuwandeln.

Magnetoresistiver Effekt: Magnetoresistive Sensoren nutzen das Prinzip, dass sich der magnetoresistive Widerstand eines Materials mit der Stärke eines Magnetfelds ändert, um die Stärke des Magnetfelds zu messen und in ein elektrisches Signal umzuwandeln.

Photoeffekt - Messung der Lichtintensität oder der Lichtfrequenz durch Messung von Photoströmen oder Spannungen, z. B. nutzen photoelektrische Sensoren den photoelektrischen Effekt zur Messung der Lichtintensität oder -frequenz.

Thermoeffekt - misst die Temperatur durch Messung des elektrischen Potentials, das durch Temperaturunterschiede entsteht, z. B. nutzen Thermoelemente den thermoelektrischen Effekt zur Temperaturmessung.

Magnetoelektrischer Effekt: Magnetoelektrische Sensoren wandeln magnetische Feldstärken in elektrische Signale um, indem sie das Prinzip der magnetoelektrischen Induktion von Materialien in einem Magnetfeld nutzen.

Kapazitive Effekt - Messung physikalischer Größen durch Messung von Kapazitätswerten

Induktiver Effekt: Induktive Sensoren können sich den induktiven Effekt zunutze machen, dass sich die Induktivität eines Materials in Reaktion auf eine physikalische Größe ändert. Zum magneto-elektrischen Effekt gehört auch der Hall-Effekt

Der Hall-Effekt beruht auf dem Prinzip, dass beim Stromfluss durch einen Leiter Elektronen abgelenkt werden, wenn sie einem Magnetfeld ausgesetzt sind. Diese Ablenkung führt zu einer Anhäufung von Elektronen auf der einen Seite und zu einem Mangel an Elektronen auf der anderen Seite, wodurch eine elektrische Potenzialdifferenz entsteht.

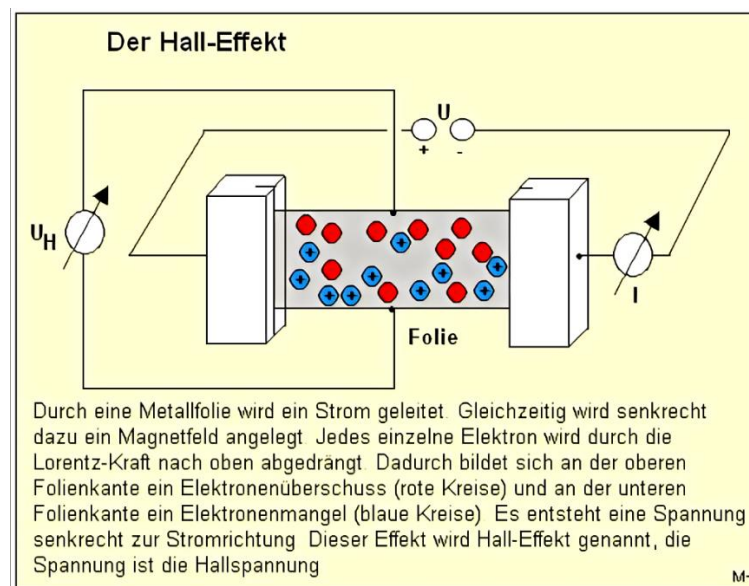
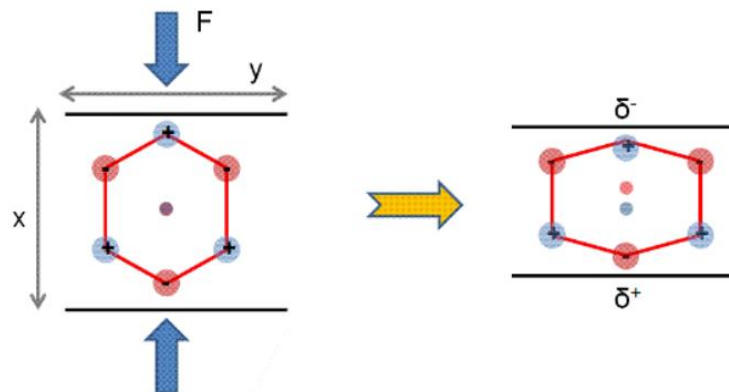


Abbildung 7: Hall-Effekt

Piezoelektrischer Effekt: Der piezoelektrische Effekt ist ein physikalisches Phänomen, bei dem bestimmte Kristalle eine Ladungstrennung erzeugen, wenn sie einem Druck oder einer Spannung ausgesetzt werden.



**Abbildung 8: Piezoelektrischer Effekt**

Es besteht eine enge Beziehung zwischen der physikalischen Wirkung eines Sensors und der von ihm gemessenen physikalischen Größe. Ein Sensor ist ein Gerät, das eine physikalische Größe in ein elektrisches Ausgangssignal umwandelt und den physikalischen Effekt zur Erkennung und Umwandlung der gemessenen physikalischen Größe nutzt. Beispielsweise nutzen piezoresistive Sensoren die Änderung des Materialwiderstands mit dem Grad der Belastung, um den Druck oder die Verformung eines Objekts zu erkennen und zu messen; elektromagnetische Induktionssensoren nutzen die Änderung des Magnetfelds, um die Position, Geschwindigkeit oder Beschleunigung eines Objekts zu erkennen und zu messen. Die physikalische Wirkung eines Sensors steht also in engem Zusammenhang mit der physikalischen Größe, die er misst, und verschiedene physikalische Wirkungen können zur Erkennung und Messung verschiedener physikalischer Größen verwendet werden, während dieselbe physikalische Größe auch mit verschiedenen physikalischen Wirkungen erkannt und gemessen werden kann.

### 3.1.3 Andere Arten der Klassifizierung

Unter dem Gesichtspunkt der Energie können alle Sensoren als aktive oder passive Sensoren klassifiziert werden. Erstere sind Energieumwandler, die nicht-elektrische Energie in elektrische Energie umwandeln. Ein passiver Sensor ist an sich kein Wandler, die zu messende nichtelektrische Energie steuert oder moduliert lediglich die Energie im Sensor, so dass er über eine Hilfsenergiequelle verfügen muss.

Aktive Sensoren können als piezoelektrische Sensoren, elektromagnetische Sensoren, Thermoelemente, fotoelektrische Sensoren usw. klassifiziert werden. Passive Sensoren

können als resistive Sensoren, kapazitive Sensoren, induktive Sensoren, Thermistoren, Fotowiderstände, Magnetowiderstände usw. klassifiziert werden.

Nach dem Sensor-Kontakt kann auch in Kontakt-Sensoren oder berührungslose Sensoren unterteilt werden, und nach dem Sensor-Ausgangssignal Klassifizierung, und kann in digitale Sensoren oder analoge Sensoren unterteilt werden, kurz gesagt, der Sensor Klassifizierung von einer Vielzahl von Möglichkeiten, die auch im Zusammenhang mit den Eigenschaften des Sensors hat.

### 3.2 ER-Modell für Sensoren

Auf der Grundlage die Sensor technologie wird ein ER-Modell für Sensoren erstellt, das die Beziehungen zwischen den verschiedenen Entitäten der Sensorik einführt und die Sensorik als Ganzes betrachtet, um eine Sensordatenbank zu erstellen.

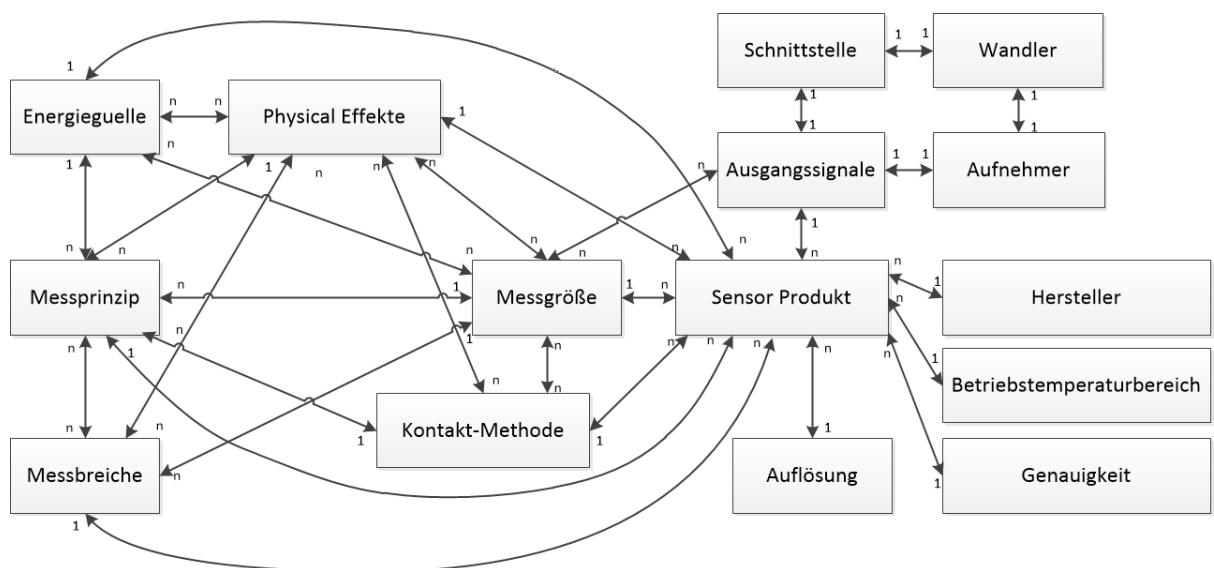


Abbildung 9: ER-Modell für Sensortechnologie

#### 3.2.1 Die Entitäten in des Sensorik

Die Entitäten im ER-Modell, die auch die verschiedenen Merkmale in der Sensorik repräsentieren, haben jeweils ihre eigene Bedeutung.

