

**Universität Leipzig  
Fakultät für Mathematik und Informatik  
Institut für Informatik**

Erkenntnistheoretische und begriffliche Grundlagen der objektorientierten  
Datenmodellierung

**Diplomarbeit**

Leipzig, im Januar 1999

Vorgelegt von  
Thanh Hai, Nguyen

# 1 Einführung

Ausgangsphase für die Entwicklung eines Softwaresystems sind die Modellierungen eines Wirklichkeitsausschnitts. Der Wirklichkeitsausschnitt muß zunächst erklärt, analysiert, strukturiert und modelliert werden, bevor ein brauchbares Informationssystem erstellt werden kann. Das Ergebnis dieser Modellierung bezeichnet man als Datenmodell. Ein Datenmodell ist eine Abstraktion, in der man die für die Lösung des betreffenden Problems wesentlichen Aspekte erfaßt und darstellt und unwichtige wegläßt. Die Abstraktion führt häufig zu Vereinfachungen; sie ersetzt komplexe und detaillierte Situationen des Wirklichkeitsausschnitts durch ein verständliches Modell, in dem man ein Problem lösen kann. Einzelheiten, deren Auswirkungen auf die Lösung des Problems minimal sind oder gar nicht existieren, werden einfach abstrahiert; auf diese Weise entsteht ein Modell, bei dem immer nur das Wesentliche des Problems von Interesse ist. Anstelle des Wirklichkeitsausschnitts wird ein Modell mit dem Computer untersucht, d. h. auf der Grundlage dieses Modells sollen Informationen abgeleitet, Beobachtungen einfach erklärt, zukünftige Abläufe vorausberechnet oder mögliche Entwicklungen vorausgesagt werden. Die Genauigkeit dieser Aussagen hängt somit stark von der Genauigkeit der Modellierung ab. Ein Modell kann den Wirklichkeitsausschnitt gut oder schlecht abbilden. Je genauer die Annäherung an die Wirklichkeit sein soll, um so feiner muß das Modell sein, d. h. um so mehr Daten braucht man zu seiner Beschreibung. Der Schlüssel der Datenmodellierung liegt darin, einen Wirklichkeitsausschnitt genau zu erfassen und in adäquater Weise abzubilden, d.h. den Ausschnitt widerspruchsfrei, vollständig, formal richtig und möglichst ohne Redundanz zu beschreiben. Es ist die Aufgabe der Informatiker, Abstraktionen von Wirklichkeitsausschnitten zu entwickeln, das richtige Modell für den Ausschnitt zu entwerfen, das in einem Rechner dargestellt und manipuliert werden kann. Die Abstraktion eines Ausschnitts der Wirklichkeit bleibt eine grundlegende Herausforderung der Informatik [Vossen 1994].

Aus einem Wirklichkeitsausschnitt kann man unterschiedliche Datenmodelle erzeugen. Diese Datenmodelle unterscheiden sich voneinander in ihren Strukturen, Methoden, Konzepten, theoretischen Grundlagen und Vorgehensweisen. Zwei Grundtypen der Datenmodelle sind satzorientierte und objektorientierte Datenmodelle. Im satzorientierten Datenmodell werden Informationen über einen Wirklichkeitsausschnitt als Sätze dargestellt, im objektorientierten Datenmodell als Objekte. Objekte sind Ausprägungen der Klassen. Klassen sind formalisierte Begriffe, die wir durch Abstraktionen von Gegenständen der Wirklichkeit gewonnen haben.

Die objektorientierten Ansätze haben gegenüber konventionellen Ansätzen folgende Vorteile:

Die Denkweisen des Menschen orientieren sich am Gegenstand. Abstraktion und Einteilung sind menschliche Fähigkeiten. Sie können nicht exakt begründet werden. Sie zählen zu den Merkmalen unseres Gehirns. Wesentliche Aspekte des Denkprozesses besteht darin, Begriffe zu bilden, zu speichern, wieder hervorzuholen und miteinander zu neuen Begriffen zu verknüpfen. Die objektorientierte Datenmodellierung entspricht diesen Denkelementen. Sie steht dem gewöhnlichen Denken in der natürlichen Sprache näher als andere Modellierungstechniken. Sie erlaubt eine natürliche und leicht verständliche Abbildung der Wirklichkeit auf die Beschreibungsmittel des Softwaresystems, eine adäquate Modellierung der wirklichen Gegenstände. Bei der objektorientierten Datenmodellierung geht man von den Gegenständen aus, die in der Wirklichkeit vorkommen. Man beschäftigt sich mit den eigentlichen Gegenständen des Anwendungsbereichs. Man kann Objektorientierung als das „Denken in Gegenständen“ verstehen. Die Techniken der objektorientierten Datenmodellierung geben uns also die Möglichkeit, Anwendungsprobleme besser zu analysieren und leichter zu lösen. Je besser es die Modellierungen erlauben, die Probleme der

wirklichen Welt zu erfassen und zu formulieren, desto einfacher ist es auch, diese Probleme zu lösen [Engel 1990]. Die Einbeziehung des Gegenstandes ermöglicht eine direktere und intuitivere und somit einfache Modellierung der Wirklichkeit als sie mit den klassischen Datenmodellen möglich ist [Hohestein 1996]. Auch die Anwender können die Modellierung mitbestimmen.

Das Kernkonzept der objektorientierten Datenmodellierung ist das Konzept der Klasse (Objektschemas). Das Klassenkonzept erfüllt wichtige wirtschaftliche Forderungen: Wiederverwendung (Vermeidung von Redundanz), lokale Wartbarkeit, Erweiterbarkeit von Software [Smith 1993] und damit eine deutliche Steigerung der Produktivität der Softwareentwickler (schnelle Entwicklungszeit, geringere Kosten).

Mit der Einführung der Objektidentität sind die effiziente Objektspeicherung und der schnelle Zugriff auf Objekte verbunden.

Die Abstraktion ist die Methode der objektorientierten Datenmodellierung. Durch die Abstraktion kann man die Komplexität eines Problems drastisch reduzieren. Komplexität hat zwei Grundformen: Umfang (Anzahl der Gegenstände) und Vernetzung (Anzahl der Verbindungen zwischen Gegenständen). Die Abstraktion gibt die Möglichkeit, sowohl Umfang als auch Vernetzung von Gegenständen zu reduzieren und dadurch Probleme in den Griff zu bekommen, da man die Gegenstände in Klassen zusammenfaßt oder zu einem Ganzen zusammensetzt, in Hierarchien einordnet, und nur relevante Eigenschaften eines Gegenstandes betrachtet.

Das Paradigma der Objektorientierung steht heute in vielen Bereichen der Informatik im Mittelpunkt. Objektorientiertes konzeptionelles Modellieren ist interdisziplinär [Quibeldey-Cirke 1994]. Bereiche wie objektorientierte Programmierung, objektorientierte Datenbanken, Wissensrepräsentation, Softwareentwicklung beziehen sich auf sehr verschiedene Anwendungsgebiete, verfolgen unterschiedliche Ziele und bedienen sich unterschiedlicher Techniken. Sie haben aber ein gemeinsames Konzept bei der Modellierung und Darstellung von Daten, nämlich die Klasse. Die Klasse ist also der gemeinsame Aspekt von vielen Anwendungsgebieten. Im Datenbankbereich wird eine Miniwelt zunächst durch ein Entity-Relationship-Modell formal beschrieben. Dieses Modell bildet die Grundlage für weitere Schritte der Modellierung, sowohl für klassische als auch für objektorientierte Datenmodellierung. Bei einem relationalen Modell wird das Entity-Relationship-Modell in Relationen transformiert, bei einem objektorientierten Modell in Klassen. Im Bereich der Wissensrepräsentation läßt sich ein Diskursbereich durch semantische Netze oder Frames repräsentieren. Semantische Netze und Frames sind wichtige formale Formen, um Wissen adäquat zu repräsentieren. Im Bereich der objektorientierten Programmierung wird ein Anwendungsausschnitt auf Klassenhierarchien abgebildet, die die Basis für Klassenbibliotheken bilden. Im Bereich der Softwareentwicklung erstreckt sich die Idee der Objektorientierung von der Analyse über Entwurf bis zur Implementierung (*Abbildung 1*). Vor der Implementierung steht der Entwurf und vor dem Entwurf steht die Analyse und das kognitive Erfassen des Wirklichkeitsausschnitts. Die Übergänge zwischen Phasen sind fließend.

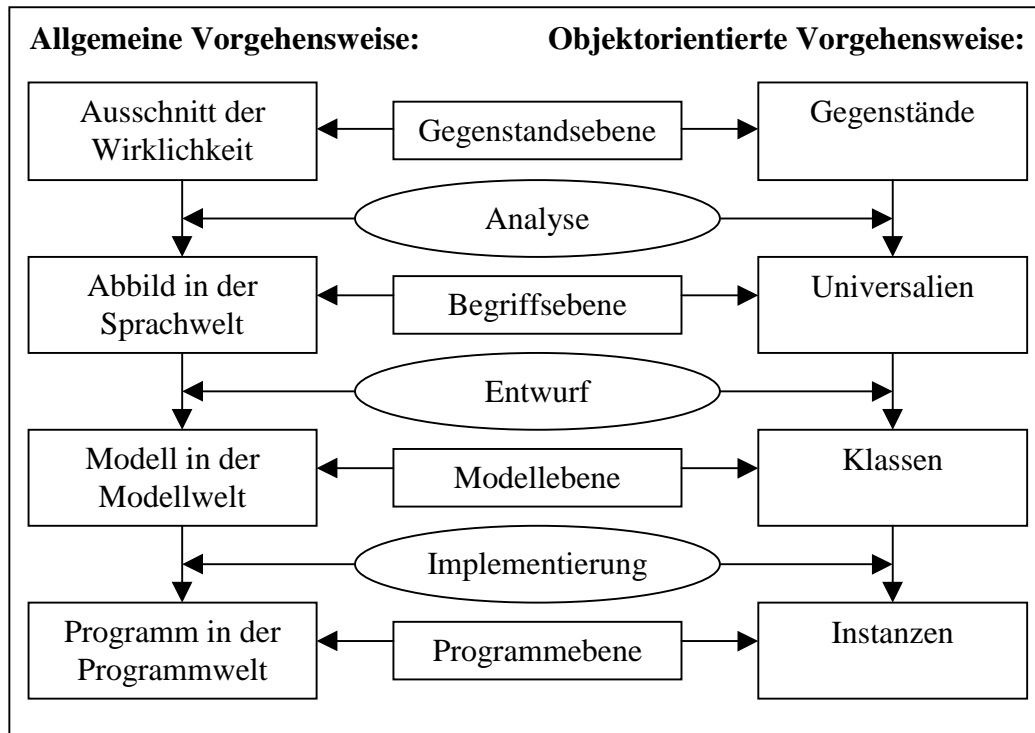


Abbildung 1: Phasen der allgemeinen und objektorientierten Softwareentwicklung

Trotz der Vorzüge, die das objektorientierte Datenmodell aufweist, bereitet die Umsetzung objektorientierter Konzepte Schwierigkeiten. Die Ursachen sind verschiedener Art. Zum einen ist die Theorie aufgrund ihrer Komplexität eher verwirrend als wegweisend. Es gibt noch keinen klaren theoretischen Hintergrund. Zum anderen resultiert aus einer komplexen Sicht auf den Objektbegriff eine Reihe von Forderungen und Möglichkeiten, die derzeit nicht berücksichtigt werden. Die Grundbegriffe der Objektorientierung sind nicht genug scharf definiert. Sie enthalten Unklarheiten und sollen deshalb präzisiert werden.

Diese Arbeit befaßt sich mit den Grundbegriffen der objektorientierten Datenmodellierung. Das Ziel der Arbeit besteht darin, diese Grundbegriffe zu präzisieren, zu klären und zu begründen und damit ein besseres Verständnis des objektorientierten Ansatzes zu ermöglichen. Diese Begriffe sind nicht nur aus der Sicht der Informatik, der Logik, sondern auch aus der ontologischen Sicht zu untersuchen. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der ontologischen Untersuchung solcher Begriffe.

Die objektorientierte Datenmodellierung unterscheidet sich von anderen Modellierungsmethoden durch solche charakteristische Konzepte wie Abstraktion, Einteilung, Aggregation, Vererbung usw. Es gibt zwei Methoden, neue Klassen zu gewinnen: die Abstraktionsmethode (platonische Methode über Abstraktion) und die mereologische Methode über die Teil-Ganze-Beziehung [Wedekind 1992]. Diese Arbeit beschäftigt sich überwiegend mit der Abstraktionsmethode. Die Pointierung des Abstraktionsverfahrens ist in Sachen Vererbung ein Spezifikum der Objektorientierung. Abstraktion geht einer eventuellen Vererbung voraus, und nicht umgekehrt.

Ein Wirklichkeitsausschnitt ist durch eine Menge von konkreten einzelnen Gegenständen charakterisiert. Den Gegenständen kommen bestimmte Eigenschaften, Beziehungen zu. Die Gegenstände samt ihrer Eigenschaften und Beziehungen bilden die Komponenten eines Netzes. Die Eigenschaften, Beziehungen werden durch die Vorgänge in der Zeit verändert. Die Wirklichkeit wird meistens nicht direkt in einem konkreten Datenmodell, sondern in der Sprache durch Begriffe abgebildet. Man will einen Wirklichkeitsausschnitt zuerst sprachlich beschreiben, begrifflich verstehen, um daraus Datenmodelle zu erzeugen. Erst durch die

Begriffe sind Gegenstände geordnet und können dann modelliert werden. Der Weg von den wirklichen Gegenständen zu den Begriffen und dann zu den Klassen stellt die Vorgehensweise der objektorientierten Datenmodellierung dar [Karge 1996] (Abbildung 2).

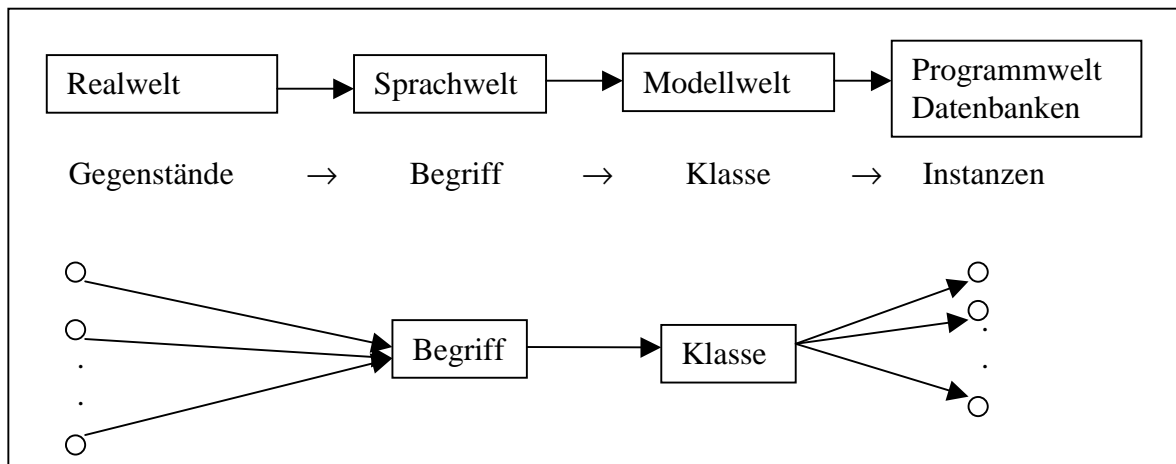


Abbildung 2: Von realen Gegenständen über Begriff und Klasse zu Instanzen

Die objektorientierte Datenmodellierung besteht aus drei Ebenen (Abbildung 3), nämlich die Gegenstandsebene (konkrete Ebene), die Begriffsebene (abstrakte Ebene) und die Modellebene (Klassenebene). Auf der Gegenstandsebene sind Gegenstände sowie Eigenschaften, Beziehungen einzeln, konkret und ungeordnet. Erst durch die Abstraktion werden sie allgemein, abstrakt und geordnet. Durch die Formalisierung gehen die Begriffe zu den Klassen über, die als Schemata zur Erzeugung von Objekten dienen. Die Gegenstands- und Begriffsebene bilden die semantische Ebene. Die Modellebene wird auch als konzeptionelle Ebene bezeichnet.

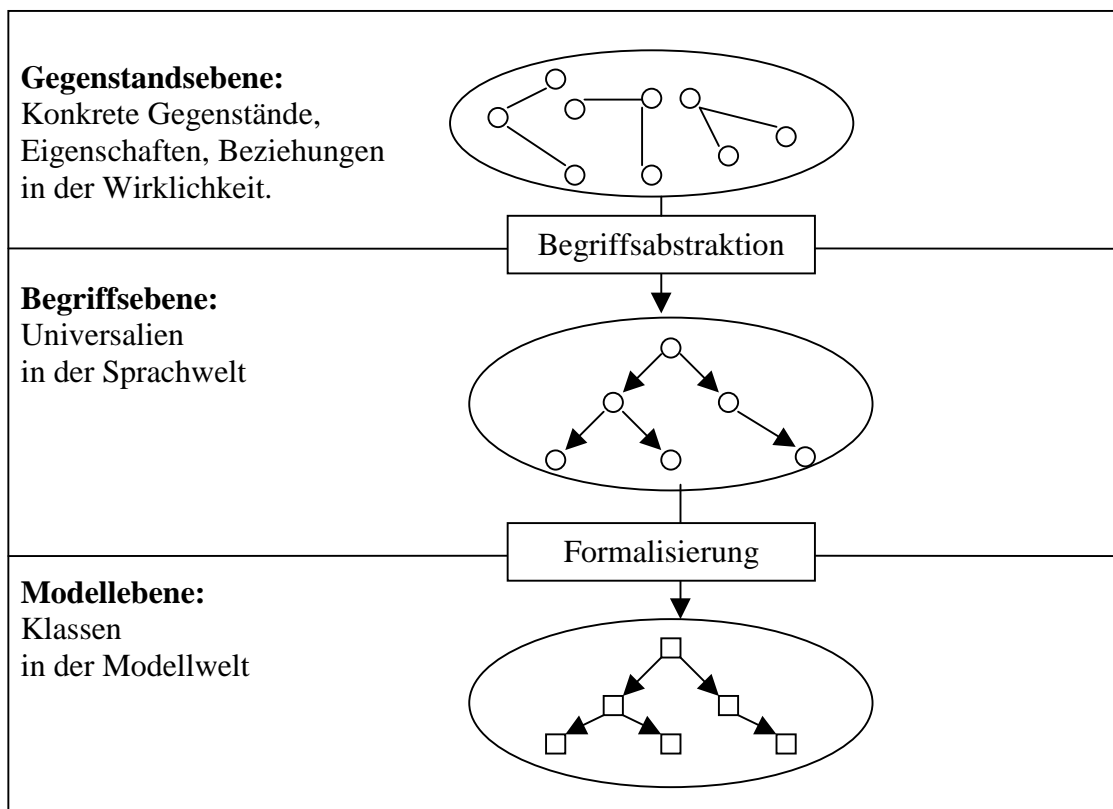


Abbildung 3: Die Ebenen der objektorientierten Datenmodellierung

Wesentliche Aufgabe der objektorientierten Datenmodellierung ist es, Klassen zu identifizieren, Attribute und Operationen sowie Beziehungen zu anderen Klassen festzulegen, Klassenhierarchien aufzustellen. Den Hintergrund des Klassenkonzepts bilden philosophische Erkenntnisse [Quibeldey-Cirkel 1994]. Für die Klassenbildung spielt die Begründung der Grundbegriffe der Ontologie eine zentrale Rolle. Wesentliche Fragen in der Ontologie sind: Was ist ein Gegenstand? Wie ist die Seinsweise des Gegenstandes? Wie wird er dargestellt? [Karge 1996]. Im ersten Kapitel werden die Begriffe wie „Gegenstand“, „Eigenschaft“, „Eigenschaftsbeziehung“ u. a. geklärt und erläutert. Da die konkreten Gegenstände der Wirklichkeit die Ausgangsbasis für die objektorientierte Datenmodellierung bilden, d.h. objektorientierte Datenmodellierung die direkte Modellierung der realen Gegenstände ist, ist es von besonderer Bedeutung, sich mit solchen Begriffen zu beschäftigen. Die Ontologie ist die Lehre vom Seienden als Seiendes, also von den Gegenständen im allgemeinen.

Die Gegenstände der Wirklichkeit sind im Denken des Menschen durch Begriffe repräsentiert. Begriffe sind geistige Abbilder der Gegenstände. Der Begriff als geistiges Abbild eines Gegenstandes enthält alles, was man zu dem gegebenen Zeitpunkt über diesen Gegenstand weiß. Mit „alles“ ist gemeint, daß man sich nicht nur der Eigenschaften des Gegenstandes bewußt ist, sondern auch seiner Aktionen und seiner Beziehungen zu anderen Gegenständen. Im Begriff eines Gegenstandes bilden seine Eigenschaften, seine Aktionen und seine Beziehungen eine Einheit. Das objektorientierte Datenmodell beruht auf den Begriffen. Eine Klasse wird aus einem Begriff abgeleitet. Es ist sinnvoll, sich etwas eingehender mit Begriffen zu befassen, damit eine spätere Übertragung der Begriffswelt aus dem Bereich der Erkenntnistheorie in den Bereich der informationellen Systeme möglich wird. Im zweiten Kapitel wird die Begriffslogik behandelt. Im Mittelpunkt stehen dabei die Grundbegriffe der Begriffsebene: „Begriffsbildung“, „Begriffsabstraktion“, „Begriffsdefinition“, „Begriffsumfang“, „Begriffsinhalt“, „Subordination“, „Begriffshierarchie“ u. a.

Das Ziel der objektorientierten Datenmodellierung ist es, den für die Modellierung relevanten Teil der Wirklichkeit als Menge von interagierenden Objekten zu beschreiben. Ein Objekt (Instanz) ist die Abbildung eines realen Gegenstandes der Wirklichkeit auf das objektorientierte Modell. Auf der Modellebene sind neue Begriffe hinzugefügt, um ihre Entsprechungen aus der Gegenstands- und Begriffsebene in der Sprache des Modells auszudrücken. Im dritten Kapitel werden diese neuen Basisbegriffe vorgestellt, um die Zusammenhänge zwischen drei Ebenen zu verdeutlichen. Basisbegriffe der Sprache des objektorientierten Modells wie „Klasse“, „Objekt“, „Attribut“, „Operation“, „Relationships“, „Kapselung“, „Vererbung“, „Polymorphismus“ usw. werden beschrieben.

Zwischen den drei Ebenen der objektorientierten Datenmodellierung existieren enge Zusammenhänge. Ausgangspunkt der Modellierung bilden die konkreten Einzelgegenstände mit ihren konkreten Eigenschaften, Aktionen und Beziehungen. Die konkreten Einzelgegenstände werden in der Erkenntnistätigkeit analysiert; es werden durch Abstraktion abstrakte Begriffe gebildet, die die wesentlichen Eigenschaften der Gegenstände herausheben und fixieren. Durch die Formalisierung werden aus den abstrakten Begriffen die rechnernahen Klassen erzeugt. Bei der Formalisierung handelt es sich um die Beschreibung der Gegenstände in der Sprache des Modells, nicht mehr in der natürlichen Sprache. Die Abstraktion ist also das Verbindungsglied zwischen der Gegenstandsebene und der Begriffsebene. Die Formalisierung ist das Verbindungsglied zwischen der Begriffsebene und der Schemaebene.

Die vorliegende Arbeit wird entsprechend den Ebenen der objektorientierten Datenmodellierung gegliedert (*Abbildung 4*).