**Sensor Produkt :** Ein von einem Hersteller produziertes Sensorprodukt mit einer bestimmten Modellnummer, das den Kern des Modells bildet und auf das sich die gesamte Sensorik bezieht.

**Hersteller:** Sensorprodukte werden vom Hersteller hergestellt und produziert.

**Physikalische Effekte:** Die physikalische Wirkung des Sensors bezieht sich auf den Sensor für die verschiedenen gemessenen physikalischen Größen haben unterschiedliche Reaktionen, auf der Grundlage der physikalischen Wirkung des Sensors Sensor, um die Messung und Überwachung der verschiedenen physikalischen Größen, die physikalische Wirkung des Sensors ist auch die Grundlage für die Arbeitsweise.

**Messprinzip:** Das Messprinzip des Sensors hängt stark von der Art des Sensors ab, aber alle funktionieren, indem sie die zu messende physikalische Größe erfassen, sie in ein entsprechendes elektrisches Ausgangssignal umwandeln, das Signal verarbeiten und verstärken und schließlich das Signal ausgeben.

**Energiequelle:** Sensoren können nach Energiequelle in aktive und passive Sensoren unterteilt werden. Aktive Sensoren sind Sensoren, die über eine eigene Energiequelle verfügen und aktiv Signale aussenden können. Passive Sensoren sind Sensoren, die keine eigene Energiequelle haben und zum Betrieb eine externe Stromversorgung benötigen.

**Kontakt-Methode:** Sensoren können nach Kontaktmethode des Sensors in berührungssensoren und berührungslose Sensoren unterteilt werden. Berührungssensoren sind Sensoren, die in direktem Kontakt mit dem zu messenden Objekt stehen müssen, um zu funktionieren, berührungslose Sensoren sind Sensoren, die ohne Kontakt mit dem zu messenden Objekt arbeiten können.

**Messbereiche:** Der Messbereich eines Sensors bezieht sich auf den Bereich der physikalischen Größen, die der Sensor messen kann, d. h. auf die Höchst- und Mindestwerte der physikalischen Größen.



**Ausgangssignal:** Bei den Ausgangssignalen von Sensoren handelt es sich um analoge Signale, digitale Signale, elektrische Signale, Impulssignale usw., aber die häufigsten Ausgangssignale sind digitale Signale und elektrische Signale, wobei sich elektrische Signale in der Regel auf Strom, Spannung, Widerstand usw. beziehen, während sich digitale Signale in der Regel auf einige diskrete Signale beziehen, die durch ADC von analogen Signalen in digitale Signale umgewandelt werden.

**Auflösung:** Die Auflösung ist die Fähigkeit eines Sensors, die kleinste Änderung der gemessenen Größe wahrzunehmen. Das heißt, wenn sich die Eingangsgröße langsam von einem bestimmten Wert ungleich Null ändert. Wenn der Wert der Eingangsänderung einen bestimmten Wert nicht überschreitet, ändert sich der Ausgang des Sensors nicht, d. h. der Sensor ist nicht in der Lage, die Änderung dieser Eingangsgröße zu erkennen. Erst wenn sich der Eingang über die Auflösung hinaus ändert, ändert sich auch der Ausgang.

**Genauigkeit:** Die Genauigkeit eines Sensors ist das Verhältnis eines Wertes plus oder minus der dreifachen Standardabweichung zum Bereich um den wahren Wert und ist die maximale Differenz zwischen dem gemessenen Wert und dem wahren Wert, d. h. die Abweichung zwischen dem ausgegebenen Messwert und dem tatsächlichen Wert.

**Betriebstemperatur:** Die Betriebstemperatur eines Sensors steht in direktem Zusammenhang mit dem Sensortyp, und verschiedene Sensortypen haben ihren eigenen spezifischen Temperaturbereich.

**Aufnehmer:** Das Aufnehmer erfasst direkt die gemessene physikalische Größe und gibt ein Signal aus, das in einem bestimmten Verhältnis zur gemessenen physikalischen Größe steht.

**Wandler:** Das Wandler wandelt das Signal der vom Aufnehmer ausgegebenen physikalischen Größe in ein elektrisches Signal oder Umwandlung von Sensorsignalen in optische, akustische, magnetische, usw. um.

**Schnittstelle:** Es gibt verschiedene Arten von Sensorschnittstellen, von denen die gängigsten digitale und analoge Schnittstellen sind, die für die Ausgabe digitaler bzw. analoger Signale ausgelegt sind. Die gängigsten analogen Schnittstellen sind Spannungs- und Stromsignalschnittstellen, die gängigsten digitalen Schnittstellen sind I2C- und SPI-Schnittstellen.

### 3.2.2 Beziehung zwischen Entitäten

Die verschiedenen Eigenschaften der Sensoren sind eng miteinander verknüpft und stehen in Wechselwirkung zueinander, wie aus dem ER-Diagramm hervorgeht.

Die physikalische Effekt des Sensors ist die Grundlage für das Messprinzip, auf der Grundlage einer physikalischen Effekt kann aus einer Vielzahl von Messprinzipien, wie kapazitive Effekt, kapazitive Effekt kann verwendet werden, um Druck, Temperatur, Verschiebung und andere verschiedene physikalische Größen zu messen, und die Messung dieser physikalischen Größen mit verschiedenen Messprinzipien, so dass die Beziehung zwischen der physikalischen Effekt und das Messprinzip ist 1 zu n.

Auf der Grundlage des Widerstandeffekts des Sensors können folgende physikalische Größen gemessen werden: Temperatur, Druck, Magnetfeldstärke, Lichtintensität, Feuchtigkeit usw. Wenn die physikalische Größe, die der Sensor messen möchte, die Temperatur ist, können die physikalischen Effekte, die der Sensor nutzen kann, der Widerstandseffekt, der thermoelektrische Effekt usw. sein. Die Beziehung zwischen der physikalischen Effekt des Sensors und der gemessenen physikalischen Größe ist also n zu n.

Das Verhältnis zwischen der physikalischen Effekt eines Sensors und Messprinzip 1 zu n ist und das Verhältnis zwischen der physikalischen Effekt eines Sensors und der zu messenden physikalischen Größe n zu n ist, folgt daraus, dass das Verhältnis zwischen dem Messprinzip eines Sensors und der zu messenden physikalischen Größe ebenfalls 1 zu n ist.

Aktive und passive Sensoren unterscheiden sich in den Größen, die sie messen können, aufgrund ihrer unterschiedlichen Energiequellen. Aktive Sensoren benötigen eine externe Energiequelle zur Bereitstellung der Energie und eignen sich daher besser für die Messung physikalischer Größen, die eine hohe Genauigkeit erfordern, wie Spannung, Strom, Temperatur, Druck, Feuchtigkeit usw. Passive Sensoren benötigen keine externe Energiequelle zur Energieversorgung und werden daher in der Regel zur Messung von Änderungen physikalischer Größen wie Temperatur, Druck, Lichtintensität, Verschiebung

usw. verwendet. Während einige spezifische physikalische Größen wie Lichtintensität, Stromstärke usw. sowohl von aktiven als auch von passiven Sensoren gemessen werden können, ist die Beziehung zwischen der Energiequelle und der gemessenen Größe daher  $n$  zu  $n$ .

Aktive Sensoren nutzen in der Regel physikalische Effekte wie resistive, kapazitive und piezoelektrische Effekte, die Messgröße über einen Schaltkreis oder eine elektronische Komponente in ein elektrisches Signal umwandeln. Passive Sensoren basieren auf physikalischen Effekten, um das gemessene Signal in ein elektrisches Signal umzuwandeln. Üblicherweise werden folgende physikalische Effekte verwendet: elektromagnetischer Effekt, piezoelektrischer Effekt, photoelektrischer Effekt usw. Die Beziehung zwischen der Energiequelle des Sensors und dem physikalischen Effekt ist also  $n$  zu  $n$ . Basierend auf dem Verhältnis zwischen dem physikalischen Effekt und dem Messprinzip ist das Verhältnis zwischen der Energiequelle und dem Messprinzip  $1$  zu  $n$ .