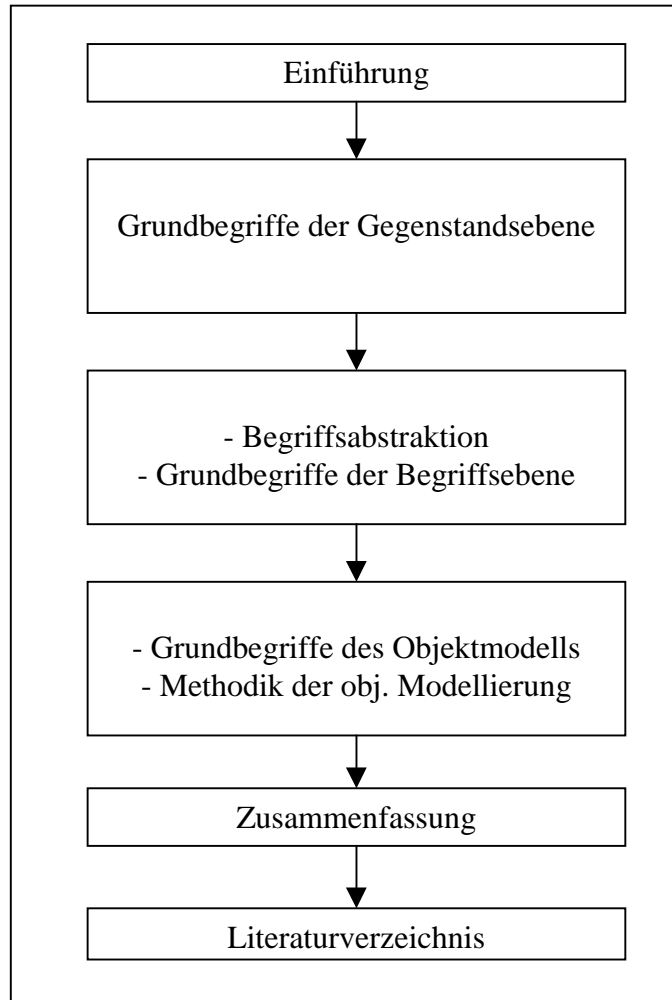
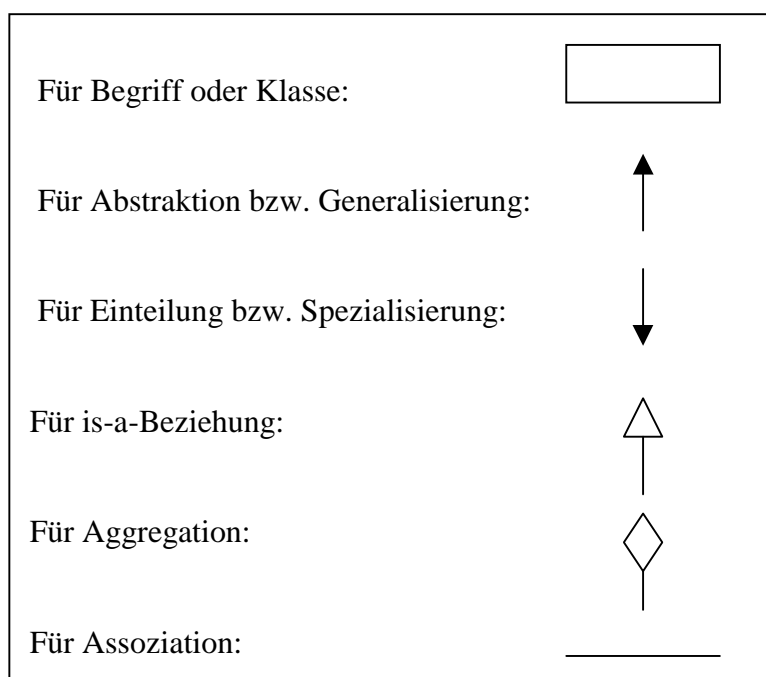


Abbildung 4: Gliederung der Arbeit

In dieser Arbeit werden folgende Symbole für die Notationen verwendet:



## 2 Grundbegriffe der Gegenstandsebene

### 2.1 Ontologie

Die Gegenstände der Wirklichkeit sind die Ausgangspunkte für die Bildung eines formalen Objektmodells. Begriffe und Konzepte der Wirklichkeit sind auf die softwaretechnische Konstruktion direkt ableitbar und zwar natürlich, schlüssig und der menschlichen Denkweise konform [Bunge 1979]. Eine Wissenschaft, die sich mit den Gegenständen der Wirklichkeit beschäftigt, heißt Ontologie. Die Ontologie (vom griech. *ontos*, „das Seiende“ und *logos*, „die Lehre“) ist nach der Definition des Aristoteles die Lehre vom Sein des Seienden. Für ihn ist die gesamte Wirklichkeit ein Universum des Seienden; er analysiert die allgemeinsten Strukturen des Seienden wie Gegenstand, Wesen, Eigenschaft usw. Ontologie ist demnach die Lehre von den allgemeinsten Strukturen des Seienden. Unter dem Seienden wird dabei alles verstanden, was existiert. Unter dem Sein des Seienden aber wird die Art und Weise verstanden, wie dieses Seiende ist, seine Seinsweise [Leisegang 1973]. In der Philosophie entspricht dem Wort „Gegenstand“ in allgemeiner Verwendung unter anderem der Ausdruck „Seiendes“. Ontologie also ist die Lehre von den allgemeinsten Strukturen von Gegenständen, die Wissenschaftsphilosophie von der Begriffs(Wesens)- und Ordnungsbestimmung der Gegenstände in der Wirklichkeit [Wand 1989]. Im Mittelpunkt der Ontologie steht die Untersuchung des Allgemeinwesens (Universalien) des Gegenstandes und der individuellen Akzidenzien.

### 2.2 Gegenstand

#### 2.2.1 Der Begriff „Gegenstand“

Der Gegenstand (lat. „*res*“) ist das, was dem Menschen entgegensteht. In diesem Sinne ist der Gegenstand gleichbedeutend mit „Etwas“ [Ulfig 1993]. Die synonymen Begriffe für den Begriff „Gegenstand“ sind die Begriffe „Sache“, „Objekt“, „Ding“.

Platon unterscheidet zwischen Dingen, die als Gegenstände der Theorie gelten, und Handlungen, die als Gegenstände der Praxis angesehen werden. Für Aristoteles ist der Gegenstand der Träger von Eigenschaften. Für Kant ist der Gegenstand „*die Einheit der Mannigfaltigkeit einer gegebenen Anschauung*“ [Kant]. In dieser Arbeit ist der Begriff „Gegenstand“ als Träger vieler Eigenschaften zu verstehen.

Der Mensch richtet sich auf den Gegenstand, um ihn zu erfahren und der Gegenstand muß erfahrbar sein. Der Gegenstand wird als Einheit (elementaren Gegenstand) bzw. Ganzheit (zusammengesetzten Gegenstand) bzw. Gesamtheit (Menge) wahrgenommen oder gedacht [Scheffe 1991]. Die Erfassung des Gegenstandes geschieht durch die Erkenntnisorgane, die Empfindung, Wahrnehmung, die Vorstellung, die Begriffe und ihre Verbindung miteinander. Dabei sind die Gegenstände von sehr verschiedener Beschaffenheit und fordern deshalb verschiedene Erkenntnisorgane und Erkenntnismittel. Der Gegenstand wird auf Begriff abgebildet und kann durch einen Namen ausgezeichnet werden, der seine Identifikation erlaubt. Die Gegenstände werden durch ihre Eigenschaften unterschieden und charakterisiert.

Gegenstände können nach verschiedenen Sichten, z.B. nach der Existenzform oder nach der Struktur, klassifiziert werden.

#### 2.2.2 Klassifikation der Gegenstände nach der Existenzform

Gegenstände der Erkenntnis zerfallen in reale und ideelle Gegenstände (Abbildung 5).



### Reale Gegenstände:

Reale Gegenstände sind solche, denen ein Wirken auf uns oder auf andere ihnen nebengeordnete Gegenstände zugeschrieben wird und die zugleich von uns oder anderen Gegenständen eine Einwirkung erfahren können, die in einer Wechselwirkung miteinander stehen. Sie sind uns als konkrete Individuen, als Einzelfälle zu bestimmter Zeit und an bestimmtem Ort gegeben. Zu den realen Gegenständen gehören nicht nur **physische Gegenstände** wie z.B. „dieser Tisch“, „dieser Mensch“, sondern auch **psychische Gegenstände** wie Gefühle, z.B. „Haß“, „Liebe“, wie Empfindungen, z.B. „Schmerz“, wie seelische Zustände, z.B. „Zufriedenheit“, „Trauer“. Physische Gegenstände kann man durch äußere Wahrnehmung belegen, psychische durch innere Wahrnehmung.

### Ideelle Gegenstände:

Ideelle Gegenstände sind solche, die entweder überhaupt nur als Denkinhalte existieren oder die ihre besondere Form nur als Denkinhalte haben. Sie sind aber keine einzelnen Individuen, sondern allgemeine Wesenheiten. Zu den ideellen Gegenständen gehören **die abstrakten Gegenstände (Universalien)**, d. h. die Begriffe, die durch Abstraktion gewonnen sind wie die Zahlen, z.B. „Zwei“, wie die konkreten Begriffe (Gegenstandsbegriffe), z.B. „Baum“, „Berlin“ oder wie die abstrakten Begriffe (Eigenschaftsbegriffe), z.B. „Weiße“, „Schwere“, „Gerechtigkeit“. Konkrete Begriffe sind Abbilder von Gegenständen. Abstrakte Begriffe sind Abbilder von Eigenschaften, die gedanklich von den Gegenständen getrennt wurden. Die ideellen Gegenstände können nicht mehr als real bezeichnet werden. Man kann sie nicht mehr durch äußere oder innere Wahrnehmungen belegen. Sie haben nicht mehr eine reale Existenz, aber eine ideelle Existenz. Reale Existenz ist eine durch äußere oder innere Sinneswahrnehmung belegbare Existenz. Ideelle Existenz aber hat keinen erfahrbaren Bezugsgegenstand mehr in der Realität, sondern wird selber zum Bezugsgegenstand. Die ideelle Existenz ist also im Unterschied zu der realen Existenz eine vom Menschen geschaffene Existenz. Allgemeinbegriffe und Hierarchien von den Begriffen haben nur eine ideelle Existenz. Außer von realen und ideellen Gegenständen spricht man auch von **fiktiven Gegenständen**, denen nichts real Existierendes entspricht, z.B. Pegasus. Pegasus existiert nicht; trotzdem wird in der Logik Pegasus als ein Gegenstand betrachtet [Ferber 1998]. Fiktive Gegenstände sind im Unterschied zu logisch unmöglichen Gegenständen, wie z.B. zu einem runden Quadrat, logisch möglich. Fiktive Gegenstände haben wie abstrakte Gegenstände auch eine ideelle Existenz. Der Unterschied zwischen abstrakten und fiktiven Gegenständen besteht darin, daß der Kontext, in dem sie existieren, anders ist.

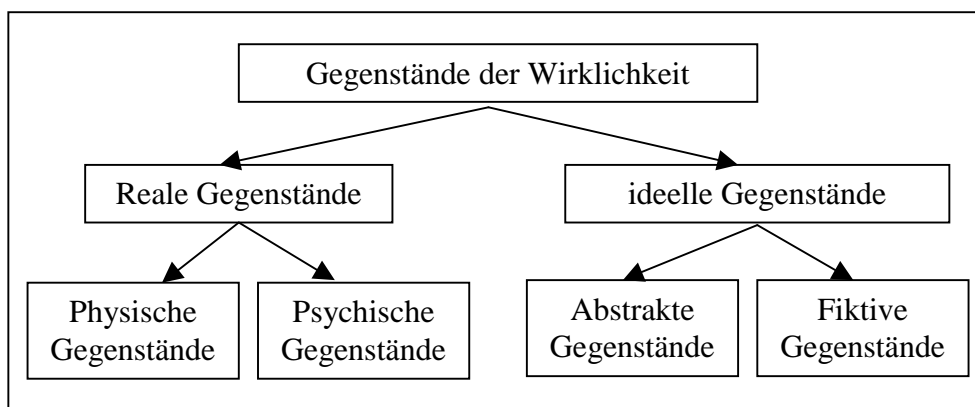
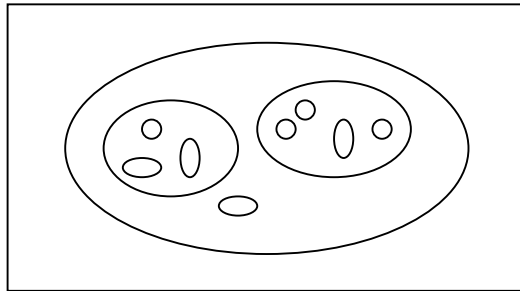


Abbildung 5: Klassifikation der Gegenstände nach der Existenzform

### 2.2.3 Klassifikation der Gegenstände nach der Struktur

Gegenstände können nach ihrer Struktur klassifiziert werden. Ein Gegenstand kann elementar sein, d. h., er wird als einfache, unteilbare, in sich abgeschlossene Einheit betrachtet. Er kann komplex sein, d. h., er wird als aus Teilen zusammengesetztes Ganzes betrachtet (*Abbildung 6*). Elementar und zusammengesetzt (komplex) hängt von unserer Betrachtung ab. Unsere Sichten können aber nicht beliebig sein; sie sind potentiell in den Dingen enthalten.

Ein Baum besteht aus Wurzeln, Stamm, Ästen und Blättern. Die Teile können wieder aus Teilen zusammengesetzt sein oder man faßt sie als selbständige elementare Gegenstände auf. Je nachdem, in welcher Beziehung ein Gegenstand sich befindet, ist er also zugleich elementar und komplex.



*Abbildung 6: Innen und Außen eines Gegenstandes*

Der Gegenstand kann aber auch eine Kollektion oder eine Menge sein. Eine Kollektion ist ein spezieller Fall des zusammengesetzten Gegenstands. Die Teile einer Kollektion sind im Unterschied zu komplexem Gegenstand gleichartig. Im Unterschied zu Menge bilden die Teile einer Kollektion eine verbindende Struktur. Die Kollektionen werden in Kollektivbegriffe abgebildet. Ein Wald ist z.B. eine Kollektion von Bäumen. Eine Menge ist eine Zusammenfassung gleichartiger Gegenstände. Die Menge besitzt keine innere Struktur wie ein komplexer Gegenstand. Mengen entstehen durch bloßes Aneinanderlegen von Teilen ohne ein inneres verbindendes Prinzip. Eine Bibliothek ist z.B. eine Menge von Büchern.

Man kann aber auch logische Gegenstände konstituieren, in dem man die Teile gedanklich zu einem neuen Gegenstand zusammensetzt.

Ein Gegenstand kann also einfach, komplex, ein Teil eines komplexen Gegenstandes, einer Kollektion, oder ein Element einer Menge sein, oder er kann die Rolle einer Eigenschaft eines anderen Gegenstands spielen. Er kann als eine Einheit seiner Eigenschaften (Aggregation der Eigenschaften), als eine Einheit der Teile (Aggregation seiner Teile) betrachtet werden.

## **2.3 Eigenschaft**

### **2.3.1 Der Begriff „Eigenschaft“**

Eigenschaft (lat. *Attributum, proprietas, qualitas*) wird als Beschaffenheit, die einem Gegenstand eigen ist, verstanden. Diese Beschaffenheit unterscheidet den Gegenstand von anderen Gegenständen oder macht ihn anderen Gegenständen ähnlich. In diesem Sinne sind Beziehungen des Gegenstandes zu anderen, seine Aktionen auch Eigenschaften. Eigenschaften dienen als Informationen über den Gegenstand, um ihn zu klassifizieren und zu erkennen. Eigenschaften sind z.B. „Farbe“, „weiße Farbe“, „Gewicht“, „kann fliegen“ usw.

Mit Hilfe der Eigenschaften kann man Gegenstände erkennen, bestimmen oder beschreiben. Jedem Gegenstand kommt eine unzählige Menge von verschiedensten Eigenschaften zu. Jeder Gegenstand ist ein Ganzes (Aggregation) vieler Eigenschaften und kann daher nach verschiedenen Sichten nützlich sein. Wir haben nie Gegenstände ohne Eigenschaften vor uns und Eigenschaften existieren nicht für sich allein. Sie haften den Gegenständen an. Wir

können keine Gegenstände ohne Eigenschaften wahrnehmen. [Tegtmeier 1992]. Nicht alle Eigenschaften sind für uns erkennbar. Ein Gegenstand wird mit Hilfe der ihm zu kommenden Eigenschaften erkannt. Dieser Prozeß heißt Gegenstandsbestimmung. Entscheidend für Gegenstandsbestimmung sind subjektiv festgelegte Invarianten, die zur Abgrenzung von Gegenständen herangezogen werden.

**Sachverhalte** sind die an Gegenständen auftretenden Eigenschaften. Mit anderen Worten: Das Zusprechen einer Eigenschaft zu einem Gegenstand oder zu einer Klasse von Gegenständen heißt Sachverhalt. Ein Sachverhalt ist z.B. „Dieser Tisch ist weiß“ oder „Peter ist Vater von Nicole“. Von den Sachverhalten sind die **Tatsachen** zu unterscheiden. Tatsachen sind Sachverhalte, die wahr sind, d.h. Tatsachen sind Sachverhalte, die wirklich existieren. Es gibt z.B. Sachverhalte, die nicht Tatsachen sind, denen keine wirkliche Existenz zukommt. Ein Beispiel dafür ist „Die Erde besteht im wesentlichen aus Gold“. Sachverhalte werden im menschlichen Denken durch Aussagen bzw. Urteile beschrieben.

Eigenschaften können nach verschiedenen Gesichtspunkten klassifiziert werden [Hoffmann 1986], [Klimesch 1981].

### 2.3.2 Klassifikation der Eigenschaften nach der Wesenheit

Für eine bestimmte Sicht auf den Gegenstand werden seine Eigenschaften in wesentliche und unwesentliche eingeteilt [Aristoteles] (Abbildung 7). Man kann von wesentlichen und unwesentlichen Eigenschaften nur reden, wenn man den Gegenstand nach bestimmter Sicht (Aufmerksamkeit) betrachtet. Das heißt: die Unterscheidung zwischen wesentlichen Eigenschaften und unwesentlichen Eigenschaften ist nur bezüglich einer Sicht auf den Gegenstand als Begriff, nicht aber bezüglich des Gegenstandes an sich.

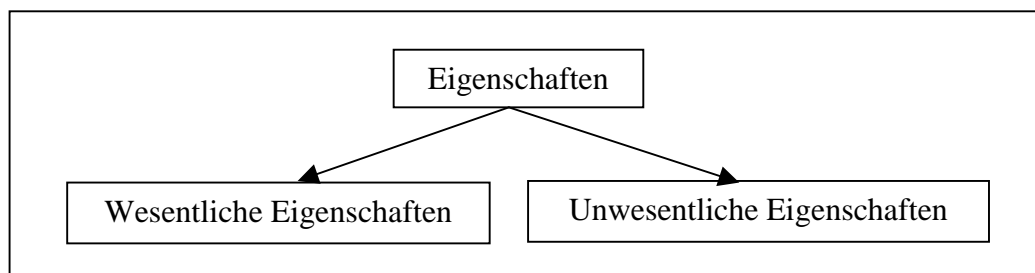


Abbildung 7: Die Einteilung der Eigenschaften des Gegenstandes unter bestimmter Sicht

#### Die wesentliche Eigenschaft:

Die wesentlichen Eigenschaften kommen dem Gegenstand notwendig unter allen Umständen zu. Man kann sagen, daß der Gegenstand ohne die wesentlichen Eigenschaften nicht bestehen kann. Wesentliche Eigenschaften eines Gegenstandes sind zugleich Eigenschaften der Art, zu der der Gegenstand gehört. Sie drücken das Allgemeinwesen des Gegenstandes aus. Beim Übergang von einem Gegenstand einer Art zu einem anderen Gegenstand bleiben die wesentlichen Eigenschaften unveränderlich. Die Gegenstände einer Art stimmen deshalb in wesentlichen Eigenschaften überein und somit sind sie ähnlich. Außerdem unterscheiden die wesentlichen Eigenschaften die Gegenstände einer Art von Gegenständen anderer Arten. Wesentliche Eigenschaften der Gegenstände sind die Grundlage für die Begriffsbildung. Sie gehen in den Begriffsinhalt ein. Gegenstände einer Art unterscheiden sich von Gegenständen anderer Arten von gleicher Gattung durch die Artdifferenzen. Gegenstände einer Art unterscheiden sich von Gegenständen anderer Arten von anderer Gattung durch die Gesamtheit der wesentlichen Eigenschaften. Gegenstände einer Art unterscheiden sich voneinander durch die wesentlichen abstrakten Eigenschaften, oder/und durch die unwesentlichen Eigenschaften.

Welche Eigenschaften als wesentliche gelten und welche als unwesentliche weggelassen werden, wird durch die Sichten bestimmt, unter denen die systematische Einteilung geschieht.

Es ist zu unterscheiden zwischen dem Allgemeinwesen und dem Einzelwesen eines Gegenstandes. Das Allgemeinwesen eines Gegenstandes ist die Gesamtheit der wesentlichen Eigenschaften dieses Gegenstandes. Das Allgemeinwesen eines Gegenstandes wird in einem Abstraktionsprozeß erfaßt, das sich in einem Allgemeinbegriff ausdrückt. Das Allgemeinwesen legt eine bestimmte Art fest und dadurch grenzt sich diese Art von den anderen Arten ab. Dieses Allgemeinwesen kommt jedem Individuum einer Art zu und zeigt gerade das an, was diese Art ausmacht und von anderen Arten unterscheidet. Das Einzelwesen eines Gegenstandes ist seine Individualität, Bezeichnung für Eigenschaften, die zusammen die Einmaligkeit des Gegenstands ausmachen. Diese Eigenschaften kommen nur diesem Gegenstand zu und fehlen bei allen anderen Gegenständen.

Da ein Gegenstand nach verschiedenen Sichten betrachtet werden kann, und die Sicht das Allgemeinwesen bestimmt, so ist das Allgemeinwesen auch nur unter bestimmter Sicht zu verstehen. Der Begriff hat aber nur ein Wesen, weil er nur unter bestimmter Sicht gebildet wird.

Nach Aristoteles liegt das Allgemeine in den Einzeldingen. So ist ein konkreter Einzelgegenstand eine Einheit von Allgemeinwesen und Einzelwesen. Bezüglich der Begriffsebene ist der Gegenstand abstrakt und allgemein. Die Individualitäten der Einzelgegenstände bleiben verborgen. Die konkreten Einzelgegenstände werden invariant gemacht. Bezüglich der konkreten Ebene ist der Gegenstand konkret und einzeln. Die Individualitäten der Gegenstände werden aktualisiert. Die konkreten Einzelgegenstände können durch die Individualität voneinander unterschieden werden. Der Übergang von der abstrakten Ebene zu der konkreten Ebene heißt Individuation. Dieser Übergang ist der inverse Weg zur Abstraktion. Der Übergang geschieht dadurch, daß die wesentlichen abstrakten Eigenschaften konkretisiert und dem Gegenstand die individuellen Eigenschaften hinzugefügt werden. Bezüglich der beiden Ebenen ist er abstrakt, allgemein, zugleich konkret, einzeln. Das Allgemeine existiert in den Einzelnen, so sagt Aristoteles.

Im Objektmodell werden einzelne Objekte von einer Klasse durch die Aktualisierungen der wesentlichen abstrakten Eigenschaften erzeugt, aber keine individuellen Eigenschaften können diesen einzelnen Objekten hinzugefügt werden.

Das Allgemeinwesen eines Gegenstandes ist der unmittelbaren Wahrnehmung nicht zugänglich. Was man an einem Gegenstand unmittelbar erkennen kann, sind stets nur seine äußeren Eigenschaften. Die Erkenntnis des Allgemeinwesens eines Gegenstandes läuft von der Wahrnehmung der äußeren Eigenschaften des Gegenstandes zu den wesentlichen Eigenschaften. Die Prüfung auf Invarianz der äußeren Eigenschaften gestattet, die wesentlichen von unwesentlichen zu unterscheiden [Klaus 1975].

### **Die unwesentliche Eigenschaft:**

Die unwesentlichen Eigenschaften kommen dem Gegenstand zufällig zu, d.h. sie können zu einem Gegenstand gehören oder sie können aber unter gewissen Umständen auch fehlen. Ohne die unwesentlichen Eigenschaften kann ein Gegenstand weiter bestehen. Die unwesentlichen Eigenschaften treten zu dem in seiner Wesenskonstitution schon vollendeten Gegenstand als weitere Bestimmungen hinzu. Aristoteles definiert die unwesentliche Eigenschaft als dasjenige, „*was einem Gegenstand zukommt und als wahr behauptet wird, allerdings weder notwendig noch in den meisten Fällen*“. Die Narbe einer Person ist ein Beispiel für eine unwesentliche Eigenschaft der Klasse „Person“, weil nicht jede Person eine Narbe hat.

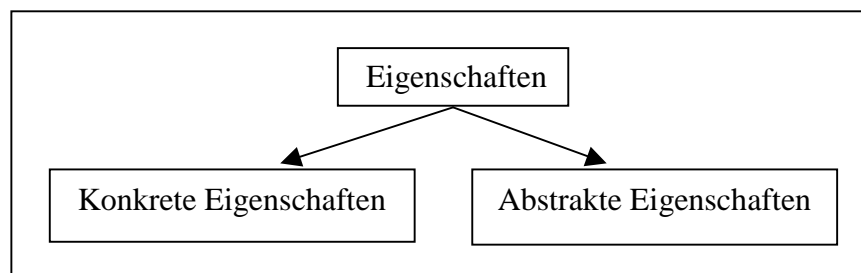
Die wesentlichen Eigenschaften können mittels Klassen modelliert werden, die unwesentlichen Eigenschaften aber nicht, weil eine Klasse (wie ein Begriff) das Gemeinsame der Gegenstände darstellt, nicht aber das Individuelle. Die Objekte (Instanzen) einer Klasse

unterscheiden sich voneinander dank der wesentlichen abstrakten Eigenschaften, die bei der Erzeugung des Objekts konkretisiert werden.

In der Praxis unterscheidet man auch gemeinsame und individuelle, allgemeine und spezifische, relevante und irrelevante, gleiche und ungleiche, invariante und wechselnde, notwendige und zufällige, innere und äußere, vereinbare und unvereinbare, nicht unterscheidende und unterscheidende, charakteristische und nicht charakteristische Eigenschaft u. a. Locke unterscheidet zwischen primären Eigenschaften (primären Qualitäten), z.B. „Ausdehnung“, „Gestalt“, „Größe“ und sekundären Eigenschaften (sekundären Qualitäten) z.B. „Farbe“, „Temperatur“, „Geruch“. Qualitäten sind wesentliche Eigenschaften, die den Dingen notwendig zukommen, im Unterschied zu Eigenschaften, die nur zufällig den Dingen zukommen. Die primären Eigenschaften werden auch als objektiv bestimmt; sie kommen den Gegenständen von sich aus zu. Die sekundären Eigenschaften werden als subjektiv bestimmt; sie kommen nur in unseren Wahrnehmungen bzw. in unseren Empfindungen vor. Lockes objektive Qualitäten werden bei Kant als apriorisch, die subjektiven als aposteriorisch bestimmt [Ulfig 1993].

### 2.3.3 Klassifikation der Eigenschaften nach dem Grad der Abstraktion

Eigenschaften können abstrakt oder konkret sein (*Abbildung 8*). Eine abstrakte Eigenschaft (Eigenschaftsklasse, Leerstelle) [Anderson 1989] ist das Ergebnis einer Abstraktion von vielen konkreten Eigenschaften. Eine konkrete Eigenschaft ist die konkrete Ausprägung einer abstrakten Eigenschaft. Das Verhältnis zwischen abstrakter und konkreter Eigenschaft ist ähnlich dem Verhältnis zwischen dem konkreten Gegenstand und seinem Begriff. „Farbe“ ist z.B. eine abstrakte Eigenschaft „weiße Farbe“ oder „rote Farbe“ ist eine konkrete Eigenschaft.



*Abbildung 8: Klassifikation der Eigenschaften nach dem Abstraktionsgrad*

Ein Beispiel für die konkreten Eigenschaften ist die Eigenschaft „hat weiße Farbe“ der Klasse „Schwan“. Jeder Schwan hat eine Farbe und die Farbe ist weiß. Dagegen ist die Eigenschaft „hat eine Farbe“ der Klasse „Vogel“ ein Beispiel für die abstrakten Eigenschaften. Jeder Vogel hat eine Farbe, aber die Farben der Vögel können weiß, schwarz, blau... sein.

### 2.3.4 Klassifikation der Eigenschaften nach dem Typ

Eigenschaften eines Gegenstands können in Wert-, Aktions- und Beziehungseigenschaften eingeteilt werden (*Abbildung 9*).

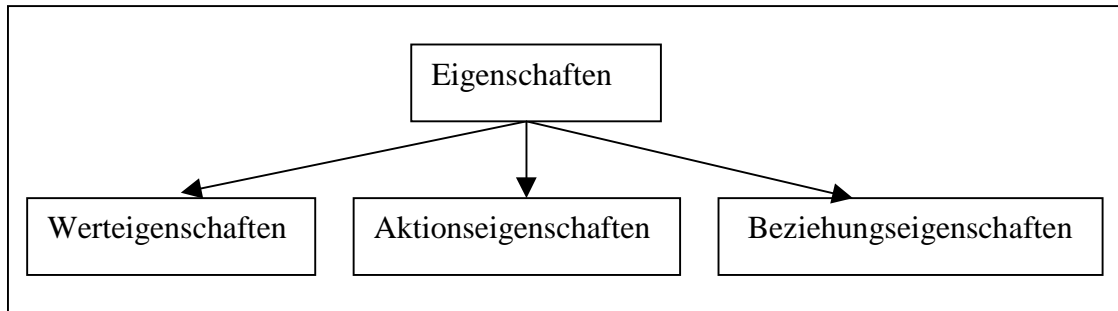


Abbildung 9: Klassifikation der Eigenschaften nach Typen

### Werteigenschaft:

Die Werteigenschaft berücksichtigt die Größenverhältnisse. Sie ist meßbar und hat eine Intensität. Von der Intensität einer Eigenschaft spricht man dann, wenn diese einem Gegenstand in verschiedenem Grade zukommen kann, also quantitativ meßbar ist z.B. Temperatur, Gewicht, Größe, Geschwindigkeit usw. Werteigenschaften beschreiben den Gegenstand und bestimmen seinen **Zustand** [Wiegert 1995]. Die Farbe eines Gegenstandes ist ein Beispiel für eine Werteigenschaft. Jeder Gegenstand befindet sich zu einem gegebenen Zeitpunkt in einem eindeutigen Zustand. Ein Gegenstand ändert seinen Zustand, wenn sich seine Werteigenschaften ändern. Durch die Änderung dieser Eigenschaften kann der Gegenstand mehrere Zustände einnehmen.

Es ist zu unterscheiden zwischen dem Zustand und der **Identität** des Gegenstandes. Ein Gegenstand hat nur eine einzige Identität, aber er kann mehrere Zustände einnehmen. Beim Wechseln der Zustände bleibt die Identität des Gegenstandes erhalten. Für Leibniz sind zwei Gegenstände dann und nur dann miteinander identisch, wenn sie in allen ihren Eigenschaften übereinstimmen, d.h. wenn jede Eigenschaft P, die dem Gegenstand x zukommt, auch dem Gegenstand y zukommt, und umgekehrt. Formal:  $(x \equiv y) =_{\text{Def.}} \forall (P) [P(x) \Leftrightarrow P(y)]$ , wobei „ $\equiv$ “ die Identitätsrelation, „ $\Leftrightarrow$ “ die Äquivalenz und „ $\forall$ “ den Allquantor bedeuten. Da völlige Übereinstimmung zweier Gegenstände in allen ihren Eigenschaften nur möglich ist, wenn es sich um denselben Gegenstand in einem konkreten Zustand handelt, wird das Identitätsprinzip auch als  $x = x$  formuliert. In dieser Form handelt es sich um das Prinzip der **abstrakten Identität**: Jeder Gegenstand ist mit sich selbst identisch. Die Gegenstände befinden sich aber in ständigen Veränderungen. Ihre Eigenschaften ändern sich ständig. Jedoch besitzen die Gegenstände relativ stabile unveränderliche Eigenschaften. Diese relativ stabilen Eigenschaften widerspiegeln die konkrete Identität. **Konkrete Identität** ist eine Einheit von Identität und Verschiedenheit, der mit sich identische Unterschied, weil sich der Gegenstand in anderen Eigenschaften jedoch verändert, trotzdem bleibt der Gegenstand der gleiche. Die Identifikation eines Gegenstandes kann deshalb durch den Schlüssel erfolgen. **Ein Schlüssel** faßt eine oder mehrere Eigenschaften des Gegenstandes zusammen, die diesen Gegenstand identifizieren. Welche Eigenschaften zur Identifikation eines Gegenstands herangezogen werden, ist vom Zusammenhang abhängig, in dem der Gegenstand identifiziert werden soll. Für einen Begriff können ein oder mehrere Schlüssel definiert werden, mit deren Hilfe Gegenstände identifiziert werden können.

Die Identität impliziert nicht die Gleichheit. Zwei Gegenstände sind **gleich**, wenn sie in *allen betrachteten* Eigenschaften übereinstimmen. Sie sind **ähnlich**, wenn sie *in einigen* Eigenschaften der betrachteten Eigenschaften übereinstimmen. Sie sind **abstrakt identisch**, wenn sie *in allen* Eigenschaften übereinstimmen. Sie sind **konkret identisch**, wenn sie *in bestimmten (relativ) stabilen* Eigenschaften übereinstimmen. Eine Eigenschaft heißt stabil, wenn sie sich in der Zeit nicht ändert, relativ stabil, wenn sie sich in der Zeit relativ wenig ändert. „Vater“, „Geburtstag“, "Geburtstort" einer Person sind Beispiele für stabile

Eigenschaften, „Frau“, „Wohnort“ Beispiele für relativ stabile Eigenschaften, „Kontostand“, „Gewicht“ Beispiele für nicht stabile Eigenschaften.

In den relationalen Datenbanken werden Objekte mit Hilfe von Schlüsseln, d. h. einer Kombination von relativ stabilen Eigenschaften, identifiziert. In den objektorientierten Datenbanken werden Objekte nicht mehr durch eine Kombination von Eigenschaften identifiziert, sondern mit der Hilfe des künstlichen stabilen Objektidentifikators, der keine Semantik trägt und üblicherweise systemverwaltet ist.

#### **Aktionseigenschaft:**

Aktionseigenschaften sind Eigenschaften, die Aktionen (Verhalten, Fähigkeit) des Gegenstandes repräsentieren. „Fliegen“ ist ein Beispiel für eine Aktionseigenschaft des Vogels.

#### **Beziehungseigenschaften:**

Beziehungseigenschaften sind nicht mit Eigenschaften einer Beziehung zu verwechseln. Sie sind Eigenschaften, die die Beziehungen eines Gegenstandes im Blick auf andere Gegenstände repräsentieren. Der besondere Unterschied zu Wert- und Aktionseigenschaften besteht darin, daß die Beziehung das Sich-verhalten eines Gegenstandes zu einem andern ist, während Wert- und Aktionseigenschaften die Eigenschaften im Blick auf sich selbst repräsentieren.

Eine Beziehung setzt voraus den Beziehungsträger, das Beziehungsziel und den Beziehungsgrund; in der Beziehung der Vaterschaft ist der Vater der Träger, der Sohn das Ziel und die Zeugung der Grund. Im einzelnen gibt es einseitige und wechselseitige Beziehung; solche, die gleicher oder verschiedener Art sind; solche, an denen nur zwei oder an denen mehrere teilnehmen.[Brugger 1975].

Von besonderer Bedeutung ist die These von der universellen Beziehung aller Gegenstände der Wirklichkeit. Die These besagt, daß jeder Gegenstand mit anderen Gegenständen durch eine Menge unendlich verschiedenartiger Beziehungen verbunden ist. Die Beziehungen der Gegenstände sind vielfältig, z.B. Grund und Folge, Teil und Ganzes, Gattung und Art, Assoziationsbeziehung, inhärente Beziehung usw. Für die objektorientierte Datenmodellierung sind folgende Formen der Beziehung von Bedeutung:

#### *Inhärente Beziehung:*

**Die inhärente Beziehung** drückt die Beziehung zwischen dem Gegenstand und einer seiner Eigenschaft aus. Die Eigenschaft ist untrennbar mit dem Gegenstand gebunden und existiert nur so lange, wie der Gegenstand existiert. Die Eigenschaft kann man getrennt vom Gegenstand denken, aber sie kann ohne die Existenz des Gegenstandes nicht existieren. Ein Gegenstand kann als Eigenschaft eines anderen Gegenstands dienen. So existiert zwischen beiden eine inhärente Beziehung. Der Verlag kann z.B. als eine Eigenschaft eines Buchs dienen.

#### *Teil-Ganze-Beziehung (Aggregationsbeziehung, Besteht-aus-Beziehung):*

**Die Teil-Ganze-Beziehung** drückt die „besteht-aus-Beziehung“ zwischen Teilen und ihrem Ganzen aus (Abbildung 10). Ein Gegenstand kann aus weiteren Gegenständen zusammengesetzt sein. Ein Straßenfahrzeug besteht z.B. aus einem Motor, einer Karosserie und einem Fahrwerk, dieses wiederum aus einer Anzahl von Rädern. Dieser Beziehungstyp wird wie unten graphisch repräsentiert. Auf beiden Seiten der Aggregationsbeziehung kann die Anzahl der Gegenstände für diese Beziehung definiert werden. Mögliche Typen der Beziehung (Kardinalität) sind 1:1-, 1:N-, und M:N-Beziehungen. Ein Auto besteht z.B. aus genau einer Karosserie, einem Motor, einem Getriebe usw.

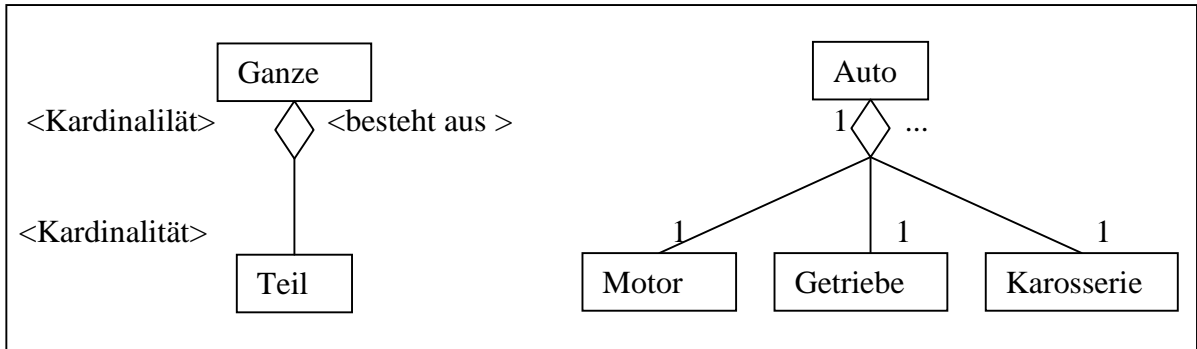


Abbildung 10: Teil-Ganze-Beziehung

Man unterscheidet den einfachen Teil vom zusammengesetzten Teil, die component-of-Beziehung von der part-of-Beziehung. Die component-of-Beziehung besteht zwischen einem einfachen Teil und seinem zusammengesetzten Teil, die part-of-Beziehung zwischen zusammengesetzten Teilen in einem Ganzen (Abbildung 11).

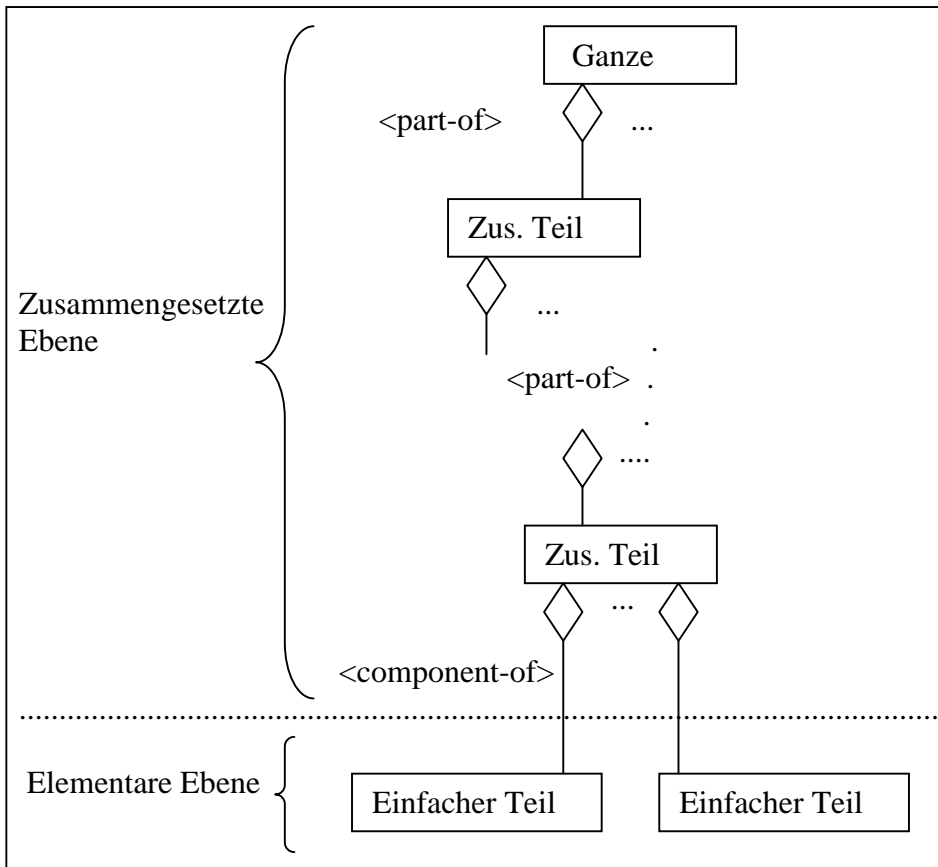


Abbildung 11: Struktur eines komplexen Gegenstands

Die Begriffe einer Teil-Ganze-Hierarchie besitzen also eine andere Struktur im Vergleich zu der Struktur der Art-Gattung-Hierarchie. Die Stärke der Art-Gattung-Hierarchie liegt bei der Vererbung der Merkmale von einem Gattungsbegriff an die Artbegriffe. Die Stärke der Teil-Ganze-Hierarchie liegt bei der gemeinsamen Nutzung des Objekts selbst. Denn ein Objekt kann Teil verschiedener Objekte sein (Abbildung 12).



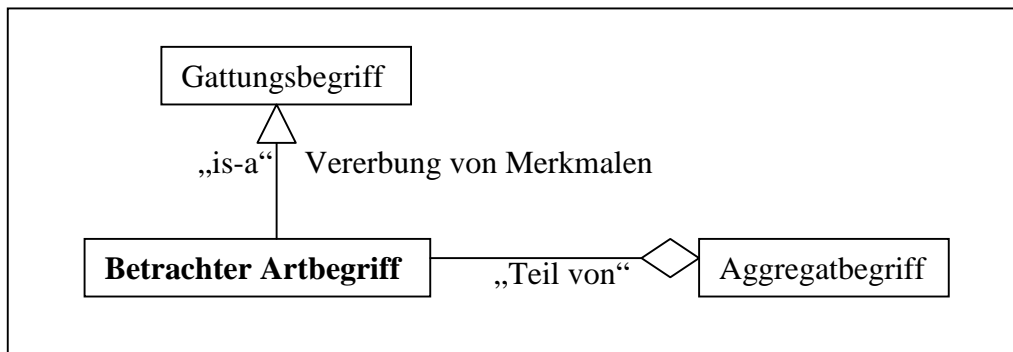
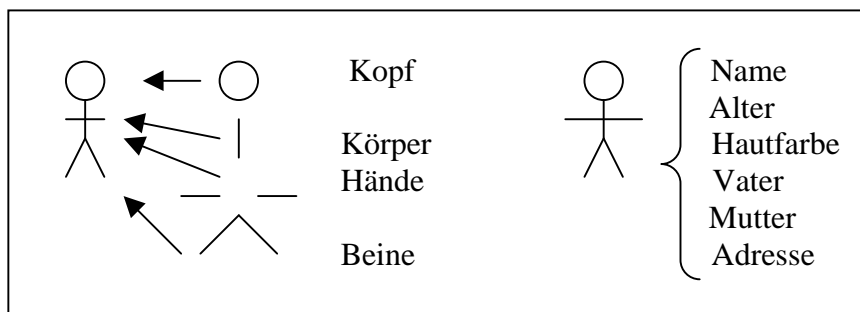


Abbildung 12: Zwei Möglichkeiten der Wiederverwendbarkeit

Die Teile eines Gegenstandes können auch als Eigenschaften dieses Gegenstandes aufgefaßt werden. Ein Gegenstand kann nicht nur als Aggregation seiner Teile, sondern auch als Aggregation seiner Eigenschaften aufgefaßt werden.



Person als physische Aggregation von Teilen und als Aggregation von Eigenschaften

Bezeichnet man die echte Besteht-aus-Beziehung mit  $\mu$ , dann hat  $\mu$  folgende Eigenschaften:

Transitiv:  $((A \mu B) \wedge (B \mu C)) \rightarrow (A \mu C)$

Irreflexiv:  $\sim(A \mu A)$

Asymmetrisch:  $(A \mu B) \rightarrow \sim(B \mu A)$

*Element-Menge-Beziehung:*

**Die Elementbeziehung** drückt die Zugehörigkeit eines Gegenstands zu einer Menge aus und hat folgende Eigenschaften:

Irreflexiv:  $\sim(a \in a)$

Asymmetrisch:  $(a \in A) \rightarrow \sim(A \in a)$

Element-Menge-Beziehung ist von der **Teil-Menge-Beziehung** zu unterscheiden. Menge A ist eine Teilmenge von B, genau dann wenn,  $\forall x: x \in A \rightarrow x \in B$ . Für echte Teil-Menge-Beziehung gilt:

Transitiv:  $A \subset B \wedge B \subset C \rightarrow A \subset C$

Irreflexiv:  $\sim(A \subset A)$

Asymmetrisch:  $A \subset B \rightarrow \sim(B \subset A)$

Um die Darstellung der obengenannten Beziehungsformen nicht zu erschweren, verzichte ich auf ihren Formalismus. In [Degen 1998] findet man eine vereinigte Axiomatisierung solcher Beziehungsstrukturen.

*Assoziationsbeziehung* (Rollenbeziehung, horizontale Beziehung, funktionale Beziehung):

**Eine Assoziationsbeziehung** beschreibt eine funktionale Abhängigkeit zwischen zwei oder mehreren Gegenständen (Abbildung 13). Für diese Beziehung können auch Kardinalität angegeben werden. Eine Assoziationsbeziehung besteht z.B. zwischen einem Fahrzeug und

einer Person, die die Besetzung des Fahrzeuges mit der Person als Fahrer ausdrückt. Zwischen zwei Gegenständen können mehrere Assoziationsbeziehungen bestehen.