Berührende Sensoren erfordern einen Kontakt mit der zu messenden physikalischen Größe, z. B. Temperatur, Druck, Dehnung usw. Berührungslose Sensoren erfordern keinen Kontakt mit der zu messenden physikalischen Größe, z. B. Magnetfeldstärke, Lichtintensität, Verschiebung, Geschwindigkeit usw. Berührende und berührungslose Sensoren können jedoch auf unterschiedlichen Messprinzipien beruhen, um dieselbe physikalische Größe zu messen, z. B. Temperatur, Druck usw. Diese beiden unterschiedlichen Sensoren werden in verschiedenen Szenarien eingesetzt, wobei aktive Sensoren anfälliger für Störungen durch äußere Faktoren sind und passive Sensoren sich besser für hochpräzise Messungen eignen. Die Beziehung zwischen der Kontaktmethode und der gemessenen Messgröße ist also  $n$  zu  $n$ .

Berührende Sensoren nutzen je nach der zu kontaktierenden physikalischen Größe die folgenden physikalischen Effekte: Widerstandseffekt, piezoelektrischer Effekt, induktiver Effekt usw. Berührungslose Sensoren erfordern keinen direkten Kontakt mit physikalischen Größen, so dass die verwendeten physikalischen Effekte hauptsächlich photoelektrisch, elektromagnetisch usw. sind. Berührende Sensoren und berührungslose Sensoren nutzen in einigen speziellen Fällen auch dieselben physikalischen Effekte, z. B. wenn die zu messende physikalische Größe die Temperatur ist, können Berührende Sensoren wie

Thermoelemente, Thermistoren usw. sowie Infrarotsensoren, Durchflussmesser usw. verwendet werden.

Sie können auch Infrarotsensoren, Durchflussmesser und andere berührungslose Sensoren verwenden, Die physikalischen Effekte, die sie nutzen, sind sowohl thermische Effekte. Wenn die gemessene physikalische Größe die Verschiebung ist, können Sie kapazitive Verschiebungssensoren verwenden Wenn die zu messende physikalische Größe eine Verschiebung ist, kann ein Berührende Sensoren wie ein kapazitiver Abstandsensor oder ein berührungsloser Sensor wie ein Laserentfernungsmesser verwendet werden, die physikalischen Effekte, die sie nutzen, sind sowohl elektromagnetische Effekte, so dass das Verhältnis zwischen der Kontaktmethode und dem physikalischen Effekt  $n$  zu  $n$  ist. Ausgehend von der Beziehung zwischen den physikalischen Effekten und dem Messprinzip ist die Beziehung zwischen der Kontaktart und dem Funktionsprinzip  $1$  zu  $n$ .

Der Messbereich eines Sensors bezieht sich auf die Maximal- und Minimalwerte der physikalischen Größen, die von dem Sensor gemessen werden können. Die Beziehung zwischen dem Messbereich und der physikalischen Größe ist also  $1$  zu  $n$ . Der physikalische Effekt des Sensors wirkt sich auf seinen Messbereich aus, was die Größe und Genauigkeit des Messbereichs bestimmt. So kann beispielsweise der physikalische Effekt einer langsamen Ansprechzeit keine kleineren physikalischen Größen messen und führt daher zu einem begrenzten Messbereich, so dass die Beziehung zwischen dem physikalischen Effekt und dem Messbereich  $n$  zu  $n$  ist. Die Beziehung zwischen dem Funktionsprinzip und dem Messbereich ist  $n$  zu  $n$ .

Die gleiche Genauigkeit des Sensors kann in einer Vielzahl von Sensor-Produkten, die Genauigkeit der Sensor-Produkt wird durch die Technologie des Herstellers in den Herstellungsprozess bestimmt, auch wenn die gleiche Genauigkeit des Sensors Produkt, seine anderen Parameter und Funktionen sind nicht die gleichen. Die Beziehung zwischen Genauigkeit und Sensorprodukt ist also  $1$  zu  $n$ . Es kann mehrere Sensorprodukte für die gleiche Betriebstemperatur, Auflösung, Kontaktmethode, den gleichen Messbereich, das gleiche Funktionsprinzip, den gleichen physikalischen Effekt, das gleiche Ausgangssignal, die gleiche Energiequelle und die gleiche gemessene physikalische Größe geben, so dass die Beziehung zwischen ihnen allen  $1$  zu  $n$  ist.

Es besteht eine enge Beziehung zwischen dem Ausgangssignal des Sensors und der gemessenen physikalischen Größe. Verschiedene physikalische Größen erfordern verschiedene Arten von Sensoren zur Messung, und verschiedene Arten von Sensoren geben verschiedene Arten von Ausgangssignalen aus, z. B. messen Temperatursensoren die Temperatur und geben Strom- oder Spannungssignale aus, Drucksensoren messen den Druck und geben Strom- oder Spannungssignale aus, so dass die Beziehung zwischen dem Ausgangssignal des Sensors und der Messgröße  $n$  bis  $n$  ist.

Der Aufnehmer eines Sensors empfängt das Ausgangssignal und wandelt es in ein elektrisches Signal um. Er enthält in der Regel Schaltungen wie Signalverstärker und Filter, um das Ausgangssignal zu verstärken, zu filtern und die Verarbeitung durch den nächsten Wandler zu erleichtern. Der Wandler wandelt das elektrische Signal in ein digitales Signal um. Er enthält in der Regel einen Analog-Digital-Wandler (ADC) und einen digitalen Signalprozessor (DSP), der das analoge Signal in ein digitales Signal umwandelt. Die Schnittstelle wandelt das digitale Ausgangssignal in ein erkennbares Signal um, z. B. in Text, Bilder usw. Die Beziehung zwischen dem Ausgangssignal des Sensors, der Aufnehmer, der Wandler und der Schnittstelle ist also 1 zu 1. Ein Sensor kann nur ein Ausgangssignal haben, ein Aufnehmer kann nur ein Ausgangssignal empfangen, ein Wandler kann nur das Ausgangssignal eines Aufnehmers umwandeln und eine Schnittstelle kann nur das Ausgangssignal eines Wandlers empfangen.

### **3.3 Relationales Modell für Sensoren**

Um die Korrektheit des ER-Modells zu überprüfen, wurde eine kleine Sammlung verschiedener Sensortypen gesammelt und diese in ein relationales Modell gemäß dem ER-Modell umgewandelt. Die folgenden Informationen sind spezifisch für diese Sensoren.