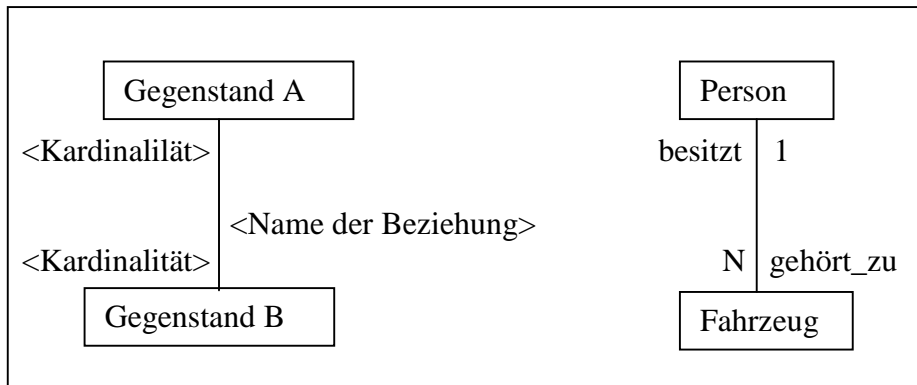


Abbildung 13: Assoziationsbeziehung

*Is-a-Beziehung* (Vererbungsbeziehung, vertikale Beziehung):

Is-a-Beziehung bedeutet nicht im Sinne einer Beziehung eines realen Gegenstandes zu einem anderen realen Gegenstand wie bei der Teil-Ganze-Beziehung oder bei der Assoziationsbeziehung. Is-a-Beziehung ist die Beziehung zwischen den Begriffen, d.h. zwischen verschiedenen Abstraktionsstufen eines Gegenstands (*Abbildung 14*). Sie kann nicht erlebt, sondern nur gedacht werden [Lerch 1992]. Deshalb wird diese Art der Beziehung in der Begriffsebene behandelt.

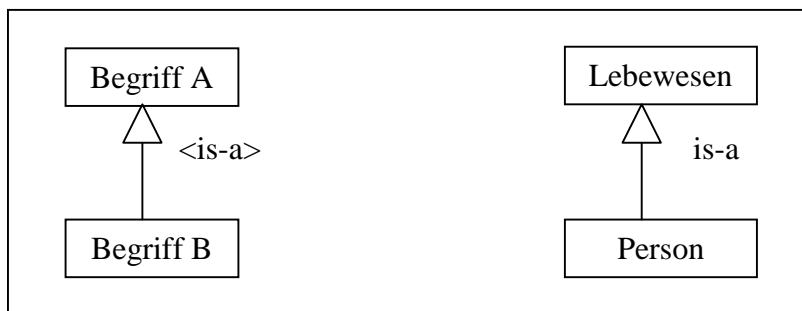


Abbildung 14: is-a-Beziehung

In der Logik werden Werteigenschaften und Aktionseigenschaften durch einstellige Prädikate, z.B. Rot(x) oder Fliegen(x), und Beziehungseigenschaften durch mehrstellige Prädikate, z.B. Vater(X,Y), dargestellt.

### 2.3.5 Zusammenfassung

Eigenschaften eines Gegenstandes können sich gleichzeitig nach verschiedenen Einteilungssichten einteilen lassen (*Abbildung 15*).

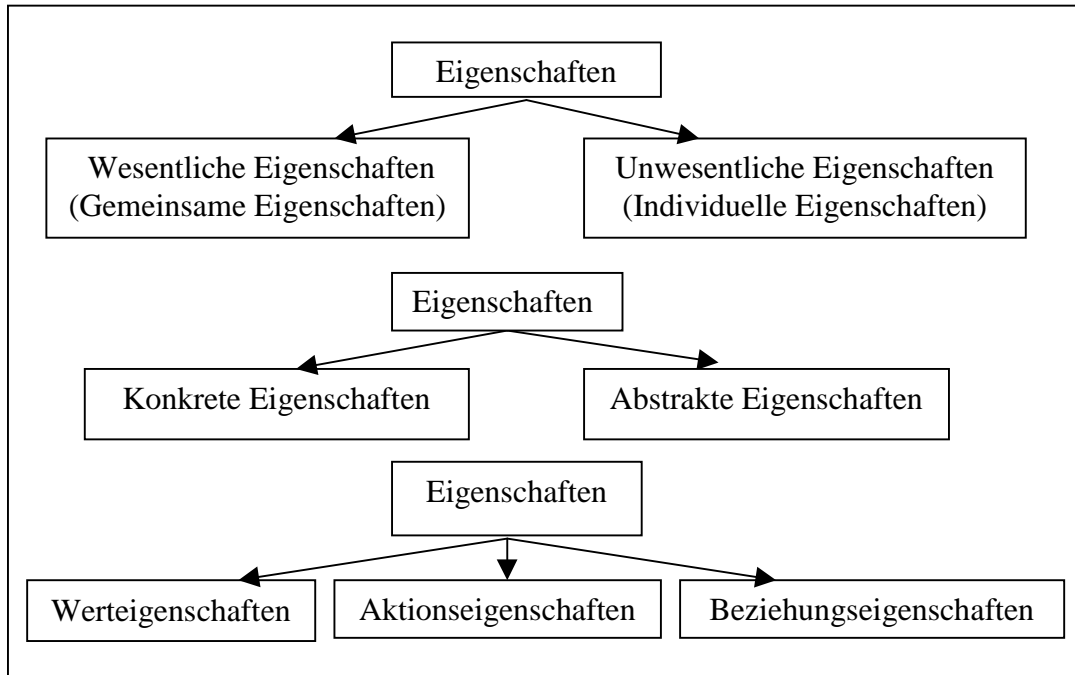


Abbildung 15: Eigenschaften werden nach verschiedenen Sichten klassifiziert

Aufgrund der Eigenschaftseinteilung wird eine Eigenschaftsstruktur des Gegenstands konstruiert (Abbildung 16). Dabei verzichten wir auf weitere Einteilungen der unwesentlichen Eigenschaften, da sie nicht in die Struktur des Begriffs eingehen und somit sie für die Modellierung der Gegenstände keine Rolle spielen.

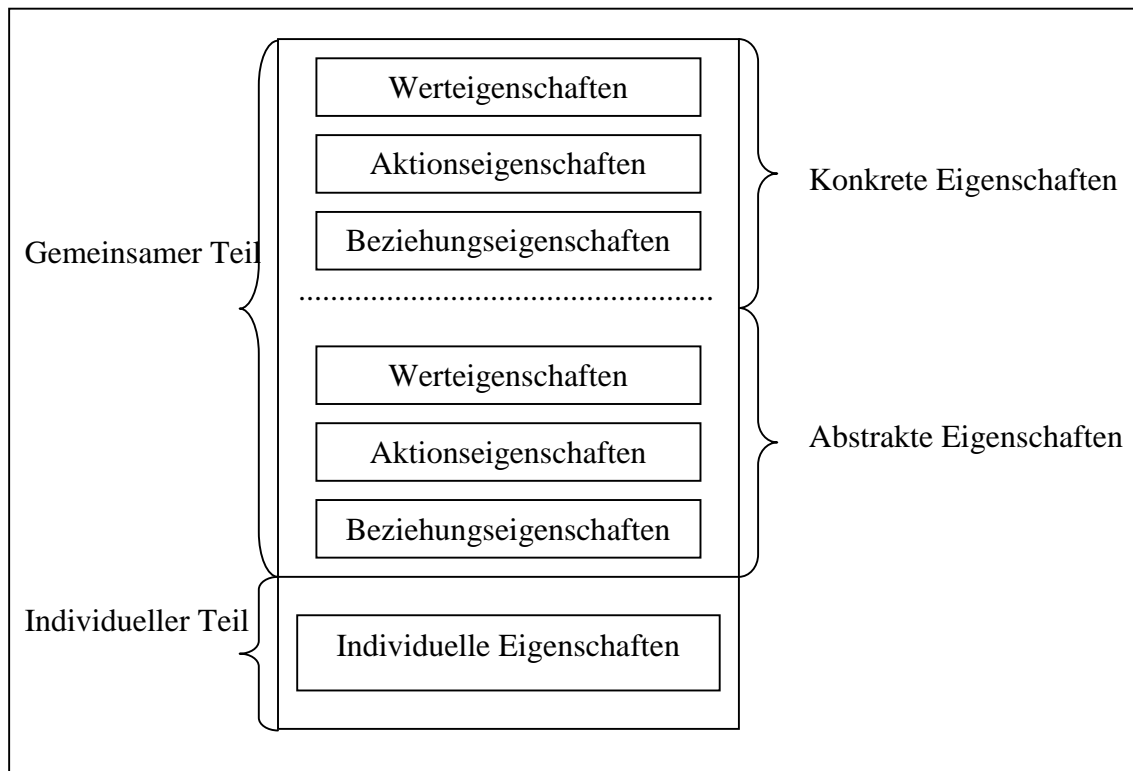


Abbildung 16: Eigenschaftsstruktur eines Gegenstandes

Aristoteles bezeichnet wesentliche Werteigenschaften als **Attribute**, unwesentliche Werteigenschaften als **Akzidenzien**.

## 3 Grundbegriffe der Begriffsebene

### 3.1 Begriffsbildung, Erkenntniswege, Universalienstreit

#### 3.1.1 Begriffsbildung

Warum bilden wir die Begriffe? In der Wirklichkeit gibt es eine unzählige Menge von einzelnen Gegenständen. Es ist unpraktisch, jedem Gegenstand einen Namen zu geben. Die Menschen bilden Begriffe, um gleich über alle Gegenstände, die gemeinsame Eigenschaften besitzen, reden zu können. Damit reduzieren wir eine Quantität von Gegenständen, Eigenschaften, Beziehungen bzw. Ereignissen, die nicht zu bewältigen ist. Ohne Begriffe wären wir wegen der geringen Kapazität des Gehirns von der Vielfalt der Welt weit überfordert. Außerdem geben uns die Begriffe die Möglichkeit, Wissen über Gegenstände zu speichern, neue Gegenstände zu erkennen. Auch helfen uns die Begriffe, Gegenstände der Wirklichkeit zu ordnen, verschiedene Arten von Gegenständen zu unterscheiden. Begriffsbildung ist also notwendig zur Erfassung und Bewältigung von Umweltsituationen. Begriffe lassen sich als Klassifikationen von Gegenständen nach gemeinsamen Eigenschaften verstehen [Lerch 1992].

Die Begriffsbildung ist ein kognitiver Prozeß der Mustererkennung, die auf der Analyse von Eigenschaften von Gegenständen beruht. Sie ist ein komplizierter Prozeß des Übergangs von der sinnlichen Empfindung, Wahrnehmung und Vorstellung zur abstrakten Abbildung des Allgemeinen im Denken (*Abbildung 17*). Die unterste Stufe der Begriffsbildung, die sinnliche Stufe, bilden die Empfindung, Wahrnehmung und Vorstellung. Sie stellen noch keine Erkenntnis des Gegenstandes dar.

Die Empfindung ist nur das sinnliche Abbild einzelner Eigenschaften von Gegenständen, das im Ergebnis der unmittelbaren Einwirkung von Gegenständen der Wirklichkeit auf die Sinnesorgane entsteht. Mit Hilfe der Empfindung nimmt der Mensch z.B. solche Eigenschaften der Gegenstände wahr wie Farbe, Geruch, Härte, Schwere, Temperatur, Form. Als Widerspiegelung der Gegenstände dient die Empfindung als Quelle des Wissens von den Gegenständen. Empfindungen liefern das Material für die anderen Sinnesabbilder, für die Wahrnehmung und Vorstellung, sowie für die höchste Stufe der Erkenntnis, die Begriffe.

Die Wahrnehmung ist ein komplizierteres sinnliches Bild als die Empfindung. Während eine Empfindung nur einzelne Eigenschaften eines Gegenstandes widerspiegelt, stellt die Wahrnehmung die unmittelbare Widerspiegelung dieses Gegenstandes im ganzen dar. Anhand der einzelnen Empfindungen nimmt unser Erkenntnisapparat eine Konstruktion oder besser eine hypothetische Rekonstruktion des Gegenstandes vor. Diese Rekonstruktion erfolgt in der Wahrnehmung im wesentlichen unbewußt [Vollmer 1990]. Blickt man auf einen Baum, so bemerkt man nicht nur seine einzelnen Eigenschaften, z.B. die Farbe, die Form der Blätter, sondern nimmt ihn auch als einen bestimmten Gegenstand wahr, der sich von anderen Bäumen unterscheidet. Jede Wahrnehmung schließt Empfindungen ein, ist aber nicht einfach die Summe der einzelnen Empfindungen. In der Wahrnehmung wird aus der Menge der einzelnen Empfindungen ein einheitliches Bild entstehen.

Die Vorstellung ist eine höhere Form der Erkenntnis als die Empfindung und Wahrnehmung. Die Vorstellung ist ein sinnliches einheitliches Abbild der Gegenstände mit ihren Eigenschaften, die in der Vergangenheit auf die Sinnesorgane eingewirkt haben. Im Unterschied zur Wahrnehmung ist die Vorstellung kein unmittelbares Abbild gegenwärtig auf die Sinnesorgane einwirkender Gegenstände, sondern ein reproduziertes Wahrnehmungsbild früher wahrgenommener Gegenstände. Die Vorstellung gehört wie Empfindung und Wahrnehmung zu den anschaulichen Erkenntnisformen, den sinnlichen Abbildformen, da sie sich aus sinnlich anschaulichen Elementen aufbaut, aber als reproduziertes Abbild unterscheidet sich die Vorstellung von der Wahrnehmung durch ihren vermittelten Charakter,

der zugleich eine größere bewußte Aktivität einschließt. Je nachdem bei der Vorstellung frühere Wahrnehmungen mehr oder minder getreu wiedererweckt oder deren Elemente in freier Weise kombiniert werden, spricht man von Gedächtnis- oder Phantasiebildern oder subjektiven Anschauungsbildern [Brugger 1992]. Es ist also auch möglich, nicht real existierende Gegenstände vorzustellen wie etwa ein geflügeltes Pferd [Leisegang 1973]. Da die Vorstellung nicht mehr unmittelbar mit dem Gegenstand der Wirklichkeit verbunden ist, gestattet sie bereits eine gewisse Verallgemeinerung, das Weglassen weniger wichtiger Eigenschaften und das Hervorheben wichtiger Eigenschaften. Diese sinnliche Verallgemeinerung macht die Vorstellung zum Bindeglied zwischen Wahrnehmung und Begriff. Aufgabe der Erkenntnis ist das Herausfinden des Allgemeinen, des Wesentlichen. Das wird auf der zweiten Stufe, der höchsten Stufe der Erkenntnis, erreicht, wenn die Fähigkeit des Denkens, die Abstraktion einsetzt. Ergebnisse dieser Stufe sind Begriffe.

Die Begriffsbildung beruht auf Beobachtung, Experiment, Abstraktion, Verallgemeinerungen und induktiven Schlüssen. Begriffe sind keine unmittelbare totale Widerspiegelung, sondern abstrakte Vorstellungen von Gegenständen. Abstrakte Vorstellungen sind Vorstellungen, denen keine sinnliche Anschauung entspricht. Die sinnliche Anschauung als Empfindung, Wahrnehmung, Vorstellung ist von großer Bedeutung für die Begriffsbildung. Kant behauptet: „Vermittels der Sinnlichkeit also werden uns Gegenstände gegeben, und sie allein liefern uns Anschauungen; durch den Verstand aber werden sie gedacht und von ihm entspringen Begriffe“ [Kant]. Für Kant sind Anschauungen ohne Begriffe blind und Begriffe ohne Anschauung sind leer. „Der Begriff ist der Anschauung entgegengesetzt, denn er ist eine allgemeine Vorstellung, oder eine Vorstellung dessen, was mehreren Objekten gemein ist, also eine Vorstellung, sofern sie in verschiedenen enthalten sein kann“. Kant unterscheidet reine und empirische Begriffe: Reine Begriffe werden mittels einer besonderen geistigen Anschauung gewonnen „Ein reiner Begriff ist ein solcher, der nicht von der Erfahrung abgezogen ist, sondern auch dem Inhalt nach aus dem Verstande entspringt.“. Er ordnet die Erfahrung und ermöglicht die Erkenntnis der in der Erfahrung gegebenen Gegenstände. Empirische Begriffe werden aus der sinnlichen Erfahrung gewonnen. „Der empirische Begriff entspringt aus den Sinnen durch Vergleichung der Gegenstände der Erfahrung und erhält durch den Verstand bloß die Form der Allgemeinheit“ [Kant].

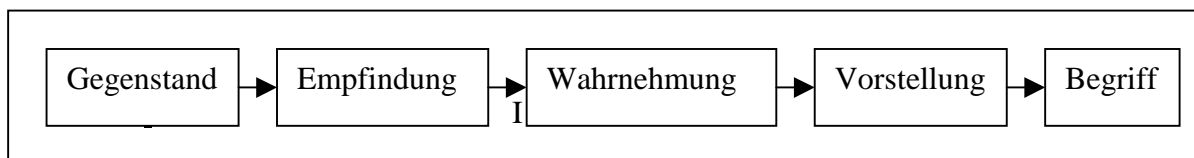


Abbildung 17: Stufen der empirischen Begriffsbildung

Quelle für Begriffe ist die Wirklichkeit. Begriffe entstehen im Ergebnis der Einwirkung der Gegenstände der Wirklichkeit auf unsere Sinnesorgane. Begriffe können außerhalb der Wirklichkeit und ohne sie nicht entstehen.

Die Begriffe erscheinen nicht in endgültigen Formen, sind nicht für allemal gegeben und konstant, sondern sie werden im Laufe der Entwicklung des Wissens sowohl in ihrem Inhalt als auch in ihrem Umfang wesentlich verändert. Sie sind also nicht statisch, sondern beweglich, um die sich verändernde Realität entsprechend der sich vertiefenden Erkenntnis immer adäquater abbilden zu können. In Gegenständen werden immer neue wesentliche Eigenschaften entdeckt. Daher vervollkommen sich die Begriffe von diesen Gegenständen. Die Inhalte der Begriffe werden reicher. Je umfassender und tiefer die Erkenntnis von den Gegenständen ist, desto vollständiger, richtiger sind die Begriffe.

Der Begriff benötigt als ideelles Gebilde stets eine sprachliche Existenzform. Wie die Sprache die sprachliche Existenzform des Denkens ist, so bildet das Wort die sprachliche Existenzform oder den sprachlichen Ausdruck des Begriffs. Mit dem Wort kann man den Begriff fixieren. Dem Wort ist ein bestimmter Vorstellungsinhalt zugeordnet. Die Zuordnung zwischen einem Wort und dem, wofür es steht, legt also die Begriffsbedeutung fest. Das Wort ist also der Träger des Begriffs. Obwohl der Begriff untrennbar mit dem Wort verbunden, ist er mit dem Wort nicht identisch. Dabei zu beachten, daß es auch Wörter mit gleicher Bedeutung (Synonyme) und Wörter mit mehreren Bedeutungen (Homonyme) gibt. In einem Dreieck läßt sich das Verhältnis zwischen Wort, Begriff und Gegenstand darstellen (Abbildung 18).

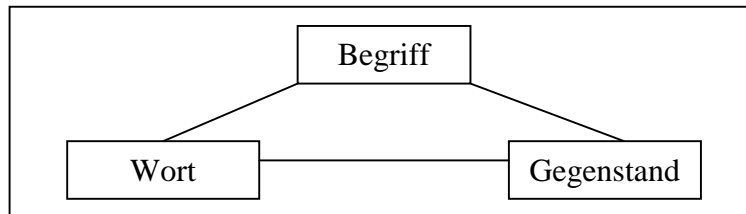


Abbildung 18: Verhältnis zwischen Wort, Begriff und Gegenstand

Es gibt andere Autoren, die die Begriffsbildung als einen Prozeß sehen, dem eine Ordnung von Gegenständen nicht nach gemeinsamen Eigenschaften, sondern nach der Funktionsweise und dem Verwendungszweck von Gegenständen zugrunde liegt. Man betrachtet einen „Stuhl“ nicht als solchen, weil er vier Beine hat, sondern weil man auf ihm Platz nehmen kann [Banyard 1995].

Menschen bilden auch Begriffe, in dem sie nicht Merkmalsanalyse einsetzen, die auf einer Abstraktion von Eigenschaften beruht, sondern man memoriert Beispiele eines Begriffs und vergleicht diese mit neuen Gegenständen, um zu entscheiden, ob der neue Gegenstand zu dem jeweiligen Begriff gehört [Wessells 1994].

### 3.1.2 Erkenntniswege

Es gibt zwei Grundtypen von Methoden der Erkenntnis: induktive und deduktive Methoden.

#### **Induktion:**

Unter Induktion versteht Aristoteles jeden Erkenntnisprozeß, der vom Einzelnen zum Allgemeinen führt. Ausgangspunkt ist die Beobachtung empirischer Phänomene. Man beschreibt und klassifiziert diese Phänomene und sammelt Beobachtungsmaterial. Auf Grund des Beobachtungsmaterials nimmt man Verallgemeinerungen vor. Wenn man z.B. wieder und wieder bei einzelnen Menschen beobachtet hat, daß sie sterblich sind, und daraus folgert, daß alle Menschen sterblich seien, so verallgemeinert man vom Einzelnen zum Allgemeinen, d.h. man vollzieht eine Induktion. In Formen: aus den Prämissen  $P(a)$ ,  $P(b)$ ... folgt die Konklusion  $\forall x P(x)$ . Aufgrund der Schlußrichtung vom Einzelfall zum Allgemein sind induktive Schlüsse nie vollständig sicher, sondern weisen stets einen hypothetischen Charakter auf. Wenn die Prämissen wahr sind, so ist die Konklusion noch nicht mit Notwendigkeit wahr. Auch wenn wir 1000 oder mehr schwarze Raben beobachtet haben, können wir nur überzeugt, nicht jedoch sicher sein, daß alle Raben schwarz sind. Die Konklusion kann falsch sein, nämlich dann, wenn sie durch die Erfahrung widerlegt, d. h. falsifiziert wird. Keine Konklusion eines induktiven Schlusses muß wahr sein, da keine Konklusion eines induktiven Schlusses verifiziert werden kann. Um sie zu verifizieren, müßte man alle zukünftigen Beispiele, d. h. der Möglichkeit nach unendlich viele, anführen können. Das ist aber unmöglich. Die induktive Methode hat große Bedeutung für das alltägliche Leben. Mit ihrer Hilfe kann man

zu neuen Erkenntnissen gelangen. Bei induktiver Methode werden Analogien (Ähnlichkeit) verwendet. Analogie ist die Bezeichnung für die Übereinstimmung zweier oder mehrerer Gegenstände bezüglich bestimmter Eigenschaften. Die Analogie wird als eine mehrstellige Relation aufgefaßt. Gegenstände können nur dann verglichen werden, wenn es zwischen ihnen Ähnlichkeiten gibt. Die Analogien haben große Bedeutung für den Erkenntnisprozeß, da sie oft auf wesentliche Eigenschaften hindeuten. Analogien sind die Grundlage für den Analogieschluß, für die Bildung von Modellen. Der Analogieschluß ist ein Schluß darüber, daß der untersuchte Gegenstand möglicherweise noch eine Eigenschaft X hat, da seine übrigen uns bekannten Eigenschaften den Eigenschaften eines anderen Gegenstandes ähnlich sind, der außerdem auch die Eigenschaft X hat. Mit anderen Worten: Der Analogieschluß ist ein Schlußverfahren, bei dem von der Ähnlichkeit verschiedener Gegenstände in bestimmten Eigenschaften auf ihre Ähnlichkeit auch in anderen Eigenschaften geschlossen wird.