## Struktur einer Sensortechnologiedatenban

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Hersteller-Nummer	Hersteller	Messgröße	Physikalische Eff	Messprinzip	Energiequelle	Kontakt-Methode	Ausgangssignal	Auflösung	Genauigkeit	Betriebstemperatur	Messbereiche	
2	192-302LET-A01	Honeywell	Temperatur	Widerstandseffek	NTC-Thermi	Passiv	Berührungs	Analog	0.1°C	±0.5°C	-60°C~+150°C	-60°C~+150°C	
3	GS303J1K		Temperatur	Widerstandseffek	NTC-Thermi	Passiv	Berührungs	Analog	0.1°C	±1°C	-55°C~+300°C	-55°C~+300°C	
4	102PS1G		Temperatur	Widerstandseffek	PTC-Thermi	Passiv	Berührungs	Analog	1°C	±2°C	-55°C~+150°C	-55°C~+150°C	
5	TMP6131DECT	Texas Instruments	Temperatur	Widerstandseffek	PTC-Thermi	Passiv	Berührungs	Analog	0.0625°C	±1°C	-40°C~+125°C	-40°C~+125°C	
6	E52-CA1GTY 1M	Omron	Temperatur	Thermoelektrisch	Unter Ausnu	Passiv	Berührungs	Analog	0.1°C	±0.5°C	0°C~+350°C	0°C~+350°C	
7	E52-IC1DYM62M-ND	Omron	Temperatur	Thermoelektrisch	Unter Ausnu	Passiv	Berührungs	Analog	0.1°C	±0.5°C	-200°C~+1100°C	-200°C~+1100°C	
8	TMP006AIYZFT	Texas Instruments	Temperatur	Infrarot-Effekt	Infrarot-Temp	Aktiv	Berührungslos	Digital	16 bit	±1.5°C	-40°C~+125°C	-40°C~+125°C	
9	HEL-705-T-0-12-00	Honeywell	Temperatur	Widerstandseffek	Der Temper	Aktiv	Berührungslos	Analog	0.1°C	±0.5°C	-50°C~+260°C	-50°C~+260°C	
10	PX2AN1XX100PSAAX	Honeywell	Druck	Piezoresistiver Ef	Piezoresistiv	Passiv	Berührungs	Analog		0.10% ±1%	-40°C~+125°C	0psi~100psi	
11	PCB-(M)102A05	PCB PIEZOTRONICS	Druck	Piezoelektrischer	Piezoelektris	Passiv	Berührungs	Analog		0.01% ±0.25%	-40°C~+125°C	0psi~100psi	
12	SET-ASM	PCB PIEZOTRONICS	Druck	Kapazitive Effekt	Wenn Druck	Passiv	Berührungs	Analog		0.01% ±0.05%	-40°C~+85°C	0psi~5000psi	
13	SNDH-T4L-G01	Honeywell	Geschwindigk	Hall Effekt	Der Sensor	Aktiv	Berührungslos	Digital	0.1%	±1%	-40°C~+150°C	0rpm~5000rpm	
14	TLE4959CHAMA1	Infineon Technologies	Geschwindigkeit	Widerstandseffek	Wenn das M	Aktiv	Berührungslos	Analog	0.1%	±1%	-40°C~+150°C	0rpm~2000rpm	
15	ADXL343BCCZ-RL	Analog Devices Inc.	Beschleunigun	Trägheitseffekt	Basierend a	Aktiv	Berührungslos	Digital	13 bit	±2g	-40°C~+85°C	±2g	
16	SEN0413	DFRobot	Entfernung	Infrarot-Effekt	Wenn das SI	Aktiv	Berührungslos	Digital	1cm	±1cm	-10°C~+60°C	0.2m~12m	
17	HC-SR04	OSEPP Electronics	Entfernung	Ultraschall-Effekt	Der Ultrasch	Aktiv	Berührungslos	Digital	0.3cm	±0.3cm	-20°C~+60°C	2cm~400cm	
18	ADA4570BRZ-R7	Analog Devices	Magnetische I	Widerstandseffek	Wenn ein Me	Aktiv	Berührungslos	Analog	12 bit	±0.1%FS	-10°C~+60°C	±1.5mT	
19	SR13C-A1	Honeywell	Magnetische I	Hall Effekt	Magneto-Ind	Aktiv	Berührungslos	Digital	16 bit	±0.1%FS	-40°C~+150°C	±1.5mT	
20	ADPD2140BCPZN-R7	Analog Devices Inc.	Lichtintensität	Photoelektrischer	Wandelt Lic	Aktiv	Berührungslos	Digital	20 bit	±1mm	-40°C~+85°C	800nm ~ 1080nm	
21	GL5528	SHENZHENJINGCHUANGHELI	Lichtintensität	Widerstandseffek	Ein Fotowide	Passiv	Berührungs	Analog	0.1 lux	±10%	-30°C~+70°C	10lux~100000lux	
22	F1CTM080080ENR2B2	Wachendorff	Entfernung	Photoelektrischer	Wenn sich d	Aktiv	Berührungslos	Digital	8 bit	±0.1mm	-40°C~+85°C	0mm~8mm	
23	C1C1B0801NO3A2	Wachendorff	Entfernung	Kapazitive Effekt	Wenn sich d	Aktiv	Berührungslos	Digital	8 bit	±0.1mm	-25°C~+70°C	1mm~30m	
24	P1C1S0802NO3A2	Wachendorff	Entfernung	Induktionseffekt	Induktive Nä	Aktiv	Berührungslos	Analog	8 bit	±0.1mm	-25°C~+70°C	0mm~2mm	
25	E4C-UDA11	Omron Automation and Safe	Entfernung	Ultraschall-Effekt	Ultraschall-N	Aktiv	Berührungslos	Analog	0.1mm	±1% FS	-10°C~+55°C	30mm~200mm	
26	FDC2112QDNTRQ1	Texas Instruments	Entfernung	Kapazitive Effekt	Wenn sich d	Aktiv	Berührungslos	Digital	24 bit		0.05% -40°C~+125°C	0mm~10mm	
27	E54-CT1	Omron Automation and Safe	Strom	Induktionseffekt	Das Funktio	Passiv	Berührungslos	Analog	0.1%	±0.5%	-10°C~+55°C	0A~5A	
28	CSNJ481	Honeywell	Strom	Widerstandseffek	Wenn ein ele	Aktiv	Berührungslos	Analog	0.1%	±0.5°C	-40°C~+85°C	0A~50A	
29	TMCS1100A1QDRQ1	Texas Instruments	Strom	Hall Effekt	Wenn Strom	Aktiv	Berührungslos	Analog	0.1%	±1.5%	-40°C~+125°C	0A~100A	
30	VEML3328	Vishay	Lichtintensität	Photoelektrischer	Basierend a	Aktiv	Berührungslos	Digital	16 bit	±10%	-40°C~+85°C	0lux~120lux	
31													

Tabelle 1 : Sensorinformationen

Diese Tabelle enthält 29 Sensorprodukte, die verschiedene physikalische Effekte nutzen und unterschiedliche physikalische Größen messen und sich am besten für die Prüfung der Stabilität des ER-Modells eignen.

Erstens muss die Sammlung von Entitäten im ER-Modell in Tabellen im relationalen Modell umgewandelt werden, wobei jede Entität eine eigene Tabelle erhält.

Die folgenden finden Sie die Tabelle für jede Entität:

Hersteller	Hersteller-Nummer	Hersteller	Hersteller	Messgröße	Messgröße
	1 192-302LET-A01	1 Honeywell		1 Temperatur	
	2 GS303J1K	2 Littelfuse		2 Druck	
	3 102PS1G	3 Texas Instruments		3 Geschwindigkeit	
	4 TMP6131DECT	4 Omron		4 Beschleunigung	
	5 E52-CA1GTY 1M	5 PCB PIEZOTRONICS		5 Entfernung	
	6 E52-IC1DYM62M-ND	6 Infineon Technologies		6 Magnetische Feldstärke	
	7 TMP006AIYZFT	7 Analog Devices Inc.		7 Lichtintensität	
	8 HEL-705-T-0-12-00	8 DFRobot		8 Strom	
	PX2AN1XX100PSAA				
	9 X	9 OSEPP Electronics			
	10 PCB-(M)102A05	10 SHENZHENJINGCHUANGHELI			
	11 SET-ASM	11 Wachendorff			
	12 SNDH-T4L-G01	12 Vishay			
	13 TLE4959CHAMA1				
	14 ADXL343BCCZ-RL				
	15 SEN0413				
	16 HC-SR04				
	17 ADA4570BRZ-R7				
	18 SR13C-A1				
	19 ADPD2140BCPZN-R7				
	20 GL5528				
	21 F1CTM080080ENR2B2				
	22 C1C1B0801NO3A2				
	23 P1C1S0802NO3A2				
	24 E4C-UDA11				
	25 FDC2112QDNTRQ1				
	26 E54-CT1				
	27 CSNJ481				
	28 TMCS1100A1QDRQ1				

Tabelle 2 : Entitäten Tabelle 1

## Struktur einer Sensortechnologiedatenban

Physikalische Effekte	Physikalische Effekte	Erläuterung
1	Widerstandseffekt	Eine Widerstandsänderung, die durch die Einwirkung einer physikalischen Größe verursacht wird
2	Thermoelektrischer Effekt	Bei einem Thermoelement wird der durch den Temperaturunterschied zwischen zwei verschiedenen Metallen bedingte Potenzialunterschied gemessen
3	Infrarot-Effekt	Die Infrarotstrahlung erfassen oder messen und in ein elektrisches oder digitales Signal umwandeln
4	Piezoresistiver Effekt	Wenn der Sensor einer äußeren Kraft ausgesetzt wird, ändert sich der Innenwiderstand des Sensors
5	Piezoelektrischer Effekt	Bei einigen kristallinen Materialien kann es unter Einwirkung äußerer Kräfte oder Drücke zu einer ungleichmäßigen Ladungsverteilung kommen
6	Kapazitive Effekt	Wenn an der Kontaktstelle zwischen zwei verschiedenen Materialien ein Temperaturunterschied besteht, entsteht eine elektrische Potentialdifferenz
7	Hall Effekt	Wenn ein Magnetfeld an ein Hall-Element angelegt wird, werden die Elektronen durch die Lorentz-Kraft abgelenkt, was wiederum eine Potentialdifferenz erzeugt
8	Trägheitseffekt	Die Eigenschaft eines Objekts, in einem Inertialbezugssystem denselben Bewegungszustand beizubehalten
9	Ultraschall-Effekt	Wenn sich Ultraschall in einem Medium ausbreitet, treten Reflexion, Brechung und Beugung auf
10	Photoelektrischer Effekt	Wenn Licht auf eine Photodiode oder einen Phototransistor trifft, regen Photonen Elektronen an, was zu einem Strom führt, dessen Stärke proportional zur Lichtintensität ist
11	Induktionseffekt	Wenn ein Magnet in die Nähe einer Spule gebracht wird, entsteht eine Änderung des magnetischen Flusses, die zu einem induzierten Strom führt

**Tabelle 3 : Entitäten Tabelle 2**

Energiequelle	Energiequelle	Kontakt-Methode	Kontakt-Methode	Ausgangssignal	Ausgangssignal
1	Aktiv	1	Berührungslos	1	Digital
2	Passiv	2	Berührungslos	2	Analog

**Tabelle 4 : Entitäten Tabelle 3**

Messprinzip	Messprinzip
1	NTC-Thermistoren bestehen aus einem wärmeempfindlichen Halbleitermaterial, dessen Widerstand mit steigender Temperatur abnimmt und umgekehrt mit sinkender Temperatur zunimmt
2	PTC-Thermistoren bestehen aus einem Halbleitermaterial, dessen Widerstand mit der Temperatur ansteigt
3	Unter Ausnutzung des thermoelektrischen Effekts zweier verschiedener Metalle werden diese zu einer Schließe verbunden. Wenn sich die Temperatur der Verbindung ändert, entsteht eine elektrische Potentialdifferenz
4	Infrarot-Temperatur Sensoren bestehen in der Regel aus einem Infrarotsender und einem Infrarotempfänger. Der Infrarotsender sendet einen Infrarotlichtstrahl aus, der vom Objekt absorbiert oder reflektiert und durch den Empfänger detektiert wird
5	Der Temperaturwert wird durch Messung der Änderung des Widerstandswerts berechnet, wobei die Eigenschaft genutzt wird, dass sich der Widerstandswert des RTD-Materials mit der Temperatur ändert. Wenn die Temperatur steigt, steigt auch der Widerstandswert an
6	Piezoresistive Drucksensoren bestehen in der Regel aus einer elastischen Folie und einer Widerstandsschicht auf der Oberfläche der Folie. Wenn die Folie durch eine äußere Kraft verformt wird, ändert sich der Widerstandswert
7	Piezoelektrische Drucksensoren nutzen den piezoelektrischen Effekt, um den Kristall im Inneren des Sensors mit einer Frequenz schwingen zu lassen, die proportional zur Größe der äußeren Kraft ist, und ermöglicht die Messung des Drucks
8	Wenn Druck auf ein Objekt ausgeübt wird, wird die dielektrische Schicht komprimiert oder verformt, wodurch sich der Abstand zwischen den Elektroden oder die Dielektrizitätskonstante und damit der Kapazitätswert ändert
9	Der Sensor enthält ein Hall-Element und einen Magneten im Inneren. Wenn der Sensor an einem rotierenden Gerät angebracht ist, erzeugt der Magnet ein Magnetfeld, wenn sich das Gerät dreht. Dieses Magnetfeld durchquert den Widerstand des Hall-Elements, was zu einer Änderung des Widerstands führt, die mit der Drehgeschwindigkeit des Geräts zusammenhängt
10	Wenn das Magnetfeld den Widerstand durchquert, ändert sich der Widerstand des Widerstands, und die Größe und Richtung dieser Änderung hängt mit der Größe und Richtung des Magnetfelds zusammen
11	Basierend auf dem zweiten Newton'schen Gesetz (F=ma), das besagt, dass ein Objekt, auf das eine äußere Kraft einwirkt, eine Beschleunigung erfährt. Beschleunigungsmesser nutzen die Trägheit der Masse, um die Beschleunigung zu messen
12	Wenn das Signal auf ein Hindernis trifft, wird ein Teil des Signals zurückreflektiert. Der Sensor empfängt das reflektierte Signal, berechnet die Zeitverzögerung des Signals und bestimmt die Entfernung des Hindernisses
13	Der Ultraschall-Wegsensor nutzt das Prinzip des Ultraschalls, um den Abstand zwischen dem Zielobjekt und dem Sensor zu messen. Er besteht aus einem Ultraschallsender, einem Empfänger und einem Steuergerät
14	Wenn ein Magnetfeld an ein magnetisches Material angelegt wird, ändern sich die magnetische Permeabilität und der spezifische Widerstand des magnetischen Materials, was zu einer Änderung des Widerstands führt
15	Magneto-induktive Sensoren bestehen aus einem magnetischen Material und einer Spule. Wenn ein Magnetfeld an das magnetische Material angelegt wird, induziert dies einen Strom in der Spule
16	Wandelt Licht in ein elektrisches Signal um. Er besteht aus einem PN-Übergang aus Halbleitermaterial. Wenn Licht auf den PN-Übergang fällt, wird die Energie der Photonen in die Energie der Elektronen umgewandelt, was zu einer Änderung des Widerstands führt
17	Ein Fotowiderstand funktioniert über die Änderung des Widerstandswerts bei Beleuchtung durch Licht. Er besteht aus einem Stück lichtempfindlichen Materials. Wenn Licht auf das lichtempfindliche Material fällt, ändert sich der Widerstandswert
18	Wenn sich das Zielobjekt in der Nähe des Sensors befindet, wird das Licht vom Zielobjekt reflektiert. Dieses reflektierte Licht wird vom photoelektrischen Element empfangen und in elektrische Signale umgewandelt
19	Wenn sich das Zielobjekt in der Nähe des Sensors befindet, ändert sich die Kapazität zwischen dem Zielobjekt und dem Sensor zu messen. Er besteht aus einem Ultraschallsender, einem Empfänger und einem Steuergerät
20	Induktive Näherungssensoren bestehen im Allgemeinen aus einem Generator und einem Empfänger. Der Generator erzeugt ein hochfrequentes elektromagnetisches Wechselfeld, das, wenn sich das Zielobjekt nähert, induziert
21	Ultraschall-Näherungssensoren bestehen aus einem Ultraschall-Sender, einem Empfänger und einem Steuerkreis. Wenn der Sender Ultraschall aussendet, bewegt er sich mit einer Geschwindigkeit von 340 m/s aus
22	Wenn sich der Sensor in der Nähe eines Metallobjekts befindet, ändert sich die Kapazität zwischen dem Objekt und dem Sensor. Diese Änderung kann durch Messung des Kapazitätswerts zwischen dem Sensor und dem Objekt gemessen werden
23	Das Funktionsprinzip eines Stromwandlers beruht auf dem Faraday'schen Gesetz der elektromagnetischen Induktion. Wenn ein Stromdraht durch den Kern eines Stromwandlers läuft, erzeugt er ein Magnetfeld
24	Wenn ein elektrischer Strom durch eine Spule fließt, erzeugt er ein Magnetfeld, das den Magnetwiderstand des Kerns beeinflusst. Da die Reluktanz durch das Magnetfeld beeinflusst wird, kann die Änderung des Widerstands gemessen werden
25	Wenn Strom durch einen Hall-Effekt-Stromsensor fließt, wird ein Magnetfeld um den Sensor herum erzeugt, und dieses Magnetfeld wirkt sich auf das Hall-Element in der Nähe des Sensors aus. Da die Größe der Hall-Spannung proportional zum Strom ist, kann der Strom gemessen werden
26	Basierend auf den Unterschieden in der Absorption und Reflexion der verschiedenen Wellenlängen des Lichts durch die Farben. Jede Farbe hat ihre eigenen Eigenschaften, Licht zu reflektieren oder zu absorbieren

**Tabelle 5 : Entitäten Tabelle 4**

Auflösung	Auflösung	Genauigkeit	Genauigkeit	Betriebstemperatur	Betriebstemperatur	Messbereich	Messbereiche
1	0.1°C	1	±0.5°C	1	-60°C~+150°C	1	-60°C~+150°C
2	1°C	2	±1°C	2	-55°C~+300°C	2	-55°C~+300°C
3	0.0625°C	3	±2°C	3	-55°C~+150°C	3	-55°C~+150°C
4	0.1%	4	±1.5°C	4	-40°C~+125°C	4	-40°C~+125°C
5	0.01%	5	±1%	5	0°C~+350°C	5	0°C~+350°C
6	13 bit	6	±0.25%	6	-200°C~+1100°C	6	-200°C~+1100°C
7	12 bit	7	±0.05%	7	-70°C~+260°C	7	-50°C~+500°C
8	16 bit	8	±2g	8	-50°C~+120°C	8	0psi 100psi
9	20 bit	9	±1cm	9	-40°C~+85°C	9	0psi 5000psi
10	24 bit	10	±0.3cm	10	-40°C~+150°C	10	0rpm 5000rpm
11	8 bit	11	±0.1%FS	11	-10°C~+60°C	11	0rpm 20000rpm
12	1cm	12	±1nm	12	-20°C~+60°C	12	±2g
13	0.3cm	13	±10%	13	-30°C~+70°C	13	0.2m~12m
14	0.1mm	14	±0.1mm	14	-25°C~+70°C	14	2cm~400cm
15	0.1 lux	15	±1% FS	15	-10°C~+55°C	15	±1.5mT
16		16	0.05%			16	800nm ~ 1080nm
17		17	±0.5%			17	10lux~1000000lux
18		18	±1.5%			18	0mm~8mm
						19	1mm~30mm
						20	0mm~2mm
						21	30mm~200mm
						22	0mm~10mm
						23	0A~5A
						24	0A~50A
						25	0A~100A
						26	0lux~120lux

**Tabelle 6 : Entitäten Tabelle 5**

Die Beziehungen im ER-Modell müssen dann in ihre entsprechenden Tabellen im relationalen Modell umgewandelt werden. Bei einer 1:1-Beziehung können zwei Entitäten in einer Tabelle zusammengefasst und ein Ende der Beziehung als Fremdschlüssel zur Tabelle am anderen Ende hinzugefügt werden, bei einer 1:n-Beziehung kann ein Fremdschlüssel zur Tabelle am anderen Ende der Entitätssammlung aus der Multi-End-Entitätssammlung hinzugefügt werden.