Schematisch wird der Analogieschluß vom Gegenstand A auf den Gegenstand B so dargestellt:

A hat die Eigenschaften a, b, c, x

B hat die Eigenschaften a, b, c

---

Wahrscheinlich hat B auch die Eigenschaft x

Der Gegenstand, der das unmittelbare Untersuchungsobjekt ist, wird Modell genannt, und der Gegenstand, auf den die durch die Untersuchung des Modells erlangte Information übertragen wird, heißt Original. Davon ausgehend wird ein Analogieschluß als Relation zwischen einem Modell und seinem Original definiert. Ein Analogieschluß ist der Schluß vom Modell auf das Original. Schematisch wird der Analogieschluß vom Modell auf das Original so dargestellt:

Modell von B hat die Eigenschaft x

---

Wahrscheinlich hat B auch die Eigenschaft x

Von Induktion sind Abduktion und Deduktion zu unterscheiden. Die Abduktion ist diese Schlußweise:

$(A \rightarrow B, B) \rightarrow A$ .

Die Induktion und Abduktion spielen beim Schließen im täglichen Leben eine bedeutende Rolle, in der Logik und Mathematik jedoch nicht, weil sie unsicher sind. In der Logik steht die Deduktion im Vordergrund

### **Deduktion:**

Dem Begriff der Induktion steht bei Aristoteles noch der gegengerichtete Begriff der Deduktion gegenüber. Hierbei ist eine Deduktion für Aristoteles jeder Erkenntnisprozeß, der im Gegensatz zur Induktion vom Allgemeinen zum Einzelnen führt. Bei der deduktiven Methode werden logische Schlußregeln verwendet.

Ein Beispiel für ein deduktives Argument, das aus zwei Prämissen und eine Konklusion besteht.

Alle Menschen sind sterblich

Sokrates ist ein Mensch

---

Sokrates ist sterblich

Für deduktive Argumente gilt:

Wenn alle Prämissen wahr sind und der Schluß nach gültigen Regeln gezogen wird, dann ist auch die Konklusion mit Notwendigkeit wahr. Die Konklusion eines gültigen deduktiven Arguments bewahrt so die Wahrheit der Prämissen auf. So bewahrt die Konklusion „Sokrates ist sterblich“ die Wahrheit der Prämissen „Alle Menschen sind sterblich“ und „Sokrates ist ein Mensch“ auf.

Von der Wahrheit der Prämissen und Konklusion ist aber die Gültigkeit des Arguments zu unterscheiden. Die Wahrheit bezieht sich auf Prämissen oder auf Konklusion, die Gültigkeit auf das Argument, das aus Prämissen und Konklusion besteht. Die Gültigkeit beruht auf der logischen Beziehung zwischen Prämissen und Konklusion, nicht auf deren Wahrheit. Ein deduktives Argument ist dann gültig, wenn die Bejahung der Prämissen und die Verneinung der Konklusion einen logischen Widerspruch zwischen Prämissen und Konklusion ergibt. Ein logischer Widerspruch ist die Verknüpfung einer Aussage mit der Verneinung dieser Aussage.

Das Wissen, das wir durch Konklusion eines gültigen deduktiven Arguments gewinnen, ist in den Prämissen auf verborgene Art und Weise enthalten. Das heißt aber nicht, daß diese Schlußfolgerung nicht unser Wissen erweitert.

### 3.1.3 Universalienstreit

#### **Beziehung zwischen den Einzelgegenständen und dem Begriff:**

Der Begriff stellt das Allgemeine von Einzelgegenständen dar. Das Allgemeine ist dasjenige, was verschiedenen Einzelgegenständen gemeinsam ist. Aristoteles bestimmt das Allgemeine als „*das, was seiner Natur nach mehreren Gegenständen zukommt*“ [Aristoteles]. Zu den Universalien zählen nicht nur Substantive wie „Mensch“ „Haus“, ... sondern auch Adjektive wie „groß“, „alt“, „rot“... Diese Wörter werden auch von mehreren Gegenständen ausgesagt.

Der Einzelgegenstand ist der Zahl nach Eines, d.h. der Stoff aus dem es ist, ist einer. Es ist aber auch der Art nach Eines. Das Allgemeine ist der Art nach Eines, aber es muß nicht der Zahl nach Eines sein, kann es aber. Das Allgemeine ist der Art nach unteilbar. Das Allgemeine begründet Wissen und Erkenntnis. Von den Einzelgegenständen gibt es Erkenntnis nur, insofern an ihnen ein Allgemeines vorliegt. An sich aber sind sie unerkennbar. Erkenntnis und Wissenschaft gehen auf das Allgemeine. Ohne Einzelgegenstände geht das Allgemeine und damit die Wissenschaft ins Leere, ohne das Allgemeine bleibt der Einzelgegenstand der wissenschaftlichen Erkenntnis entzogen.

Sei G die Menge aller Eigenschaften eines Gegenstandes, B die Menge aller Merkmale des Begriffs, zu dem der Gegenstand gehört, dann gilt  $B \subset G$ . Denn B enthält nur die wesentlichen Eigenschaften des Gegenstandes. G enthält außer wesentlicher Eigenschaften noch unwesentliche Eigenschaften.

In Verbindung mit der Frage nach der Existenz des Allgemeinen entstand der Universalienstreit.

#### **Der Universalienstreit:**

Die Frage, die zum Gegenstand des Universalienstreits wurde, ist die, ob neben den konkreten Einzelgegenständen der realen Welt auch ideelle (ideale) Gegenstände existieren, bzw. ob die idealen Gegenstände selbständig und unabhängig von den konkreten Einzelgegenständen existieren. Weiterhin fragte man nach der Beziehung zwischen den Universalien und den Einzelgegenständen. Im Universalienstreit lassen sich drei Hauptpositionen unterscheiden: der Realismus, der Konzeptualismus und der Nominalismus. Nach der Position des Realismus existiert das im Allgemeinbegriff ausgedrückte Allgemeine real. Beim Realismus unterscheidet man wieder zwischen platonischer und aristotelischer



Position. Nach der platonischen Position existiert das Allgemeine unabhängig und vor den Einzelgegenständen. Nach der aristotelischen Position existiert das Allgemeine abhängig und in den Einzelgegenständen. Nach der Position des Konzeptualismus ist das Allgemeine ein durch Abstraktion von den Einzelgegenständen gewonnener Allgemeinbegriff; das Allgemeine gibt es daher nur in unserem Denken und nach den Einzelgegenständen. Nach der Position des Nominalismus ist das Allgemeine nur ein Wort (ein Name für Gemeinsames); es gibt nur Einzelgegenstände, das Allgemeine gibt es nur im Denken und nach den Einzelgegenständen.

## 3.2 Begriffsinhalt, Begriffsumfang, Reziprozitätsgesetz

Im Begriff müssen Extension und Intension unterschieden werden.

### 3.2.1 Der Begriffsinhalt

Unter dem Begriffsinhalt, der Begriffsintension, versteht man die Menge der wesentlichen Eigenschaften von Gegenständen, die zur Begriffsbildung dienen. Formal:

$$I(B) =_{def} \{E \mid E \text{ ist eine wesentliche Eigenschaft}\} \equiv B$$

Wobei

B ist der Begriff.  $I(B)$  repräsentiert den Begriffsinhalt.

Anstatt von wesentlichen Eigenschaften des Gegenstands sprechen wir von Merkmalen des Begriffs:  $I(B) =_{def} \{M \mid M \text{ ist ein Merkmal}\}$ , wobei M die Abbildung einer wesentlichen Eigenschaft des Gegenstandes ist.

Wenn wir uns nicht für den Begriffsinhalt interessieren, sondern den Begriff als atomar auffassen möchten, d.h. den Begriff als Gesamtheit seiner Merkmale verstehen möchten, dann benutzen wir anstelle der Aufzählung der Merkmale des Begriffs den Begriffsnamen  $B$ . Somit gilt:  $B(x) \equiv \{M(x) \mid M \text{ ist ein Merkmal}\}$ .

Der Inhalt dient zur Bestimmung der Klassenzugehörigkeit. Ein Gegenstand wird erkannt als ein Exemplar eines Begriffs, wenn der Inhalt des Begriffs den Gegenstand abdeckt. Wenn ein Gegenstand zu einem Begriff gehört, so hat er die Eigenschaften, die die Gegenstände dieses Begriffs besitzen [Rosch 1973].

Beispiel für Begriffsinhalt: Der Inhalt des Begriffs „Mensch“ ist die Menge aller Eigenschaften  $E$ , die für alle Menschen gelten, (z.B. vernünftiges Lebewesen usw.), die unter den Umfang von „Mensch“ fallen.

Ein Begriff kann bei einem nicht leeren Inhalt einen leeren Umfang haben. Begriffe ungleicher Inhalte können gleiche Umfänge haben z.B. „Abendstern“ und „Morgenstern“. Sie werden äquale, äquipollente oder auch **Wechselbegriffe** genannt. Die Begriffe mit gleichem Inhalt und folglich gleichem Umfang heißen **identische Begriffe**. Die Bestimmung des Begriffsumfangs erfordert die vollständige Aufzählung aller Gegenstände  $x_i$  mit den entsprechenden Eigenschaften  $E_1, E_2, \dots, E_n$  ( $x_1$  mit  $E_1, E_2, \dots, E_n$  &  $x_2$  mit  $E_1, E_2, \dots, E_n$  & .. &  $x_n$  mit  $E_1, E_2, \dots, E_n$ ). Die Festlegung des Begriffsinhalts verlangt die erschöpfende Aufzählung aller wesentlichen Eigenschaften  $E_1, E_2, \dots, E_n$  von dem Gegenstand  $x$  ( $E_1(x) \& E_2(x) \& \dots \& E_n(x)$ ).

Zum Erfassen eines Begriffs genügt es nicht, den Begriffsinhalt aufzudecken, d.h. durch die Begriffsdefinition die in dem Begriff wesentlichen Eigenschaften der Gegenstände anzugeben, auch der Begriffsumfang muß bestimmt werden, d.h. jene Klasse von Gegenständen, die in diesem Begriff wiedergegeben ist.

Bei unendlich großen Individuen- oder Eigenschaftsbereichen lassen sich Begriffe offenkundig nicht vollständig extensional oder intensional bestimmen.

### 3.2.2 Der Begriffsumfang

Unter dem Begriffsumfang, der Begriffsextension, versteht man die Menge aller Gegenstände, auf die jene Eigenschaften zutreffen, die den Begriffsinhalt ausmachen. Formal:

$$U(B) =_{def} \{x \mid E_1(x) \wedge E_2(x) \wedge \dots \wedge E_n(x)\} \equiv \{x \mid B(x)\}$$

Wobei

$U(B)$  repräsentiert den Begriffsumfang.

$x$  ist das Element einer Menge.

$E_i(x)$ :  $x$  hat die Eigenschaft  $E_i$ .

$B(x)$ :  $x$  hat die Eigenschaft  $B$ ,  $B$  ist die Menge der Eigenschaften und wird als atomar aufgefaßt.

Der Begriffsumfang kennzeichnet bzw. definiert also seinen Anwendungsbereich. Beispiele für Begriffsumfang: Der Umfang des Begriffs „Tisch“ ist die Menge aller Tische. Der Umfang des Begriffs „rot“ ist die Menge aller roten Gegenstände.

Der Umfang eines Begriffs kann sich im Laufe der Zeit ändern oder konstant bleiben. Er kann eine leere Menge, z.B.  $U(\text{Pegasus}) = \{\}$ , eine Menge mit einem Element, z.B.  $U(\text{gegenwärtiger Präsident von USA})$ , eine endliche Menge, z.B.  $U(\text{Studenten einer Seminargruppe})$ , oder eine unendliche Menge, z.B.  $U(\text{natürliche Zahlen})$  sein. Individualbegriffe und Eigennamen haben einen Umfang von 1. Die Klassenbegriffe wie z.B. „Freiheit“, „Gerechtigkeit“ usw. haben einen unendlichen Umfang.

Bei endlichem Umfang kann man einen Begriff statt inhaltlich durch seine Merkmale auch umfangsmäßig bestimmen durch Aufzählung der Gegenstände, die unter ihn fallen [Menne 1992].

Da Begriffsumfänge Mengen sind, haben sie auch Mengenoperationen wie Vereinigung, Durchschnitt, Differenz.

#### Umfangsoperationen:

##### Vereinigung:

$M \cup N =_{def} \{x \mid x \in M \vee x \in N\}$  (Menge aller  $x$ , für die gilt,  $x$  ist Element von  $M$  oder  $x$  ist Element von  $N$ )

Beispiel:  $M$  sei der Umfang des Begriffs „Musiker“ und  $N$  sei der Umfang des Begriffs „Rosenzüchter“. Durch Vereinigung ergibt sich der Vereinigungsumfang  $M \cup N$ , d.h. die Menge aller, die Musiker, Rosenzüchter oder beides sind.

##### Durchschnitt:

$M \cap N =_{def} \{x \mid x \in M \wedge x \in N\}$  (Menge aller  $x$ , für die gilt,  $x$  ist Element von  $M$  und  $x$  ist Element von  $N$ )

Beispiel:  $M$  sei der Umfang des Begriffs „Musiker“ und  $N$  sei der Umfang des Begriffs „Rosenzüchter“. Durch Durchschnitt ergibt sich der Durchschnittsumfang  $M \cap N$ , d.h. die Menge aller, die Musiker und Rosenzüchter sind.

##### Differenz:

$M \setminus N =_{def} \{x \mid x \in M \wedge x \notin N\}$  (Menge aller  $x$ , für die gilt,  $x$  ist Element von  $M$  und  $x$  ist nicht Element von  $N$ )

Beispiel:  $M$  sei der Umfang des Begriffs „Rechtecke“ und  $N$  sei der Umfang des Begriffs „Quadrate“. Die Rechtecke, die keine Quadrate sind, bilden die Differenzmenge  $M \setminus N$ .

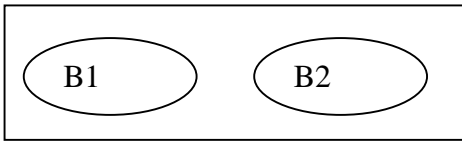
##### Umfangvergleich:

Man kann Begriffe extensional miteinander vergleichen. Folgende Situation können vorkommen:

Zwei Begriffe  $B_1$  und  $B_2$  sind **extensional disjunkt**, wenn gilt:

$\sim \exists x: B1(x) \wedge B2(x)$

Im Mengendiagramm:

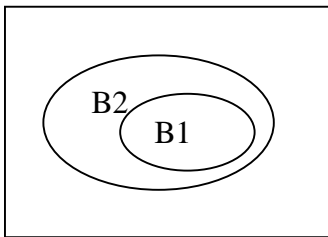


Beispiel für Disjunktion:  $B1 = \text{„Tisch“}$ ,  $B2 = \text{„Student“}$

Zwei Begriffe  $B1$  und  $B2$  stehen im Verhältnis der **Subordination**, wenn gilt:

$\forall x: B1(x) \rightarrow B2(x)$

Im Mengendiagramm:

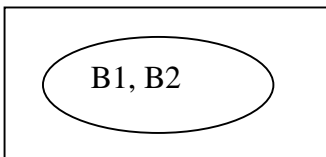


Beispiel für Subordination:  $B1 = \text{„Mann“}$ ,  $B2 = \text{„Mensch“}$ .

Zwei Begriffe  $B1$  und  $B2$  sind **extensional identisch**, wenn gilt:

$\forall x: B1(x) \Leftrightarrow B2(x)$

Im Mengendiagramm:

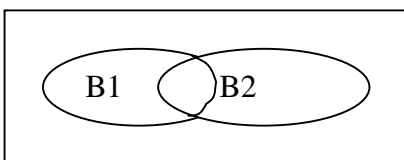


Beispiel für extensional identisch:  $B1 = \text{„Morgenstern“}$ ,  $B2 = \text{„Abendstern“}$ .

Zwei Begriffe  $B1$  und  $B2$  **überschneiden sich extensional**, wenn gilt:

$\exists x: (B1(x) \wedge B2(x)) \wedge \exists x: (B1(x) \wedge \sim B2(x)) \wedge \exists x: (\sim B1(x) \wedge B2(x))$

Im Mengendiagramm:



Beispiel für Überschneiden:  $B1 = \text{„Student“}$ ,  $B2 = \text{„Mann“}$ .

### 3.2.3 Reziprozitätsgesetz

Das Verhältnis zwischen Umfang und Inhalt eines Begriffes wird durch den Satz der reziproken Relation zwischen Begriffsumfang und Begriffsinhalt bestimmt.

Der Satz stellt die Abhängigkeit der Änderung des Umfangs von der Änderung des Inhalts eines Begriffes fest. Eine Änderung im Begriffsinhalt zieht eine Änderung im Begriffsumfang nach sich, und umgekehrt ruft eine Änderung im Umfang eine Änderung im Begriffsinhalt

hervor. Der am wenigsten allgemeine Begriff, der Individualbegriff, ist der reichste, der die meisten Bestimmungen einschließt, während der allgemeinste Begriff, die Kategorie, der ärmste ist, der am wenigsten Bestimmungen hat, obwohl unter ihn die meisten Individuen fallen, d.h. je allgemeiner ein Begriff ist, desto geringer ist sein Inhalt und desto größer sein Umfang, je individueller ein Begriff ist, desto geringer ist sein Umfang und desto größer sein Inhalt. Der Satz kann sich wie folgt formulieren lassen:

„Eine Vermehrung des Begriffsinhalts bewirkt eine Verminderung des Begriffsumfangs und umgekehrt“.

Man nennt diese Relation **Reziprozitätsgesetz** [Albrecht 1978] (Abbildung 19).

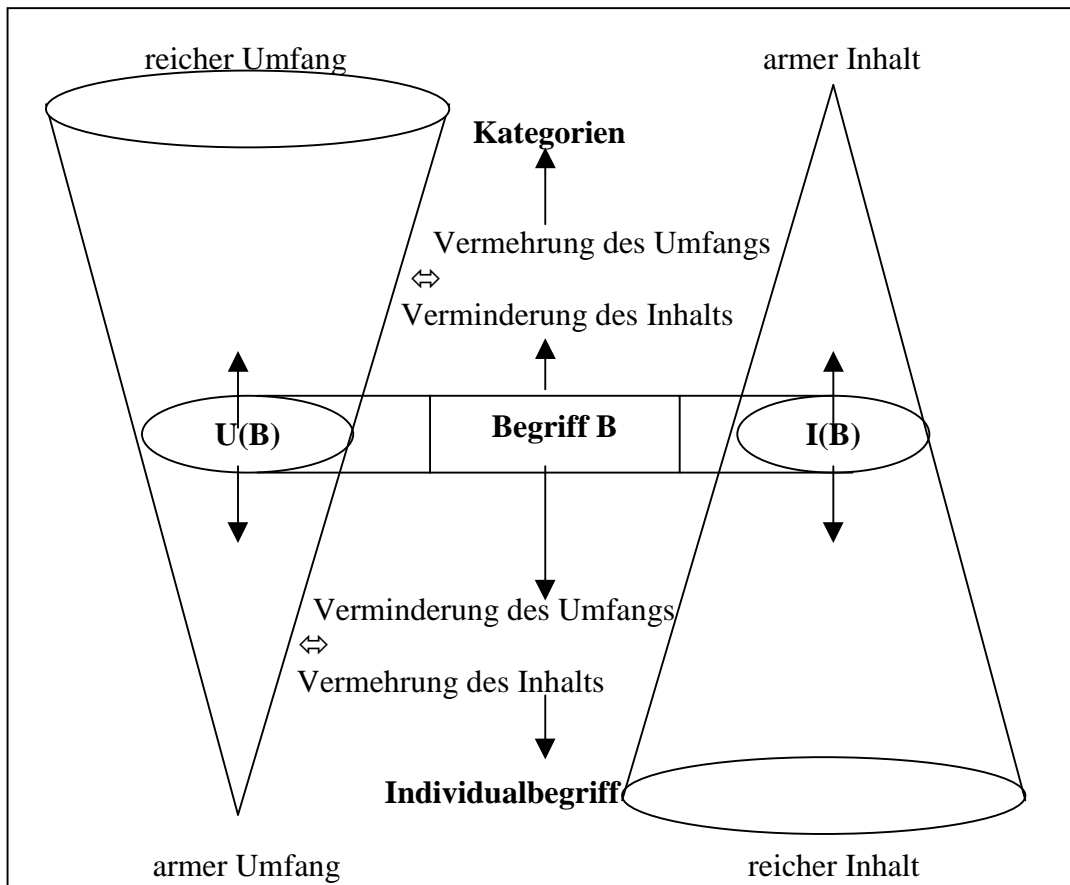


Abbildung 19: Begriffsumfang und Begriffsinhalt und das Verhältnis zwischen ihnen

Beispiel für den Satz der Reziprozität: Erweitert man z.B. den Inhalt des Begriffs „Viereck“ durch Hinzufügen des artbildenden Merkmals „zwei gegenüberliegende Seiten sind parallel“, so engt man gleichzeitig den Umfang des Begriffs ein. Der neue Begriff widerspiegelt nicht mehr die wesentlichen Merkmale aller Vierecke, sondern nur noch die der Trapeze. Erweitert man den Begriffsinhalt um ein weiteres Merkmal, z.B. um „die beiden anderen gegenüberliegenden Seiten sind parallel“, so wird der Begriffsumfang weiter eingengt. Jetzt werden in dem Begriff die wesentlichen Merkmale der Parallelogramme widerspiegelt. Fügt man noch das weitere Merkmal „die benachbarten Seiten sind gleich“ hinzu, so wird der Umfang des Begriffs noch mehr eingengt. Der Begriff widerspiegelt dann die wesentlichen Merkmale der Rhomben.

Beim Verallgemeinern eines Begriffs geht das Denken von weniger allgemeinen zu immer allgemeineren Begriffen über, wie folgende Begriffskette zeigt: Tanne → Nadelbaum → Baum → Pflanze. Man gelangt stufenweise zu den im Umfang umfassendsten Begriffen, den **Kategorien**.

Beim Einengen eines Begriffs geht das Denken von allgemeineren zu weniger allgemeinen Begriffen über, wie folgende Begriffskette zeigt: Wissenschaft → Naturwissenschaft → Informatik. Man gelangt stufenweise zu Begriffen, die nicht weiter eingengt werden können. Die Grenze der Einengung ist der **Individualbegriff**.

### 3.3 Begriffsarten

Alle Begriffe werden in eine Reihe von Klassen eingeteilt:

- 1) Nach der Widerspiegelung eines Gegenstandes oder einer vom Gegenstand abstrahierten Eigenschaft in konkrete Begriffe und abstrakte Begriffe.
- 2) Nach der Menge der widerspiegelten Gegenstände in Individualbegriffe und Allgemeinbegriffe.
- 3) Nach der widergespiegelten Art und Gattung von Gegenständen in Artbegriffe und Gattungsbegriffe.

#### 3.3.1 Der konkrete Begriff

Ein konkreter Begriff ist ein Begriff, in dem ein bestimmter gegebener Gegenstand oder eine Klasse von Gegenständen abgebildet wird, z.B. „Berlin“ oder „Hotel“.

In der Logikliteratur findet man mitunter Einwände gegen die Einteilung der Begriffe in konkrete und abstrakte Begriffe, da alle Begriffe durch Abstrahieren erhalten werden. Man muß aber auf irgendeine Weise das Abbild eines Gegenstandes oder einer Klasse von Gegenständen und das Abbild einer Eigenschaft eines Gegenstandes oder einer Klasse von Gegenständen unterscheiden, das führt zur Einteilung der Begriffe in konkrete und abstrakte.

#### 3.3.2 Der abstrakte Begriff

Ein abstrakter Begriff ist ein Begriff, in dem nicht ein bestimmter Gegenstand oder nicht eine bestimmte Klasse von Gegenständen abgebildet wird, sondern irgendeine Eigenschaft von dem Gegenstand oder von der Klasse von Gegenständen, die gedanklich von den Gegenständen getrennt wurde, z.B. „das Weiße“, „das Schwere“.