Die folgenden finden Sie die Tabelle für die Beziehung(1:1,1:n):

Hersteller	Hersteller-Nummer	Hersteller	Messgröße	Physikalische Energiequelle	Kontakt-Verfahren	Ausgangsaufbau	Auflösung	Genauigkeit	Betriebstemperatur	Messbereich	Messprinzip-ID
1	192-302LET-A01	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1
2	GS303J1K	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1
3	102PS1G	2	1	1	2	1	2	2	3	3	2
4	TMP6131DECT	3	1	1	2	1	2	3	2	4	2
5	E52-CA1GTY 1M	4	1	2	2	1	2	1	1	5	3
6	E52-IC1DYM62M-ND	4	1	2	2	1	2	1	1	6	3
7	TMP006AIYZFT	3	1	3	1	2	1	8	4	4	4
8	HEL-705-T-0-12-00	1	1	1	1	1	2	1	1	7	5
9	PX2AN1XX100PSAAX	1	2	4	2	1	2	4	5	4	6
10	PCB-(M)102A05	5	2	5	2	1	2	5	6	8	7
11	SET-ASM	5	2	6	2	1	2	5	7	9	8
12	SNDH-T4L-G01	1	3	7	1	2	1	4	5	10	9
13	TLE4959CHAMA1	6	3	1	1	2	2	4	5	10	10
14	ADXL343BCCZ-RL	7	4	8	1	2	1	6	8	9	11
15	SEN0413	8	5	3	1	2	1	12	9	11	12
16	HC-SR04	9	5	9	1	2	1	13	10	12	13
17	ADA4570BRZ-R7	7	6	1	1	2	2	7	11	11	14
18	SR13C-A1	1	6	7	1	2	1	8	11	10	15
19	ADPD2140BCPZN-R7	7	7	10	1	2	1	9	12	9	16
20	GL5528	10	7	1	2	1	2	15	13	13	17
21	F1CTM080080ENR2B	11	5	10	1	2	1	11	14	9	18
22	C1C1B0801NO3A2	11	5	6	1	2	1	11	14	14	19
23	P1C1S0802NO3A2	11	5	11	1	2	2	11	14	14	20
24	E4C-UDA11	4	5	9	1	2	2	14	15	15	21
25	FDC2112QDNTRQ1	3	5	6	1	2	1	10	16	4	22
26	E54-CT1	4	8	11	2	2	2	4	17	15	23
27	CSNJ481	1	8	1	1	2	2	4	1	9	24
28	TMCS1100A1QDRQ1	3	8	7	1	2	2	4	18	4	25
29	VEML3328	12	7	10	1	2	1	8	13	9	26

Tabelle 7 : Beziehungstabelle 1

Messprinzip	Messprinzip	Physikalische Energiequelle	Messgröße	Kontakt-Methode-ID	Messbereich	Messbereich	Messgröße-ID
1	NTC-Thermistoren bestehen aus einem wärmeempfindlichen Halbleiter	1	2	1	1	1	1 -60°C~+1
2	PTC-Thermistoren bestehen aus einem Halbleitermaterial, dessen Widerstand	1	2	1	1	1	2 -55°C~+3
3	Unter Ausnutzung des thermoelektrischen Effekts zweier verschiedene	2	2	1	1	1	3 -55°C~+1
4	Infrarot-Temperatur Sensoren bestehen in der Regel aus einem Infrarot	3	1	1	2	1	4 -40°C~+1
5	Der Temperaturwert wird durch Messung der Änderung des Widerstandes	1	1	1	1	1	5 0°C~+35°C
6	Piezoresistive Drucksensoren bestehen in der Regel aus einer elastischen	4	2	2	1	1	6 -200°C~+1
7	Piezoelektrische Drucksensoren nutzen den piezoelektrischen Effekt, um	5	2	2	1	1	7 -50°C~+5
8	Wenn Druck auf ein Objekt ausgeübt wird, wird die dielektrische Schicht	6	2	2	1	1	8 0psi~100psi
9	Der Sensor enthält ein Hall-Element und einen Magneten im Inneren, um	7	1	3	2	2	9 0psi~500psi
10	Wenn das Magnetfeld den Widerstand durchquert, ändert sich der Widerstand	1	1	3	2	2	10 0rpm~500rpm
11	Basierend auf dem zweiten Newton'schen Gesetz (F=ma), das besagt	8	1	4	2	2	11 0rpm~200rpm
12	Wenn das Signal auf ein Hindernis trifft, wird ein Teil des Signals zurück	3	1	5	2	2	12 ±2g
13	Der Ultraschall-Wegsensor nutzt das Prinzip des Ultraschalls, um den	9	1	5	2	2	13 0,2m~12m
14	Wenn ein Magnetfeld an ein magnetisches Material angelegt wird, ändert sich	1	1	6	2	2	14 2cm~400cm
15	Magneto-induktive Sensoren bestehen in der Regel aus einem magnetischen	7	1	6	2	2	15 ±1,5mT
16	Wandelt Licht in ein elektrisches Signal um. Er besteht aus einem Photodiode	10	1	7	2	2	16 800nm~1000nm
17	Ein Fotowiderstand funktioniert über die Änderung des Widerstandes	1	2	7	1	1	17 10lux~100lux
18	Wenn sich das Zielobjekt in der Nähe des Sensors befindet, wird das	10	1	5	2	2	18 0mm~8mm
19	Wenn sich das Zielobjekt in der Nähe des Sensors befindet, ändert sich	6	1	5	2	2	19 1mm~30mm
20	Induktive Näherungssensoren bestehen im Allgemeinen aus einem	11	1	5	2	2	20 0mm~2mm
21	Ultraschall-Näherungssensoren bestehen aus einem Ultraschall-Sender	9	1	5	2	2	21 30mm~200mm
22	Wenn sich der Sensor in der Nähe eines Metallobjekts befindet, ändert sich	6	1	5	2	2	22 0mm~10mm
23	Das Funktionsprinzip eines Stromwandlers beruht auf dem Faraday'schen	11	2	8	2	2	23 0A~5A
24	Wenn ein elektrischer Strom durch eine Spule fließt, erzeugt er ein	1	1	8	2	2	24 0A~50A
25	Wenn Strom durch einen Hall-Effekt-Stromsensor fließt, wird ein	7	1	8	2	2	25 0A~100A
26	Basierend auf den Unterschieden in der Absorption und Reflexion der	10	1	7	2	2	26 0lux~120lux

Tabelle 8 : Beziehungstabelle 2

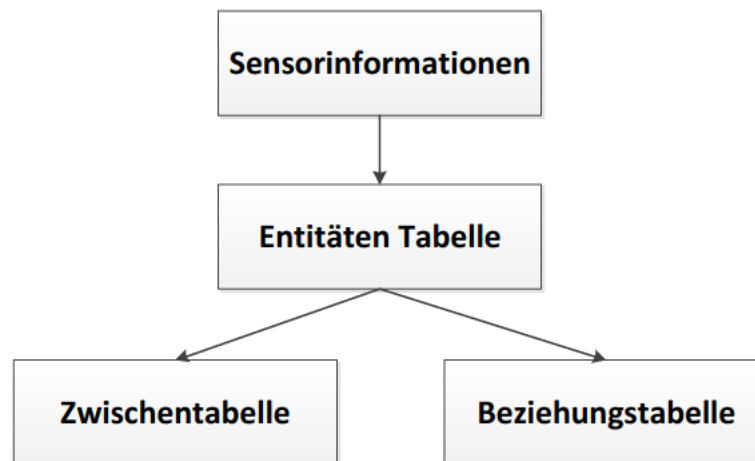




Messgröße Kontakt-Methode-ID		Messgröße Ausgangssignal-ID	
1	1	1	2
1	2	1	1
2	1	2	2
3	2	3	2
4	2	3	1
5	2	4	1
6	2	5	1
7	1	6	1
7	2	6	2
5	2	7	1
8	2	7	2
		5	2
		8	2

**Tabelle 11 : Zwischentabelle 3**

Um die Beziehungen zwischen den Tabellen zu verdeutlichen, zeigt das folgende Diagramm, wie die Entitätstabellen erstellt werden und dass die Beziehungs- und Zwischentabellen aus Entitätstabellen bestehen.