#### 3.3.3 Der Allgemeinbegriff

Ein Allgemeinbegriff ist ein Begriff, in dem das Allgemeine einer ganzen Klasse von Gegenständen wiedergegeben wird. Aus den einzelnen konkreten Gegenständen soll das Allgemeinwesen gewonnen werden (unwesentliche Eigenschaften sollen also von den wesentlichen Eigenschaften getrennt werden). Ein Allgemeinbegriff kann die Eigenschaften einer Klasse mit einer endlichen Anzahl von Gegenständen widerspiegeln und auch Eigenschaften einer Klasse mit unendlicher Anzahl von Gegenständen. Beispiele für Allgemeinbegriffe sind die Begriffe „Tisch“, „Pflanze“, „Mensch“ oder „Schönheit“, „Rote“. Der Allgemeinbegriff wird auch **Universale** genannt. Man unterscheidet zwischen abstrakten und konkreten Allgemeinbegriffen. Ein abstrakter Allgemeinbegriff ist ein Begriff, der eine gemeinsame Eigenschaft vieler Gegenstände wiedergibt, z.B. „Schönheit“, „Rot“. Ein konkreter Allgemeinbegriff ist ein Begriff, der die wesentlichen Eigenschaften jedes Gegenstandes einer ganzen Klasse von Gegenständen wiedergibt, z.B. „Mensch“, „Tier“, „Straßenbahn“.

Vom Allgemeinbegriff ist der **Kollektivbegriff** zu unterscheiden. Ein Kollektivbegriff ist ein Begriff, in dem die Eigenschaften einer Gesamtheit, einer Gruppe gleichartiger Gegenstände widergespiegelt sind, die ein einheitliches Ganzes bilden; z.B. der Begriff „Wald“ in bezug auf die zu ihm gehörenden Bäume ist ein Kollektivbegriff. Was von einem

Kollektivbegriff behauptet wird, bezieht sich auf den ganzen Komplex von Gegenständen, die mit dem Begriff bezeichnet werden, ist aber nicht auf die einzelnen Gegenstände, die zu diesem Ganzen gehören, anwendbar. Ein Kollektivbegriff unterscheidet sich von einem Allgemeinbegriff dadurch, daß sein Inhalt nicht auf jeden einzelnen Gegenstand bezogen werden kann, sondern nur auf die Gesamtheit seiner Teile. Der Inhalt eines Allgemeinbegriffs bezieht sich auf jeden einzelnen Gegenstand, der zum Allgemeinbegriff gehört.

Es gibt Begriffe, die sowohl allgemein als kollektiv sind, je nachdem, wie er betrachtet wird. Der Begriff „Wald“ ist z.B. ein Kollektivbegriff in bezug auf die zu ihm gehörenden Bäume, ist aber gleichzeitig ein Allgemeinbegriff in bezug auf die Arten des Walds, z.B. Laubwald oder Nadelwald.

### **3.3.4 Der Individualbegriff**

Ein Individualbegriff ist ein Begriff, in dem ein bestimmter Gegenstand oder eine Eigenschaft eines bestimmten Gegenstandes wiedergegeben wird, z.B. „Berlin“, „Mond“ oder „Schönheit von Berlin“. Einem Individualbegriff entspricht ein Umfang, der die Menge aus einem einzigen Element darstellt. Ein konkreter Individualbegriff gibt wesentliche Eigenschaften eines bestimmten Gegenstandes wieder, z.B. „Berlin“. Ein abstrakter Individualbegriff gibt eine Eigenschaft eines bestimmten Gegenstandes getrennt vom Gegenstand wieder, z.B. „Schönheit von Berlin“.

### **3.3.5 Der Artbegriff**

Eine Art ist eine Klasse von Gegenständen, die in den Umfang einer größeren Klasse von Gegenständen eingeht, die Gattung heißt, z.B. sind die stumpfwinkligen Dreiecke eine Art, die zur Gattung der Dreiecke gehört. Die Arten können ihrerseits Gattungen in bezug auf Klassen von Gegenständen mit kleinerem Umfang sein, z.B. Nadelbäume eine Art bez. der Klasse der Bäume, sie sind aber Gattung bez. der Klasse der Kiefern, die eine Art der Nadelbäume sind.

Ein Artbegriff ist ein Begriff, der die wesentlichen Eigenschaften einer Art irgendeiner Gattung abbildet. Der Artbegriff besagt, daß es zu einer gegebenen Klasse von Gegenständen eine Klasse mit größerem Umfang gibt. Er ist ein untergeordneter Begriff, der in den Gattungsbegriff eingeht. Somit charakterisiert der Artbegriff nur die Wechselbeziehung der Umfänge.

Allen Gegenständen, die im Artbegriff abgebildet werden, kommen alle Merkmale des Gattungsbegriffs zu, zusätzlich aber zur Unterscheidung von den anderen Arten noch einige Arteigenschaften (*differencia specifica*). Man spricht hier auch von Artunterschied. Alle Begriffe außer denen, die den größten Umfang aufweisen, lassen sich deshalb über die nächste Gattung und den Artunterschied definieren.

### **3.3.6 Der Gattungsbegriff**

Eine Gattung ist eine Klasse von Gegenständen, zu der andere Klassen von Gegenständen gehören, die Arten dieser Gattung sind. Die Klasse der Dreiecke ist z.B. eine Gattung, die die Arten spitzwinklige, rechtwinklige und stumpfwinklige Dreiecke enthält. Die Gattungen können ihrerseits Arten in bezug auf Klassen von Gegenständen mit größerem Umfang sein, z.B. die Klasse der Dreiecke eine Gattung bez. der Klassen der spitzwinkligen, rechtwinkligen und stumpfwinkligen Dreiecke, sie ist aber eine Art bez. der Klasse der geometrischen Figuren.

Ein Gattungsbegriff ist ein Begriff, der die wesentlichen Eigenschaften einer Gattung für irgendwelche Arten abbildet. Der Gattungsbegriff spricht nur davon, daß zu einer gegebenen

Klasse von Gegenständen mehrere Klassen mit kleineren Umfängen gibt. Er ist übergeordneter Begriff, in den dem Umfang nach kleinere Artbegriffe eingehen.

Mit Ausnahme der Individualbegriffe und der Kategorien kann ein und derselbe Begriff gleichzeitig sowohl Artbegriff als auch Gattungsbegriff sein, je nachdem, auf welchen Begriff er bezogen wird. Kategorien sind die allgemeinsten oder maximal umfassenden Begriffe.

Der unmittelbar umfassendere Begriff, zu dem der betrachtete Begriff als Artbegriff gehört, wird als nächst höherer Gattungsbegriff (*genus proximum*) bezeichnet, für stumpfwinklige Dreiecke sind z.B. Dreiecke der nächst höhere Gattungsbegriff, dagegen geometrische Figuren ein entfernterer Gattungsbegriff. Die Fähigkeit, den nächst höheren Gattungsbegriff zu ermitteln, ist bei der Begriffsdefinition von großer Bedeutung.

Artbegriffe und Gattungsbegriffe sind konkrete Allgemeinbegriffe.

### 3.4 Die Begriffsabstraktion

#### 3.4.1 Begriffsabstraktion

Die Begriffsabstraktion (lat. *abstrahere*) ist der Vorgang wie das Ergebnis des Heraushebens vom Allgemeinen, Notwendigen, Wesentlichen und des Weglassens vom Individuellen, Zufälligen, Unwesentlichen (*Abbildung 20*).

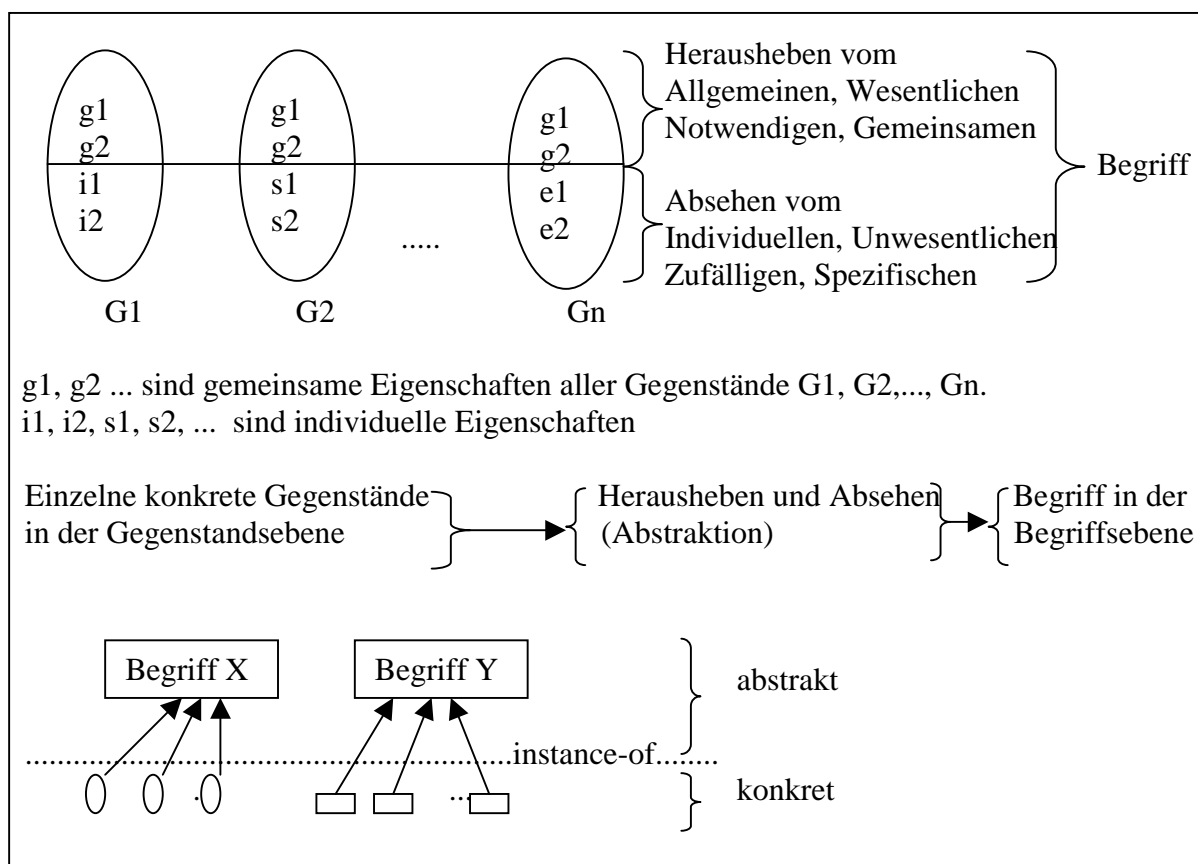


Abbildung 20: Der Abstraktionsvorgang

Welches für das Wesentliche und welches für das Unwesentliche gehalten werden, hängt einerseits von der sachlichen Fragestellung, andererseits von Aufmerksamkeit, Interesse, Einsicht und Bildung ab. Man unterscheidet das, was abstrahiert (d.h. gedanklich für sich allein erfaßt) wird, und das, von dem abstrahiert wird, d. h., der im abstrahierten Begriff

weggelassen wird. Das Ergebnis der Abstraktion aus den Einzelgegenständen aufgrund der Ähnlichkeit ist der Allgemeinbegriff, in dem wesentliche Eigenschaften der Gegenstände widerspiegelt werden.. Die Abstraktion kann also als das Mittel der Begriffsbildung betrachtet werden. Der Begriff „Tisch“ wird gebildet, indem man das allen Tischen Gemeinsame isoliert und heraushebt und von dem Individuellen, das diesem oder jenem Tisch zufällig zukommt, absieht (abstrahiert). Das Gemeinsame nennt man auch das Allgemeinwesen des Gegenstandes bzw. das Wesen der Art, zu der der Gegenstand gehört, bzw. das Wesen des Begriffs, unter den der Gegenstand fällt.

Hier ist ein einfaches konkretes Beispiel für die Abstraktion:

Frau F1 **hat den Namen Claudia, hat Geburtstag am 12.9.80, hat eine Narbe unter der rechten Auge, ist Studentin.**

Frau F2 **hat den Namen Nicole, hat Geburtstag am 10.12.81, hat ein Muttermal an der linken Wange, ist Studentin.**

Die **fett** geschriebenen Wörter stellen die gemeinsamen Eigenschaften dar, die *kursiv* geschriebenen Wörter stellen die individuellen Eigenschaften dar. Durch die Hervorhebung der gemeinsamen Eigenschaften und durch die Abziehung der individuellen Eigenschaften erhalten wir folgende Eigenschaften: „**hat einen Namen**“, „**hat einen Geburtstag**“, „**ist Studentin**“. Wir fassen diese Eigenschaften zusammen und bilden den Begriff „**Studentin**“. Dabei wird es von den individuellen Eigenschaften abstrahiert. „**Name**“ und „**Geburtstag**“ sind gemeinsame abstrakte Eigenschaften, „**ist Studentin**“ ist eine gemeinsame konkrete Eigenschaft. Durch die Gegenstandsabstraktion wird ein Begriff gewonnen (Abbildung 21).

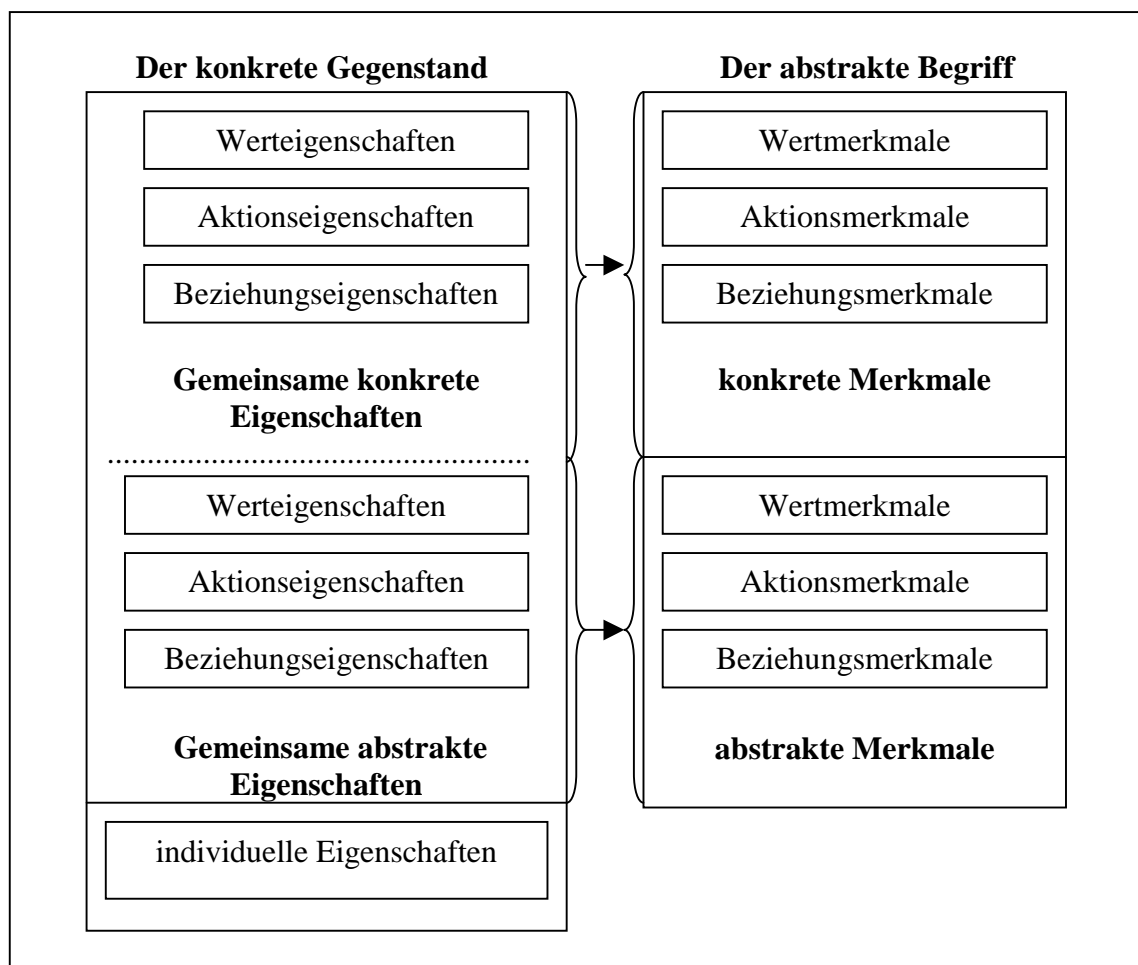


Abbildung 21: Der Begriff ist das Ergebnis der Gegenstandsabstraktion



Geometrische Figuren sind Beispiele für Abstraktionen (Abbildung 22).

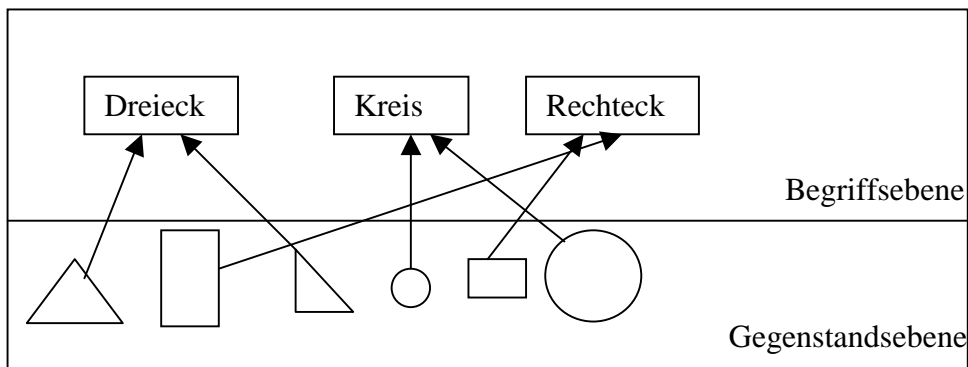


Abbildung 22: Beispiele für Abstraktionen

### 3.4.2 Grad der Abstraktion

Abstraktion ist der Vorgang der Hervorhebung vom Wesentlichen (Gemeinsamen) und des Absehens vom Unwesentlichen (Individuellen) des Gegenstands. Mit zunehmender Abstraktion verkleinert sich die Menge des Wesentlichen, das hervorgehoben wird, und vergrößert sich die Menge des Unwesentlichen, von dem abgesehen wird. Aus diesem Grund kann ein Gegenstand in verschiedenen Stufen der Abstraktion abgebildet werden. Die allgemeinsten Begriffe nennt man Kategorien. Durch zunehmende Abstraktion wird ein Begriff immer allgemeiner; d.h. die Abstraktion verkleinert den Inhalt und vergrößert den Umfang des Begriffs. Der Begriff ist das Ergebnis der Abstraktion, so kann er verschiedene Grade haben, je nachdem, ob man den Begriff bald mehr, bald weniger abstrakt oder konkret behandelt, d. h. bald mehr, bald weniger Bestimmungen entweder weglässt oder hinzusetzt. „Durch sehr abstrakte Begriffe erkennen wir an vielen Dingen wenig; durch sehr konkrete Begriffe erkennen wir an wenigen Dingen viel“ [Kant].

Zwischen der konkreten Ebene und einer Stufe der Begriffsebene existiert die „**instance of**“-**Beziehung** (extensional auch Elementbeziehung), d. h. Beziehung zwischen einem konkreten Gegenstand und seiner Abstraktion (seinem Begriff). Zwischen unterschiedlichen Stufen der Begriffsebene existiert die „**is-a**“-**Beziehung** (extensional auch Teil-Menge-Beziehung), d. h. Beziehung zwischen Begriffen verschiedener Abstraktionsstufen. Die „is-a“-Beziehung ist transitiv, d. h. wenn A is-a B und B is-a C, dann A is-a C. Für „instance-of“-Beziehung gilt diese Regel nicht, d. h. für „instance-of“-Beziehung gilt:  $\sim((A \text{ instance-of } B) \wedge (B \text{ instance-of } C) \rightarrow (A \text{ instance-of } C))$ . Für beide Beziehungen gilt: Wenn A instance-of B und B is-a C, dann A instance-of C (Abbildung 23).

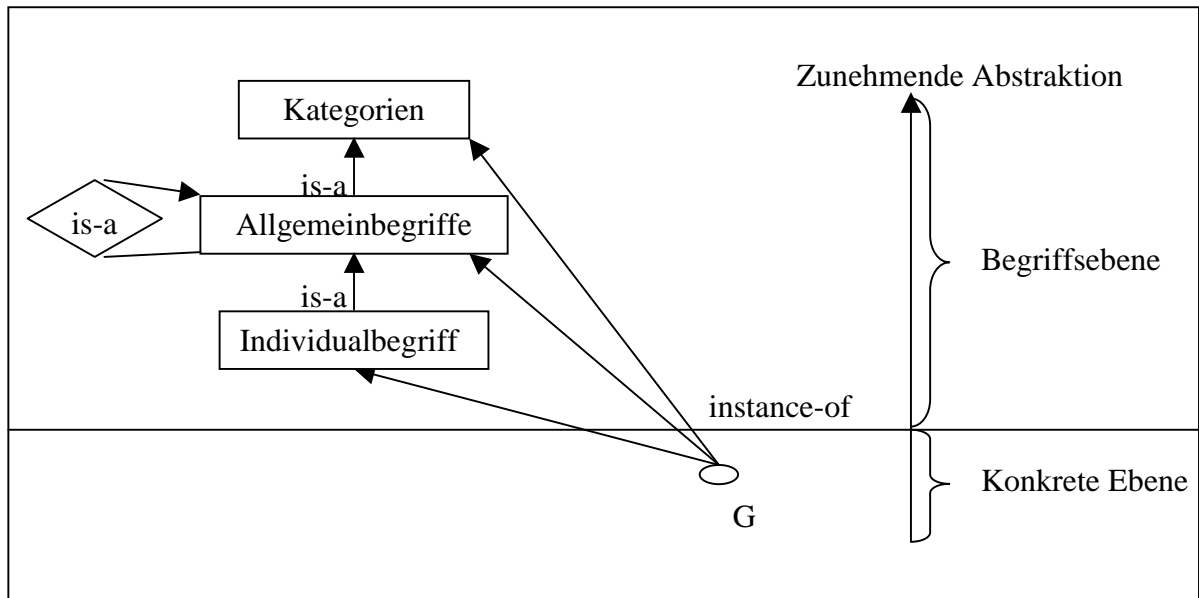


Abbildung 23: zunehmende Abstraktion

Welcher Begriff von dem Gegenstand gebildet wird, hängt vom Grad der Abstraktion ab. So kann ein Gegenstand zu unterschiedlichen Begriffen einer Begriffshierarchie (Art-Gattung-Hierarchie) gehören, d.h. er kann Instanz von unterschiedlichen Begriffen sein. Peter ist z.B. ein Mensch und er ist auch ein Lebewesen (Abbildung 24).

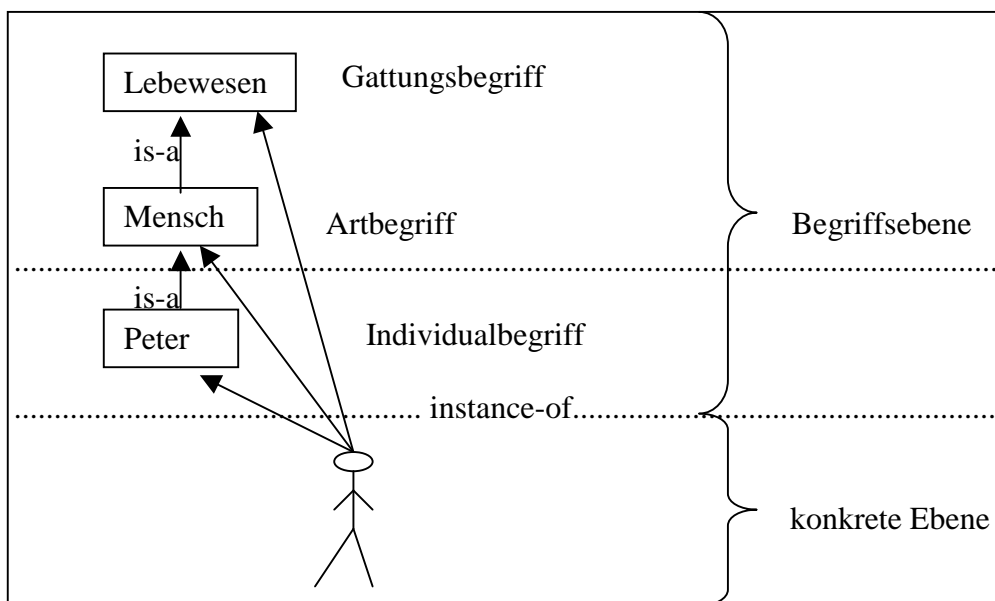
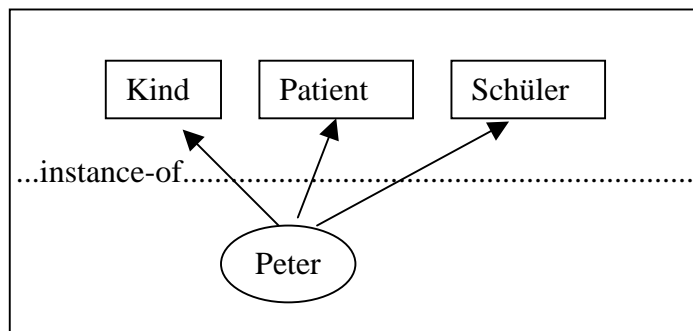


Abbildung 24: Beispiel für unterschiedliche Grade der Abstraktion

### 3.4.3 Sichten auf einen Gegenstand

Begriffe drücken in vielen Zusammenhängen die Sicht eines Subjekts auf einen Gegenstand aus, indem sie die aus einer bestimmten Sicht wesentlichen Eigenschaften eines Gegenstandes hervorheben und von den unwesentlichen absehen. Die Sicht auf einen Gegenstand wird dabei durch die Interessen und Ziele des Betrachters geprägt. Abhängig davon, welche Eigenschaften als wesentlich hervorgehoben und welche als unwesentlich weggelassen

werden, d. h. aus welcher Sicht der Gegenstand betrachtet und dargestellt wird, wird der Gegenstand den unterschiedlichen Arten zugeordnet. Peter ist z.B. aus der Sicht der Mutter ein Kind, aus der Sicht des Lehrers aber ein Schüler, aus der Sicht des Arztes ein Patient (*Abbildung 25*). Man bezeichnet dieses Prinzip als das Prinzip der Arten [*Karge 1996*].



*Abbildung 25: Beispiel für Sichten auf einen Gegenstand*

Aufgrund der vielen Sichten und vielen Abstraktionsstufen kann es auf einen Gegenstand eine Vielzahl von Darstellungen geben, d.h. kann ein und derselbe Gegenstand zu verschiedenen Begriffen gehören. Um diese Tatsache zu modellieren, erlauben einige objektorientierte Methoden, daß die Zugehörigkeit eines Objekts zu einer Klasse wechselt [*Balzert 1996*]. Der Gegenstand an sich existiert jedoch nur einmal. Während die verschiedenen Sichten auf einen Gegenstand zu entsprechenden Begriffen zusammengefaßt werden, gibt es keinen Begriff für den Gegenstand an sich. Gegenstände an sich werden nicht systematisiert. Sie werden nur durch verschiedene Sichten unterschiedlichen Begriffen zugeordnet. Artbegriffe beziehen sich also auf Gegenstandssichten, nie auf die Gegenstände selbst. Es ist ein Irrtum, wenn wir eine Sicht auf einen Gegenstand mit dem „Wesen an sich“ des Gegenstandes gleichsetzen. Ein Gegenstand hat ein „Wesen an sich“ aber es gibt viele Sichten auf ihn [*Karge 1996*]. Unter dem Allgemeinwesen eines Gegenstands verstehen wir daher das Wesen des Gegenstandes unter einer bestimmten Sicht, also das Wesen eines Begriffs.

Hier wird noch einmal eine Erklärung des Begriffs „Wesen eines Gegenstandes“ gegeben. Man unterscheidet zwischen dem Allgemeinwesen, dem Einzelwesen und dem „Wesen an sich“ eines Gegenstandes. Das Allgemeinwesen kann nur unter bestimmter Sicht festgelegt werden. Das Allgemeinwesen ist zugleich das Wesen der Art, zu der der Gegenstand gehört, das Wesen des Begriffs, unter den er fällt. Das Allgemeinwesen wird durch das Gemeinsame der Gegenstände der Art bestimmt. Das Einzelwesen eines Gegenstandes ist seine Individualität innerhalb seiner Art, durch die er sich von anderen Gegenständen seiner Art unterscheidet. Die wesentlichen abstrakten oder/und individuellen Eigenschaften eines Gegenstandes bestimmen seine Individualität. Das „Wesen an sich“ eines Gegenstandes ist unerkennbar (Ding an sich). Um Objekte eines Schemas voneinander zu unterscheiden, werden im Objektmodell die abstrakten Eigenschaften herangezogen. Die unwesentlichen Eigenschaften können in Klassen nicht modelliert werden.

Obwohl es möglich ist, verschiedene Sichten auf einen Gegenstand durch unterschiedliche Begriffe darzustellen, begnügen sich einfache Darstellungen mit der Tatsache, daß ein Gegenstand einem Begriff zugeordnet wird. Die Auswahl eines Begriffs wird durch das bestimmt, was in einem bestimmten Zusammenhang an diesem Gegenstand besonders interessant ist. Das einfache Prinzip der Begriffe besteht darin, jedem Gegenstand genau ein Begriff zuzuordnen und aus der Sicht dieses Begriffs darzustellen. Ein Begriff drückt nicht nur aus, was ein Gegenstand ist. Hier legt der Begriff auch die Eigenschaften fest, die wir uns für einen Gegenstand merken wollen. Wenn wir einen Begriff definieren, in dem wir ihn

durch Merkmale beschreiben, wird eine bestimmte Sicht auf einen Gegenstand festgelegt. Der Gegenstand ist eben genau bezüglich der festgelegten Merkmale zu betrachten, da diese die entscheidenden Seiten des Gegenstandes darstellen.

### 3.4.4 Formen der Abstraktion

Man kann nicht nur von der Begriffsabstraktion (Gegenstandsabstraktion) reden, sondern auch von Merkmalsabstraktion (Eigenschaftsabstraktion), von Relationsabstraktion (Beziehungsabstraktion) und von Aktionsabstraktion (z.B. Algorithmus, Template) (Abbildung 26, 27, 28, 29). Die Begriffsabstraktion wird auch Identifizierungsabstraktion oder generalisierende oder verallgemeinernde Abstraktion genannt. Die Merkmal- oder Beziehungsabstraktion wird auch isolierende oder analytische Abstraktion genannt, da die Eigenschaften oder Beziehungen vom Gegenstand herausgelöst und betrachtet werden. Die Abstraktionsschritte sind für alle Formen der Abstraktion die gleichen, jedoch sind die Ausdrücke „Begriff“, „Merkmal“, „Relation“ und „Aktion“ in ihren Bedeutungen unterschiedlich. Auf der konkreten Ebene sind Gegenstände, Eigenschaften, Beziehungen, Ereignisse konkret und einzeln, auf der Begriffsebene sind sie abstrakt und allgemein.

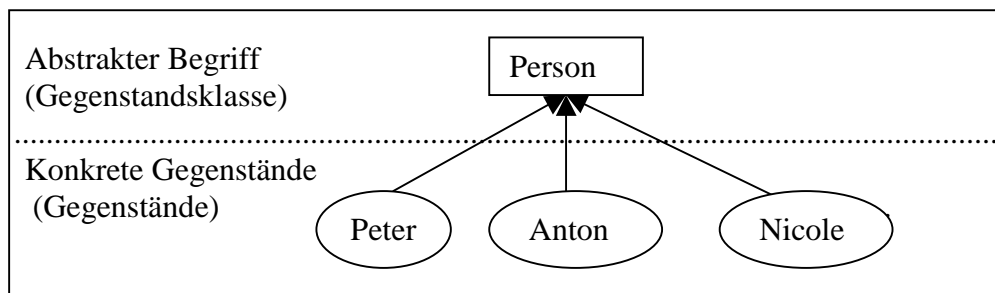


Abbildung 26: Beispiel für Begriffsabstraktion

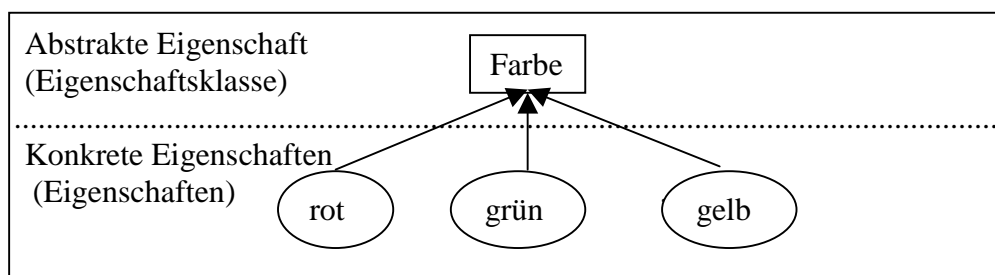


Abbildung 27: Beispiel für Merkmalsabstraktion

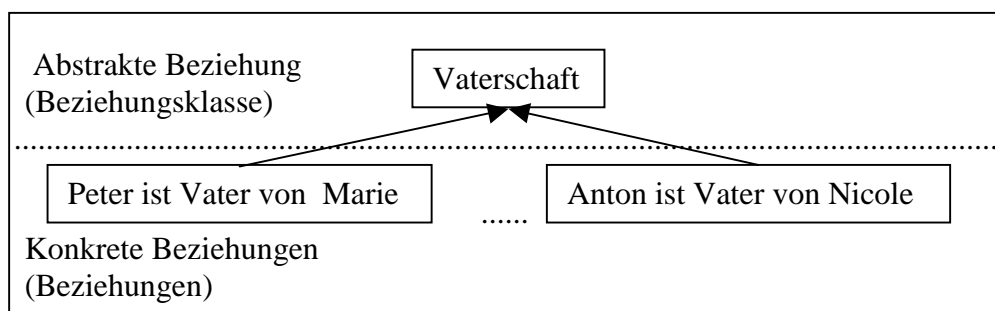


Abbildung 28: Beispiel für Abstraktion von Beziehungen

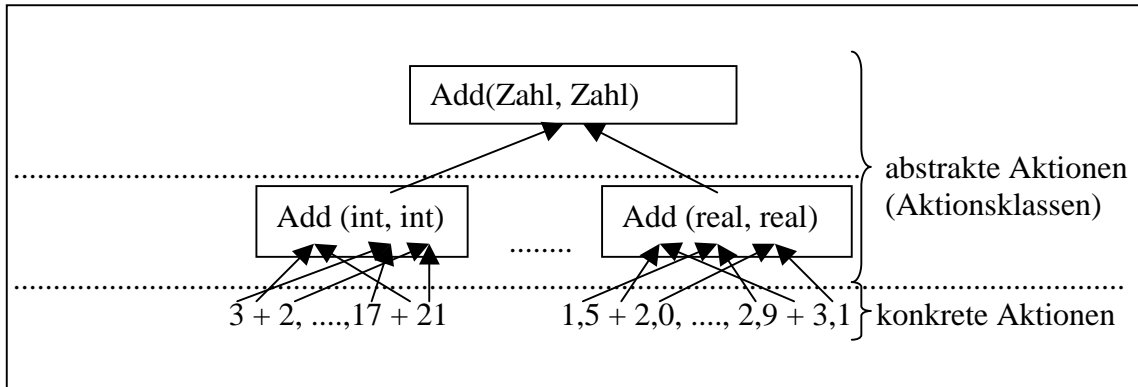


Abbildung 29: Beispiel für Aktionsabstraktion

Die Begriffsabstraktion setzt die Eigenschaftsabstraktionen voraus, da die Begriffsabstraktion auf den Eigenschaften beruht, und die Eigenschaften in der Wirklichkeit immer in konkreten Formen vorliegen. Durch die Begriffsabstraktionen werden Gegenstände in Begriffe, Eigenschaften der Gegenstände in Merkmalen der Begriffe abgebildet.

Eine andere Form der Abstraktion ist die idealisierende Abstraktion. Die idealisierende Abstraktion schafft ideale Objekte, d. h. begriffliche Modelle der wirklichen Gegenstände.

Gegenstände, Eigenschaften sind auf der Gegenstandsebene einzeln, konkret, nicht geordnet. Erst auf der Begriffsebene sind sie geordnet. Hier liegen nicht mehr die einzelnen Fälle wie auf der Gegenstandsebene.

### 3.4.5 Art-Gattung-Hierarchie

Nicht nur die konkreten Gegenstände bilden die Ausgangspunkte für die Abstraktion, sondern auch die Begriffe. Aus Artbegriffen werden wieder die übereinstimmenden Merkmale herausgenommen und zu weiteren Begriffen, Gattungsbegriffen zusammengefaßt (Abbildung 30).

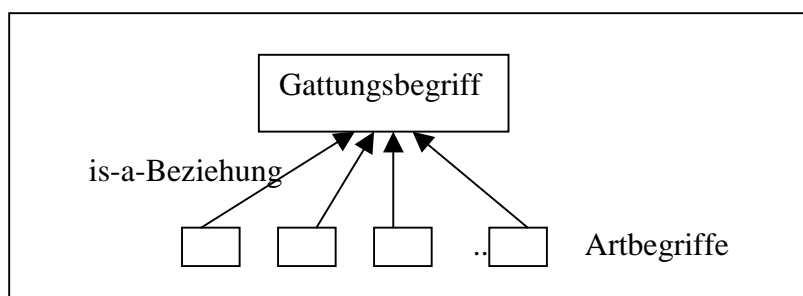


Abbildung 30: Abstraktion auf Begriffe

Durch die wiederholte Anwendung der Abstraktion auf Begriffe entsteht die Art-Gattung-Hierarchie von Begriffen (Abbildung 31).

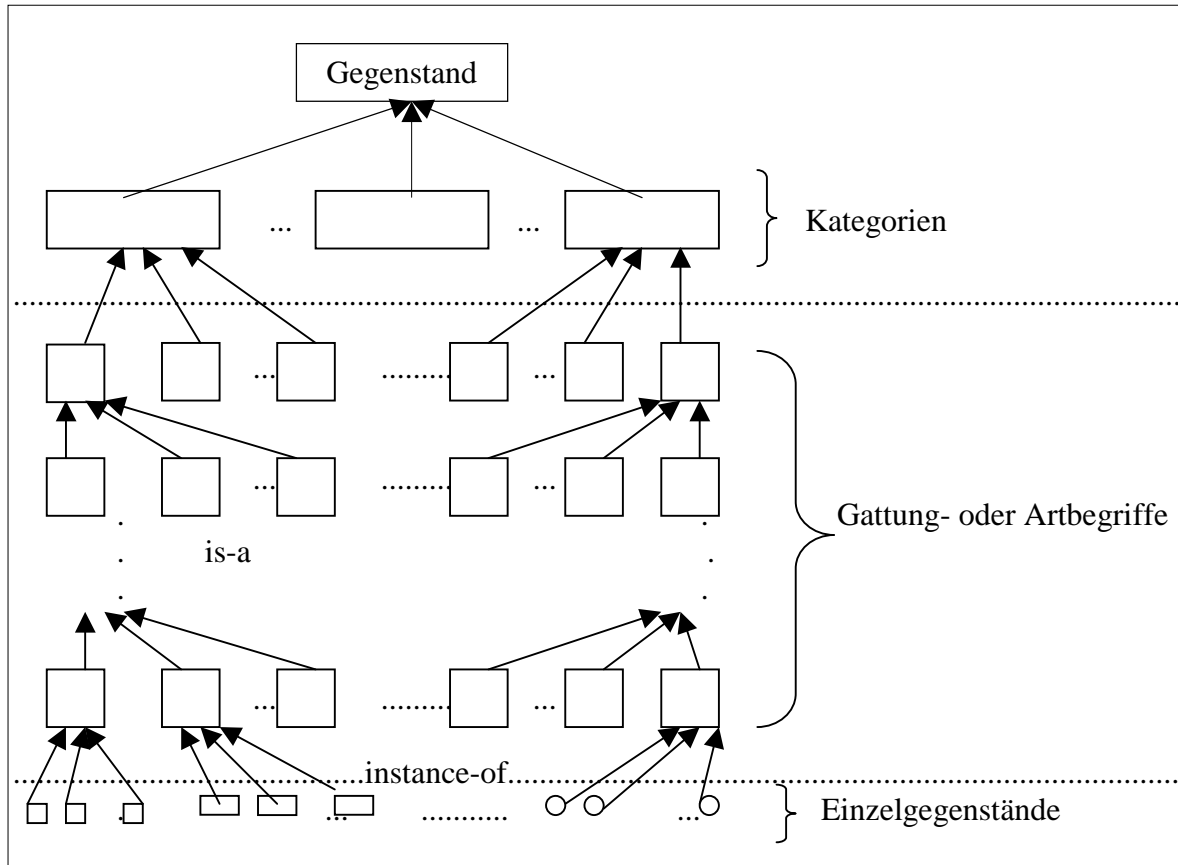


Abbildung 31: Ebenen der Abstraktion

Die Spitze der Hierarchie bildet die Kategorie. Die Kategorie ist der allgemeinste Begriff, der den größten Umfang, aber den geringsten Inhalt hat. Man kann sich darunter nichts irgendwie Bestimmtes mehr denken, d. h., man kann keine weitere Abstraktion auf sie anwenden.

Dabei entsteht beim Aufsteigen von einer Stufe zur anderen die Gattung aus den Arten analytisch, das heißt durch Zerlegung des Inhalts des Artbegriffs in seine Merkmale und die Weglassung der spezifischen Differenz.

Die Begriffe, die in einer solchen Hierarchie auftreten, stehen in dem Verhältnis der Über- und Unterordnung oder der Subordination zueinander. Die Begriffe, die auf gleicher Stufe der Hierarchie stehen, sind nebengeordnet oder koordiniert. Begriffe, die anderen übergeordnet sind, haben einen größeren Umfang, aber einen geringeren Inhalt als die ihnen untergeordneten. Diese haben den kleineren Umfang, aber einen reicheren Inhalt. So hat der Begriff „Realwissenschaften“ einen größeren Umfang als der Begriff „Physik“, da zu den Realwissenschaften außer der Physik noch viele andere Wissenschaften gehören, die von realen Gegenständen handeln, aber die Zahl der Merkmale, die ihn kennzeichnen und seinen Inhalt darstellen, ist kleiner als die Zahl der Merkmale, die angegeben werden müssen, um den Begriff „Physik“ zu bestimmen.

Abstraktion, Induktion, Generalisierung, Verallgemeinerung sind eng verwandte Begriffe. Sie stellen den Weg vom Einzelnen zum Allgemeinen dar. Dieser Weg heißt **bottom-up-Methode**.

## 3.5 Die Begriffsdefinition

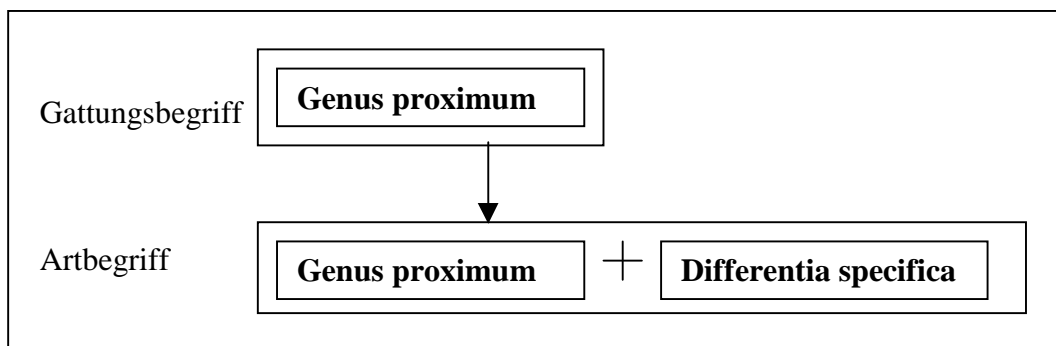
### 3.5.1 Definition von Begriffen

Begriffe wurden mit den Eigenschaften definiert, die alle Gegenstände eines Begriffs gemeinsam haben. Im weitesten Sinne ist die Begriffsdefinition (lat. definitio) eine logische Operation, durch die der Inhalt eines Begriffs erschlossen wird. Die Definition hebt die wesentlichen Eigenschaften des Gegenstandes im Begriff hervor und isoliert sie zeitweilig von den übrigen. Um einen Begriff zu definieren, ist die Grenze zu finden, die die von dem jeweiligen Begriff erfaßten Gegenstände von allen ihm ähnlichen Gegenständen trennt. Allerdings ist es in der Praxis nicht nötig und auch nicht möglich, alle wesentlichen Eigenschaften aufzuzählen. Es genügt bereits, auf die bestimmten wesentlichen Eigenschaften hinzuweisen, die in diesem Begriff widergespiegelt werden. Der Hinweis auf das Wesentliche ist die Hauptforderung, die an eine Begriffsdefinition gestellt werden muß. Man kann aber nicht sagen, daß die Begriffsdefinition als Form des Denkens mit dem gesamten Wissen um den Gegenstand gleichgesetzt wird. Vielmehr beschränkt man sich einmal auf die wesentlichen, invarianten Eigenschaften des Gegenstandes, und schließt damit die ganze Vielfalt der unwesentlichen Eigenschaften aus.

Bei der Definition eines Begriffs kann eine Definition anderer Begriffe zur Auswahl der Merkmale herangezogen werden. Begriffe werden im Zusammenhang definiert [Görz 1993]. Das heißt: Ein Merkmal eines Begriffs kann wieder ein Begriff sein, z.B. die Anschrift im Kontext einer Person, der seinerseits wieder durch Merkmale definiert ist. Dieser Zyklus kann durch elementare Begriffe beendet werden. Elementare Begriffe sind Begriffe, die als definiert angesehen werden. Ihre Merkmale müssen nicht weiter definiert werden. Ausgangspunkt jeder Begriffsdefinition ist eine Menge von elementaren Begriffen. Zu beachten ist, daß sich das Merkmal eines Begriffs von dem Merkmal eines Merkmals eines Begriffs unterscheidet.

Eine Begriffsbestimmung ist durch zwei Hauptteile charakterisiert. Den ersten Teil bildet der zu bestimmende Begriff, das Definiendum, und den zweiten Teil bildet der bestimmende Begriff, das Definiens. Der zu bestimmende Begriff ist der Begriff, dessen wesentliche Merkmale gesucht werden, und der bestimmende Begriff ist derjenige, der die Gattungs- und Artmerkmale widerspiegelt.

Das Hauptverfahren zur Begriffsdefinition ist die Definition über die nächste Gattung und den Artunterschied (definitio fit per genus proximum et differentiam specificam) (Abbildung 32). Mit diesem Verfahren kann man schneller und exakter die wirklich wesentlichen Eigenschaften eines Gegenstandes finden und erfaßt nicht zufällige. Dieses Verfahren besteht im Finden der nächsten Gattung des zu definierenden Begriffs und der Unterscheidungseigenschaften, die nur bei der jeweiligen Art von Gegenständen vorkommen und bei allen anderen Arten von Gegenständen derselben Gattung fehlen, die in die nächste Gattung eingehen.



### *Abbildung 32: Definition über Gattung und Artunterschied*

Alle Begriffe außer den Kategorien lassen sich über dieses Verfahren definieren. Ein Beispiel: die Demokratie ist die Staatsform, in der verfassungsgemäß die Staatsgewalt der Gesamtheit der Staatsbürger zusteht. Zugrunde liegt die Einteilung der Staatsformen in solche, bei denen die Staatsgewalt von einem ausgeht (Monarchie), von einer Gruppe (Aristokratie) von der Gesamtheit der Staatsbürger (Demokratie). Das *genus proximum* ist die Staatsform, in der verfassungsgemäß die Staatsgewalt den Mitgliedern des Staats zusteht. Die *differentia specifica* ist die Gesamtheit der Staatsbürger im Unterschied von einer Gruppe und einem Einzelnen.