**Abbildung 10: Beziehungen zwischen Tabellen**

## 4 Aufbau und Nutzung der Datenbank

### 4.1 Datenspeicherung in der Datenbank

Die Einrichtung eines soliden Systems der Sensor-Datenbank, Informationssammlung wurde der wichtigste Teil der Einrichtung eines soliden Systems der Sensor-Datenbank, für die Sammlung von Informationen über Sensor-Produkte, gibt es eine Vielzahl von Kanälen zur Auswahl, die folgenden sind einige der häufigsten Möglichkeiten: 1. Sensor Hersteller offizielle Website: einige berühmte Sensor Herstellerfirmen, wie Honeywell, Omron, etc. werden sie ihre Forschung und Entwicklung von Sensor-Produkt spezifische Informationen auf der offiziellen Website veröffentlicht. 2. die Sensor-Verkaufs-Datenbanken: wie MOUSER, digikey und andere Sensor-Verkaufs-Datenbanken, sie fungieren als Sensor-Distributoren, können mehr Produktinformationen, und auch Sensor-Handbücher. 3. technische Artikel: durch das Lesen der Sensor-Hersteller oder Industrie-Medien veröffentlicht technischen Artikeln können Sie sich über einige der neuesten Sensorprodukte und Sensortechnologien informieren. Derzeit ist die Sammlung von Informationen über Sensorprodukte der komplexeste Schritt beim Aufbau einer Sensordatenbank. In Zukunft könnten einfachere und präzisere Methoden zur Erfassung von Informationen entwickelt werden, beispielsweise durch den Einsatz künstlicher Intelligenz zum Scannen von Sensorhandbüchern und zur Extraktion der für Sensordatenbanken erforderlichen Informationen.

Die Sensorinformationen können in einem relationalen Datenbankmanagementsystem (RDBMS) wie MySQL, Oracle, SQL Server usw. gespeichert werden. In einem RDBMS können die Sensorinformationen als Tabelle gespeichert werden, wobei jede Sensorinstanz einer Zeile in der Tabelle entspricht und jeder Datensatz Informationen über verschiedene Sensorattribute wie Sensormodell, Hersteller, Messbereich, Genauigkeit usw. enthält. Durch die Definition der Felder und Datentypen der Tabelle können die Sensorinformationen strukturiert gespeichert werden.

Zum Beispiel das Erstellen einer physischen Effekt-Entitätstabelle mit der SQL-Anweisung:

```
CREATE TABLE physischen Effekt (  
    id INT PRIMARY KEY,  
    name VARCHAR(50) NOT NULL,  
    description TEXT  
);
```

```
INSERT INTO physischen Effekt (id, name) VALUES  
(1, ' Widerstandseffekt '),  
(2, ' Thermoelektrischer Effekt '),  
(3, ' Infrarot-Effekt ');  
(4, ' Piezoresistiver Effekt ');  
(5, ' Piezoelektrischer Effekt ');  
(6, ' Kapazitive Effekt ');  
(7, ' Hall Effekt ');  
(8, ' Trägheitseffekt ');  
(9, ' Ultraschall-Effekt ');  
(10, 'Photoelektrischer Effekt ');  
(11, 'Induktionseffekt');
```

Zum Beispiel das Erstellen einer Messgröße-Entitätstabelle mit der SQL-Anweisung:

```
CREATE TABLE Messgröße (  
    id INT PRIMARY KEY,  
    name VARCHAR(50) NOT NULL,  
    description TEXT  
);
```

```
INSERT INTO Messgröße (id, name) VALUES
```

```
(1, ' Temperatur '),  
(2, ' Druck '),  
(3, ' Geschwindigkeit '),  
(4, ' Beschleunigung '),  
(5, ' Entfernung '),  
(6, ' Magnetische Feldstärke '),  
(7, ' Lichtintensität '),  
(8, ' Strom '),
```

Die SQL-Anweisung zur Erstellung einer Zwischentabelle mit zwei zugehörigen Entitäten für den physikalischen Effekt und die gemessene physikalische Größe lautet wie folgt:

```
CREATE TABLE effekt_größe (  
    id INT PRIMARY KEY,  
    effect_id INT NOT NULL,  
    measurement_name VARCHAR(50) NOT NULL,  
    description TEXT,  
    FOREIGN KEY (Effect_id) REFERENCES physischen Effekt (id)  
);
```

```
INSERT INTO effect_größe (id, Effekt_id, größe_name) VALUES
```

```
(1, 1, 'Temperatur'),  
(2, 2, ' Temperatur '),  
(3, 3, 'Temperatur'),  
(4, 4, 'Druck'),  
(5, 5, 'Druck'),
```

(6, 6, 'Druck'),  
(7, 7, ' Geschwindigkeit'),  
(8, 1, ' Geschwindigkeit '),  
(9, 8, ' Beschleunigung '),  
(10, 3, ' Entfernung '),  
(11, 9, ' Entfernung '),  
(12, 1, ' Magnetische Feldstärke '),  
(13, 7, ' Magnetische Feldstärke '),  
(14, 10, ' Entfernung '),  
(15, 1, ' Entfernung '),  
(16, 10, ' Entfernung '),  
(17, 6, ' Entfernung '),  
(18, 11, ' Entfernung '),  
(19, 9, ' Lichtintensität '),  
(20, 11, ' Strom '),  
(21, 1, ' Strom '),  
(22, 7, ' Strom ');

Mit der obigen SQL-Anweisung wird eine Tabelle `effekt_ größe` erstellt, um eine n:n-Beziehung zwischen Physikalische Effekt und Messgröße herzustellen, in der weitere physikalische Effekte und Messgröße nach Bedarf hinzugefügt werden können.

## 4.2 Datensuche in der Sensordatenbank

Die relationalen Tabellen und die Zwischentabellen in der Sensordatenbank wurden in erster Linie entwickelt, um den Benutzern die Suche nach den benötigten Sensorprodukten zu erleichtern. Durch die Gestaltung dieser Tabellen können die Benutzer Abfragen

durchführen und nach verschiedenen Schlüsselwörtern oder Attributen filtern, um die Sensorprodukte zu finden, die ihren Anforderungen entsprechen.

Die Zwischen- und die Beziehung Tabellen stellen die 1:n- bzw. n:n-Beziehungen in den Sensormerkmalen dar, so dass den Zwischen- und den Beziehung Tabellen separate Tabellennamen gegeben werden können, z. B. kann die Zwischentabelle für physikalische Effekt und gemessene physikalische Größen den Namen "physikalische Wirkungsgrößen" tragen und die relationale Tabelle für Messprinzipien und physikalische Effekt kann den Namen "Prinzipielle Effekt". Diese Tabellen können miteinander verbunden werden, um einen neuen Ergebnissatz zu erzeugen, was durch die Verwendung des JOIN-Schlüsselworts in der SQL-Anweisung erreicht werden kann, was hilft, mehrere Tabellen nach verwandten Daten abzufragen, was die Datenabfrage und -analyse flexibler und effizienter macht. Wenn beispielsweise bekannt ist, dass die von einem Sensorprodukt gemessene physikalische Größe die Temperatur ist und sein physikalischer Effekt der Widerstandseffekt ist, können Sie die Hersteller Nummer und den Hersteller des Sensorprodukts sowie andere Informationen herausfinden.

Angenommen, die Sensor-Beziehungstabelle hat den Tabellennamen sensor und enthält die Felder: Hersteller Nummer, Hersteller, Messgröße, Physikalische Effekt, Energiequelle, Kontakt-Methode, Ausgangssignal.

Auflösung, Genauigkeit, Betriebstemperatur, Messbereiche, Messprinzip Die mittlere Tabelle heißt effekt\_größe und enthält die Felder: Physikalische Effekt und Messgröße, die mit folgendem SQL abgefragt werden können Die folgende SQL-Anweisung kann verwendet werden, um nach Informationen wie Hersteller Nummer und Hersteller des Sensorprodukts zu suchen.

```
SELECT sensor.Hersteller Nummer, Hersteller
```

```
FROM sensor
```

```
JOIN effekt_größe ON sensor. physikalische effekt = effekt_größe. physikalische effekt
```

```
AND sensor. messgröße = effekt_größe. messgröße
```

```
WHERE sensor. messgröße = 'Temperatur' AND sensor. physikalische effekt = 'Widerstand Effekt';
```

Die physikalischen Effekte der Sensoren können auch mit Hilfe der Datenbanknachschragefunktion gefunden werden, um das Arbeitsprinzip zu finden. Angenommen, die Entitätstabelle des physikalischen Effekts heißt "Physikalische Effekt", die Entitätstabelle des Arbeitsprinzips heißt "Messprinzip", die Beziehungstabelle zwischen dem physikalischen Effekt und dem Arbeitsprinzip heißt "effekt-prinzip" und der Name des bekannten physikalischen Effekts ist "effekt\_A", dann ist die SQL-Anweisung zur Extraktion des im physikalischen Effekt A enthaltenen Arbeitsprinzips Die SQL-Anweisung zum Extrahieren der im physikalischen Effekt A enthaltenen Arbeitsprinzipien kann wie folgt geschrieben werden.