Auf den ersten Blick scheint es, daß das günstigste Verfahren zur Bestimmung eines Begriffs eine möglichst umfangreiche Aufzählung von Eigenschaften des Gegenstandes ist, der durch den Begriff erfaßt werden soll. Die Erfahrung zeigt aber, daß das fehlerhaft wäre. Es ist aus einer ganzen Reihe von Gründen praktisch nicht möglich, einen Begriff mit Hilfe dieses Verfahrens zu definieren. Einer dieser Gründe ist schon der Umstand, daß jeder Gegenstand unendlich viele Eigenschaften hat, eine Aufzählung aller Eigenschaften deshalb unmöglich ist oder doch viele Eigenschaften nicht enthalten würde. Der Versuch, alle Eigenschaften des Gegenstands einzubeziehen, würde niemals zu einer abschließenden Begriffsbestimmung gelangen, weil die tiefere Erforschung eines Gegenstands zu immer mehr seinen Eigenschaften führt.

Das Verfahren zur Begriffsdefinition über die nächste Gattung und den Artunterschied gestattet es, die wesentlichen Eigenschaften eines Begriffs aufzudecken, ohne zu einer genauen Aufzählung aller Eigenschaften zu greifen. Das Verfahren zeigt, daß man vor allem für jeden zu bestimmenden Begriff den Begriff mit weiterem Umfang suchen muß: z.B. für den Begriff „Informatik“ den Begriff „Wissenschaft“. Somit beginnt das Definieren mit dem Verweis auf die Gattung, in die der zu bestimmende Begriff als Art eingeht. Aber das Finden eines weiteren Begriffs ist erst der Anfang der Definition. Nur auf das Allgemeine einzugehen bedeutet noch nicht, den Begriff zu bestimmen. Wie wir gesehen haben, ist ein Begriff, der definiert wird, Art einer Gattung. Aber in jede Gattung gehen viele Arten ein. Um den Inhalt der jeweiligen Art zu finden, muß man jene spezifische wesentliche Eigenschaft suchen, die diese Art von allen übrigen Arten unterscheidet, die in die genannte Gattung eingehen. Eben deshalb heißt dieses Verfahren zur Begriffsbestimmung *definitio fit per genus proximum et differentiam specificam*. Dieses Verfahren ist das am weitesten verbreitete, obwohl nicht einzige Definitionsverfahren. Andere Arten von Definition sind z.B. Realdefinition, Nominaldefinition usw.

Um einen Begriff richtig zu definieren, muß man die Regeln zur Begriffsdefinition kennen.

#### **3.5.2 Regeln zur Begriffsdefinition über die nächste Gattung und den Artunterschied**

1. Ein Begriff wird durch die nächste Gattung und den Artunterschied definiert.
2. Eine Definition muß angemessen sein, d. h. die Umfänge des zu bestimmenden Begriffs und des Begriffs, vermittels dessen der gesuchte Begriff definiert wird, sollen zusammenfallen, gleich sein und sich entsprechen.
3. Der Artunterschied muß eine Eigenschaft oder eine Gruppe von Eigenschaften sein, die nur dem vorliegenden Begriff zukommt und bei anderen Begriffen fehlen, die zur selben Gattung gehören.
4. Eine Definition darf keinen Zirkelschluß enthalten, d. h., das Definiendum darf nicht durch einen Begriff definiert werden, der selber erst durch das Definiendum klar wird, also das Definiens darf nicht im Definiendum vorkommen.
5. Eine Definition darf nicht nur negativ sein. Eine negative Definition verweist nicht auf die wesentlichen Eigenschaften der Gegenstände. Sie drückt nur jene Eigenschaften aus, die



dem Gegenstand nicht zukommen, und sagt nichts darüber aus, welche Eigenschaften ihm eigen sind. In Fällen, in denen es nicht möglich ist, wesentliche Merkmale zu finden, oder in denen eine negative Definition am klarsten die Grenze eines Gegenstandes zu den anderen Gegenständen der jeweiligen Gattung bestimmt, sind die negative Definition zulässig.

6. Eine Definition darf nicht logisch widersprüchlich sein. Wenn die in einer Definition aufgezählte Eigenschaften einander ausschließen, dann ist die Definition logisch widersprüchlich.
7. Die Definition muß klar und deutlich sein. Klar ist ein Begriff, wenn eindeutig feststeht, was mit ihm gemeint. Setzt sich ein Begriff aus mehreren Bestandteilen zusammen wie z.B. Begriff „Säugetier“, so sind sie klar, wenn die Bestandteile und ihre Beziehungen zueinander bekannt und bestimmt sind und sich nicht widersprechen. Deutlich ist ein Begriff, wenn er von anderen, besonders von den mit ihm verwandten, genau unterschieden werden kann und von ihnen trennbar ist.

Die Beachtung dieser Regeln vermeidet folgende Fehler bei der Begriffsdefinition: Die Definition ist zu weit oder zu eng. Die Definition enthält eine Tautologie. Die Definition eines Unbekannten durch Unbekanntes. Die Definition enthält unklare Merkmale.

Die Definition erfaßt den Gegenstand nicht allseitig und schöpft ihn nicht ganz aus, zeigt nicht den ganzen Reichtum des Begriffsinhalts. Aber in allen Fällen, in denen es darauf ankommt, kurz das Wesentliche eines Gegenstandes zu charakterisieren, ihn scharf gegen andere abzugrenzen, greift man unvermeidlich zur Definition.

Man unterscheidet die Begriffsdefinition von der Beschreibung eines Gegenstandes. Beschreibung ist ein Verfahren, das die Definition ergänzt. Man greift zu der Beschreibungsverfahren in Fällen, in denen wesentliche Eigenschaften noch unzureichend untersucht sind, d.h. keine Definition gegeben werden kann, d.h. wenn es unmöglich ist, den Gegenstand durch das Feststellen der nächst höheren Gattung und des Artunterschieds zu bestimmen, oder nicht einmal die Notwendigkeit zur vollständigen Untersuchung besteht. Vom Gegenstand wird dann eine Reihe von Eigenschaften aufgezählt, die ihn mehr oder weniger vollständig bestimmen. D.h. die Beschreibung ist eine Aufzählung der Eigenschaften, die so weit gehen sollte, daß man den beschriebenen Gegenstand wieder erkennen kann. Dabei werden in die Beschreibung nicht nur wesentliche, sondern auch unwesentliche Eigenschaften des Gegenstandes einbezogen. Eine Beschreibung ist nicht nur in bezug auf einen Einzelgegenstand möglich, sondern auch auf eine Klasse von Gegenständen.

### **3.6 Einteilungslehre von Gegenständen**

Die Einteilung hat drei Aspekte, das Einteilungsganze, der Einteilungsgrund und die Anzahl der Einteilungsglieder.

#### **3.6.1 Das Einteilungsganze**

Das Einteilungsganze muß einerseits eine Einheit sein, denn zusammenhanglose Stücke können zwar geordnet oder zusammengefügt werden, aber nicht geteilt werden. Andererseits muß dieses einheitliche Ganze aber teilbar sein, irgendwie gegliedert sein oder potentielle Teile enthalten. Es gibt zwei Arten von Ganzheiten, komplexe Gegenstände und Begriffe [Menne 1992].

##### **Komplexe Gegenstände:**

Komplexe Gegenstände können in echte Teile zerlegt werden, z.B. der Baum in Wurzel, Zweig, .... Eine solche Zerteilung löst das Ganze auf. Nach der Teilung sind nur die Teile real vorhanden, das Ganze besteht nur noch potentiell daneben.

### **Begriffe:**

Bei den Begriffen unterscheidet man die Einteilung des Inhalts von der Einteilung des Umfangs. Die Einteilung des Inhalts eines Begriffs in seine Bestandteile wird durch die Definition geleistet. Die Einteilung des Umfangs eines Begriffs, seiner Extension, nennt man auch Klassifikation.

### **3.6.2 Der Einteilungsgrund**

Die abstrakte Eigenschaft, unter der die Einteilung erfolgt, heißt der Einteilungsgrund. Jede Einteilung kann nur nach einem Einteilungsgrund erfolgen. Sind mehrere Einteilungsgründe da, dann gibt es für jeden jeweils auch eine eigene Einteilung. Die Einteilungsgründe unterscheiden sich in äußere und innere Einteilungsgründe. Äußere Einteilungsgründe sind unwesentlich, z.B. Bücher nach Format einzuteilen. Innere Einteilungsgründe sind wesentlich, z.B. Bücher nach Inhalt einzuteilen in Sachbücher, Kinderbücher, ... .

### **3.6.3 Die Anzahl der Einteilungsglieder**

Nach der Anzahl der Einteilungsglieder ergeben sich folgende Arten der Einteilung: Bei zwei Einteilungsgliedern handelt es sich um Dichotomie. Diese ist am einfachsten zu erhalten, indem man zu einer Abteilung alle Teile tut, auf die ein bestimmter Einteilungsgrund zutrifft und in die andere Abteilung alles, auf das dieser Grund nicht zutrifft. Ein Begriff A wird in die zwei widersprechenden Begriffe B, in dem eine gesonderte Art wiedergegeben wird, und Nicht-B, in dem die übrigen Arten wiedergegeben werden, eingeteilt, z.B. Wald in Laubwald und Nicht-Laubwald. Diese Art ist eine strenge Dichotomie, da bei ihr die beiden Abteilungen die Gesamtheit des Einteilungsanzuges ausschöpfen. Die Grundlage der dichotomischen Einteilung ist nicht die Änderung der Eigenschaft, sondern ihr Vorhandensein oder ihr Nichtvorhandensein. Die Umfänge der durch Dichotomie erhaltenen Begriffe stimmen in keinem Teil überein. Bei der dichotomischen Einteilung ist der Fehler der unangemessenen Einteilung ausgeschlossen (siehe unten: Angemessenheit der Einteilung des Begriffsumfangs). Tatsächlich erschöpfen zwei einander widersprechende Begriffe den Umfang des einzuteilenden Begriffs völlig. Mit anderen Worten, bei der Dichotomie gibt es weder überschneidende Einteilung noch unvollständige Einteilung. Die Summe der Arten ist dem einzuteilenden Gattungsbegriff gleich. Die Dichotomie ist nicht ohne Mängel. Der Umfang des eingeteilten Begriffs Nicht-B ist allzu unbestimmt. Die Dichotomie kann aber im allgemeinen gut als Hilfsmittel bei der Vorausplanung einer Klassifikation verwendet werden.

Bei drei Einteilungsgliedern spricht man von Trichotomie, bei vier von Tetratomie, bei fünf von Pentatomie, bei sechs von Hexatomie. Alle Einteilungen mit mehr als zwei Gliedern heißen Polytomien.

### **3.6.4 Einteilung des Begriffsumfangs**

Bei der Einteilung eines Begriffsumfangs untersucht man die Einteilungen der Gattungen in Arten. Die Einteilung des Begriffsumfangs ist ein logisches Verfahren, die in einem Begriff wiedergegebenen Gegenstände in Arten einzuteilen, um Gegenstände zu ordnen und ihren Zusammenhang darzustellen, z.B. Auto in LKW und PKW. Die Einteilung von Gegenständen erfolgt durch Vergleich und Abstraktion von Eigenschaften der Gegenstände. Als Basis ist ein Allgemeinbegriff und ein Einteilungsgrund erforderlich, nach dem die Gegenstände klassifiziert werden [Scheffe 1991]. Zum Erfassen eines Begriffs genügt es nicht, den Begriffsinhalt aufzudecken, d. h. durch die logische Operation der Begriffsbestimmung die in dem Begriff fixierten wesentlichen Eigenschaften der Gegenstände anzugeben, auch der

Begriffsumfang muß bestimmt werden, d. h. jene Menge von Gegenständen, die in diesem Begriff wiedergegeben ist. Man muß deshalb nicht nur den Inhalt des Begriffs bestimmen können, sondern auch seinen Umfang, d. h., man muß ihn in Artbegriffe einteilen und die Arten der Gegenstände wiedergeben können. Der einzuteilende Begriff heißt *totum dividendum* oder das Einteilungsganze, und die Begriffe, die durch die Einteilung erhalten werden, heißen *membra divisionis* oder die Einteilungsglieder. Der Begriff, dessen Umfang eingeteilt wird, ist der Gattungsbegriff, und die neuen Begriffe sind die Artenbegriffe in bezug auf diesen Gattungsbegriff. Zwischen dem Gattungsbegriff und dem Artbegriff besteht eine *is-a*-Beziehung.

Wie wurden Artenbegriffe von einem Gattungsbegriff gewonnen? Mit der Definition bestimmt man die wesentliche Eigenschaften, die für die ganze Gruppe der von diesem Begriff erfaßten Gegenstände gemeinsam sind. Diese Gesamtheit der wesentlichen Eigenschaften dieser Gruppe ist der Begriffsinhalt. Bei der Einteilung des Umfangs des Gattungsbegriffs in Artbegriffe ermittelt man nun die Eigenschaften, die jener Art zukommen, bei den anderen aber nicht auftreten. In den Begriffsinhalt LKW und in den Begriffsinhalt PKW gehen die für diese Transportmittel wesentlichen Eigenschaften ein; daneben aber geht in den Inhalt jedes Artbegriffs eine bestimmte Eigenschaft ein, die sich nur auf den Inhalt dieses Artbegriffs bezieht und im Inhalt des anderen Artbegriffs fehlt. In den Begriff LKW z.B. geht die Wesenseigenschaft Lastentransport ein.

Die Eigenschaft, nach der die Einteilung des Umfangs eines Gattungsbegriffs in Artbegriffe vorgenommen wird, heißt Einteilungsgrund oder *principium divisionis*. Der Umfang des Begriffs „Haus“ kann z.B. eingeteilt werden in die Begriffe Steinhaus und Holzhaus. In diesem Fall ist die Eigenschaft Einteilungsgrund, die den Charakter des Materials bestimmt, aus dem die Häuser gebaut werden. Der Umfang eines Begriff läßt sich durch den Einteilungsgrund auf mehrere Weisen in Artbegriffe zerlegen, z.B., die Klasse der Menschen läßt sich einteilen nach dem Geschlecht: in Männer und Frauen, nach dem Familienstand in Verheiratete, Verwitwete, Geschiedene, Ledige, nach dem Alter in Kinder, Jugendliche, Erwachsene, Greise, nach dem Beruf in Lehrer, Student, Arbeiter usw. Eine Einteilung heißt vollständig, wenn alle Glieder zusammen wieder das Ganze ergeben, sonst ist die Einteilung unvollständig. Vollständige Einteilung ist z.B. die Einteilung der Klasse der Menschen in Mann und Frau. Unvollständige Einteilung ist z.B. die Einteilung der Klasse der Menschen in Student und Lehrer.

Für praktische Zwecke, z.B. zur Erfüllung von wissenschaftlichen Aufgaben, muß der Einteilungsgrund dem praktischen Zweck entsprechen. Klassifiziert man z.B. Bücher einer Bibliothek nach der Farbe, so hat diese Klassifikation keinen praktischen Wert.

Den erhaltenen Artbegriff kann man seinerseits in Unterarten einteilen. Den Umfang des Begriffs Zeitung kann z.B. man in Tageszeitung und Wochenzeitung einteilen, den Begriffsumfang Tageszeitung seinerseits wieder in die Begriffe zentrale Zeitung, Bezirkszeitung und Kreiszeitung.

Man spricht von der Angemessenheit der Einteilung des Begriffsumfangs, wenn dabei exakt alle Arten aufgezählt werden, die in den Umfang des einzuteilenden Begriffs eingehen, ohne daß ihre Anzahl verkleinert oder vergrößert wird. Mit anderen Worten, die Summe der Arten muß gleich dem Umfang des einzuteilenden Begriffs sein. Als Beispiel für eine angemessene Einteilung des Begriffsumfangs kann die folgende Einteilung des Begriffsumfangs Winkel dienen: „Es gibt spitze, rechte und stumpfe Winkel“. Gegen die angemessene Einteilung des Begriffsumfangs gibt es zwei Arten von Verstößen, eine zu weite Einteilung und eine zu enge.

In einer zu *weiten Einteilung* werden in den Umfang des einzuteilenden Begriffs Arten eingeführt, die in Wirklichkeit in ihm nicht enthalten sind. Die Summe der Umfänge von Artbegriffen wird in diesem Fall den Umfang des einzuteilenden Begriffs übersteigen. Dieser logische Fehler liegt z.B. vor in der Einteilung der Gattung Möbel in Tisch, Stuhl, Schrank.

In einer zu *engen Einteilung* werden nicht alle Arten aufgezählt, die in den Umfang des einzuteilenden Begriffs eingehen. Die Summe der Umfänge von Artbegriffen wird in diesem Falle kleiner als der Umfang des einzuteilenden Begriffs. Eine solche fehlerhafte Einteilung der Nadelbäume ist z.B. „Nadelbäume sind Tannen, Kiefern, Fichten“, weil dabei die Arten: die Zeder und die Lärchen, weggelassen wurden.

Eine Einteilung des Begriffsumfangs wird willkürliche oder künstliche Klassifikation genannt, wenn als Einteilungsgrund nicht ein tatsächliches Merkmal dient, das dem Begriff zukommt, sondern ein willkürlich erdachtes Merkmal, das nur vom praktischen Gesichtspunkt aus zum Zweck der durchzuführenden Untersuchung von Bedeutung ist. Im Unterschied dazu wird bei der natürlichen Klassifikation als Einteilungsgrund ein wesentliches Merkmal genommen, das zum Inhalt des einzuteilenden Begriffs gehört.

Damit die Begriffseinteilung richtig ist, muß man die Regeln der Begriffseinteilung befolgen. Die Kenntnis der logischen Operation der Einteilung des Begriffsumfangs erleichtert die Arbeit des Menschen, der sich mit der Klassifikation von Gegenständen beschäftigt, gibt die Möglichkeit, schneller fehlerhafte Thesen falscher Klassifikationen zu bemerken.

### **3.6.5 Regeln zur Einteilung eines Begriffsumfangs**

1. Die Einteilungsglieder, die Artbegriffe, sollen nächste Arten sein, d. h. unmittelbar niedrigere Begriffe zum einzuteilenden Gattungsbegriff, aber in bezug aufeinander subalterne Begriffe sein. Ein subalterner Begriff ist ein Begriff, dessen Umfang als Teil in einen anderen Begriffsumfang eingeht. Soll z.B. die Klasse der Elemente in Arten eingeteilt werden, z.B. in Metalle und Nichtmetalle, so kann als subalterner Artbegriff nicht auch der Begriff Eisen auftreten. Eisen ist keine nächste Art für die Klasse der Elemente. Eisen ist eine nächste Art für die Klasse Metalle. Deshalb ist die Einbeziehung des Begriffs Eisen in die Artbegriffe Metalle und Nichtmetalle ein Verstoß gegen die konsequente Einteilung des Begriffsumfangs Element. Derartige Fehler bei der Begriffseinteilung heißt Sprung in der Einteilung.
2. Bei einer und derselben Einteilung muß ein und derselbe Grund verwendet werden. Man kann z.B. den Umfang des Begriffs Student wie folgt einteilen: Informatikstudent, Mathematikstudent, Philosophiestudent u. a. Eine Einteilung in Philosophiestudent, weiblicher Student, deutscher Student u. a. ist jedoch nicht zulässig, weil hier die Einteilung nach verschiedenen Gründen vorgenommen wurde. Die Wahl des jeweiligen Grundes wird bei jeder Einteilung von den Zielen bestimmt, die sich der Mensch im Untersuchungsprozeß von Gegenständen der Wirklichkeit stellt. Wenn man sich z.B. für das Geschlecht der Studenten interessiert, teilt man Studenten in weibliche und männliche Studenten ein, wenn man sich aber für das Fach der Studenten interessiert, teilt man Studenten in Philosophiestudenten, Mathematikstudenten u. a. Mit anderen Worten, damit die Einteilung eines Begriffsumfangs einen praktischen Wert hat, darf man als Einteilungsgrund nicht eine unwesentliche, gerade vorkommende Eigenschaft wählen.
3. Die Einteilung muß angemessen sein, d. h., der Umfang der Einteilungsglieder muß zusammengenommen dem Umfang des einzuteilenden Begriffs gleichen. Wenn man nach irgendeiner Eigenschaft die Artbegriffe eines Gattungsbegriffs aufzählt, muß man stets alle Artbegriffe anführen, keinen mehr und keinen weniger. Diese Regel schützt vor zwei Fehlern, vor der unvollständigen oder zu engen Einteilung und vor der überschneidenden oder zu weiten Einteilung.
4. Die Einteilungsglieder müssen einander gegenseitig ausschließen. Gemäß dieser Regel darf sich jeder Gegenstand nur im Umfang eines einzelnen Artbegriffs befinden und darf auf keinen Fall in den Umfang eines anderen Begriffs eingehen. Wenn als

Einteilungsgrund eine unklare Eigenschaft verwendet wird, zeichnet sich die Grenze zwischen den Klassen durch große Unbestimmtheit aus.

Die Einteilung des Begriffsumfangs hat große praktische Bedeutung, da im Alltag Begriffsumfänge eingeteilt werden müssen. Sie spielt eine große Rolle bei der objektorientierten Datenmodellierung, da bei ihr Klassenhierarchien aufgestellt werden müssen. Sie erleichtert den Prozeß der Untersuchung der Gegenstände der Wirklichkeit. Die Kenntnis der Einteilungsregeln eines Begriffsumfangs erleichtert die Einteilung und bewahrt vor möglichen Fehlern.

Einteilen kann man einen Begriff dann, wenn man den Inhalt des einzuteilenden Begriffs und seine Arten kennt.

### 3.6.6 Nebeneinteilung

Wenn ein Ganzes zuerst nach einem Einteilungsgrund in Klassen eingeteilt wird und diese Klassen wieder nach einem zweiten Einteilungsgrund eingeteilt werden, dann spricht man von einer Nebeneinteilung [Menne 1992]. Ergibt bei Nebeneinteilung der erste Einteilungsgrund  $G_1$   $m$  Einteilungsglieder, der zweite  $G_2$   $n$  Einteilungsglieder, so ergeben sich  $(m \cdot n)$  Einteilungsglieder aus der Nebeneinteilung. Die Einteilung nach dem ersten Grund  $G_1$  führt z.B. auf die Klassen A, B, C, nach dem zweiten Grund auf X, Y, Z. Dann ergeben sich aus beiden Einteilungsgründen 9 mögliche Klassen. Es gibt Klassen, die Exemplare besitzen, d. h. ihre Exemplare existieren oder sind zumindest denkbar. Es gibt aber auch Klassen, die keine Exemplare besitzen, d. h. Exemplare, die ihre beiden Sätze von Klassenmerkmalen zugleich erfüllen, sind nicht denkbar. Im unteren Beispiel sind Exemplare, die sowohl die Merkmale der Klasse C als auch die der Klasse Z besitzen, denkbar. Exemplare, die sowohl die Merkmale der Klasse C als auch die der Klasse A besitzen, sind nicht denkbar.

G2	G1	A	B	C
X		K	K	?
Y		K	K	K
Z		?	K	K

#### *Ein Beispiel einer Nebeneinteilung*

Der erste Einteilungsgrund für Beschäftigte sei z.B. das Geschlecht (weiblich, männlich), der zweite sei Beschäftigungsart (Arbeiter, Angestellte, Beamte). Insgesamt ergibt sich diese Nebeneinteilung dann 6 Gliederklassen:

G2	G1	Arbeiter	Angestellte	Beamte
Männlich		K