Wobei die drei Tabellen mit dem Schlüsselwort JOIN verbunden werden und die WHERE-Klausel den Namen des physikalischen Effekts als "effekt\_A" angibt, um den entsprechenden Namen des Arbeitsprinzips zu extrahieren.

```
SELECT mp.Messprinzip_name
FROM physikalische_effekts pe
JOIN effekt_princip_relationship epr ON pe.effekt_id = epr.effekt_id
JOIN Messprinzip mp ON epr.princip_id = mp.princip_id
WHERE pe.effekt_name = 'effekt_A';
```

Diese SQL-Anweisung verwendet eine JOIN-Operation, um die Beziehungstabelle mit der Zwischentabelle zu verknüpfen und den physikalischen Effekt mit der gemessenen physikalischen Größe abzugleichen. Die WHERE-Klausel wird dann verwendet, um nach Sensoren zu filtern, die eine physikalische Größe, nämlich die Temperatur, messen und einen Widerstandseffekt haben, und um schließlich Informationen wie Hersteller-Nummer und Hersteller abzufragen.



## 4.3 Hinzufügen von Daten zur Sensordatenbank

Wenn in einer solchen Sensordatenbank neue Informationen über ein Sensorprodukt oder eine neue Sensortechnologie hinzugefügt werden müssen, besteht der erste Schritt darin, festzustellen, zu welcher Entitätstabelle die neuen Informationen gehören. Handelt es sich bei der neuen Information um ein neues Sensormodell oder einen neuen Hersteller, so muss sie der Entitätentabelle für das Sensormodell und den Hersteller hinzugefügt werden. Handelt es sich bei der neuen Information um einen neuen physikalischen Effekt, so muss sie der Entitätstabelle für den neuen physikalischen Effekt hinzugefügt werden.

Der zweite Schritt besteht darin, eine neue Beziehungstabelle oder Zwischentabelle hinzuzufügen. Wenn die neue Information eine neue Beziehung zu einer bestehenden Entität erfordert, muss eine neue Beziehung oder Zwischentabelle hinzugefügt werden. Handelt es sich bei der neuen Information beispielsweise um eine Beziehung zwischen einem neuen physikalischen Effekt und einer gemessenen physikalischen Größe, so muss eine neue Zwischentabelle für den physikalischen Effekt und die gemessene physikalische Größe hinzugefügt werden.

Der dritte Schritt besteht darin, die neue Entität oder Beziehung hinzuzufügen. Wenn die neue Information nicht zu einer bestehenden Entitäts- oder Beziehungstabelle gehört, dann muss eine neue Entität oder Beziehung hinzugefügt werden. Handelt es sich bei der neuen Information beispielsweise um ein Merkmal eines neuen Sensors, so muss eine neue Entitätstabelle hinzugefügt werden, um diese zu beschreiben.

Wenn beispielsweise der hinzuzufügende Hersteller-Nummer 'Sensor1', der Hersteller 'Hersteller1', der physikalische Effekt 'Laser-Effekt', die zu messende physikalische Größe 'Entfernung', die Genauigkeit '0,1' und die Auflösung '0,01' ist, kann die folgende SQL-Anweisung verwendet werden:

```
INSERT INTO sensor (Hersteller-Nummer, Hersteller, physikalische Effekt, Messgröße, Genauigkeit, Auflösung)
```

```
SELECT 'Sensor1', 'Hersteller1', 'Laser-Effekt', 'Entfernung', '0.1', '0.01'
```

```
WHERE NOT EXISTS (  
    SELECT 1 FROM sensor  
    WHERE Hersteller-Nummer = 'Sensor1' AND Hersteller = ' Hersteller 1'  
);  
INSERT INTO effekt_größe (physikalische Effekt, Messgröße)  
SELECT ' Laser-Effekt ', ' Entfernung '  
WHERE NOT EXISTS (  
    SELECT 1 FROM effekt_größe  
    WHERE physikalische Effekt = ' Laser-Effekt ' AND Messgröße = ' Entfernung '  
);
```

In dieser SQL-Anweisung wird eine INSERT INTO-Anweisung verwendet, um die Hersteller Nummer und Herstellerinformationen in die Sensorbeziehungstabelle einzufügen, und eine SELECT-Anweisung wird verwendet, um festzustellen, ob dieselben Hersteller Nummer und Herstellerinformationen bereits vorhanden sind. Wenn dies nicht der Fall ist, werden die neuen Informationen in die Tabelle eingefügt. Die INSERT INTO-Anweisung wird auch verwendet, um physikalische Effekte und gemessene physikalische Größen in die Zwischentabelle einzufügen, und die SELECT-Anweisung wird verwendet, um festzustellen, ob dieselben physikalischen Effekte und gemessenen physikalischen Größen bereits vorhanden sind. Wenn dies nicht der Fall ist, wird die neue Entität in die Tabelle eingefügt.

Schließlich muss sichergestellt werden, dass die neu hinzugefügten Informationen den Spezifikationen und Anforderungen des Datenbankdesigns entsprechen und getestet und validiert werden, um die Integrität und Korrektheit der Datenbank zu gewährleisten.

Durch die Analyse und Untersuchung der Informationen über Funktionsprinzipien, physikalische Effekte und Energiequellen in der Sensordatenbank kann die Innovation und Entwicklung der Sensortechnik gefördert, die Leistung und der Anwendungsbereich von Sensoren verbessert und die Konzeption und Entwicklung neuer Sensortechnik unterstützt werden.

## **5 Zusammenfassung**

### **5.1 Schlussfolgerung**

In diesem Entwurf wurde das Sensordatenbankmodell auf der Grundlage umfangreicher Forschungen zur Sensortechnologie und eines Vergleichs verschiedener Klassifizierungsmethoden weitgehend fertiggestellt. Das ER-Modell, das auf den Merkmalen der Sensortechnologien und den Verbindungen zwischen den Merkmalen aufbaut, kann auf Sensordatenbanken für die meisten physikalischen Größen angewandt und mit der Erweiterung des Anwendungsspektrums angepasst und verfeinert werden. Das ER-Modell und das relationale Modell wurden erstellt, um die Grundlage für den nächsten Schritt bei der Programmierung von Sensordatenbanken zu schaffen.

### **5.2 Ausblick**

Die Sensortechnik spielt in der modernen Industriestruktur eine sehr wichtige Rolle, und in Zukunft wird die Nachfrage nach Sensortechnik in immer mehr Branchen weiter steigen. Sensordatenbanken, die auf Sensortechnik basieren, werden in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Sammlung von Informationen über Sensorprodukte und beim Lernen und Verstehen von Sensortechnik spielen. Das Er-Modell der Sensortechnologie ist jetzt zunächst etabliert, aber es wird sich mit der Entwicklung neuer Sensortechnologien auch ändern, z. B. durch Hinzufügen neuer Entitäten oder neuer Beziehungen. Durch die Entdeckung einiger neuer Sensortechnologien kann auch die Entwicklung neuer Sensorprodukte vorangetrieben werden. Alles in allem wird die von der Sensortechnologie entwickelte Sensordatenbank in der Zukunft unter dem Entwicklungstrend von Intelligenz, Automatisierung, Digitalisierung und Vernetzung immer häufiger genutzt und weiterentwickelt werden. Die Anwendung von Sensordatenbanken wird zu einer intelligenteren, effizienteren, sichereren, zuverlässigeren und nachhaltigeren Produktions-, Lebens- und Sozialumgebung führen, was von großer Bedeutung für die Förderung der sozioökonomischen Entwicklung und den Fortschritt der menschlichen Zivilisation ist.

## Literatur

- [1] "Sensorik für Informatiker" Dr. Manfred Rost ,2016.S.6
  
- [2] "Transduktoren" S.Sugiyana ,1987.S.444.
  
- [3] "Bestandteile des Sensors" , 2018,[Online]: Available  
<https://baike.baidu.com/item/传感器/26757?fr=aladdin>
  
- [4] "Proceedings of the Fourth International Solid State Conference" V.Demarne S.352
  
- [5] "Data exchange:Semantics and query answering"[C]IICDT Fagin R,Kolaitis P G,Miller R J, 2003.S.207-224.
  
- [6] "Eine Studie über die Umwandlung von ER-Modellen in relationale Modelle"  
[J].MengXiao 2012.S.13(01)
  
- [7] "Introduction of ER model" , 2023,[Online]: Available  
<https://www.geeksforgeeks.org/introduction-of-er-model/>
  
- [8] "Weniger Redundanz dank Datenbank-Normalisierung", 2018,[Online]: Available  
<https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/normalisierung-von-datenbanken/>

## Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Chemnitz, den 10. April. 2023

Nan Zhang

Unterschrift:

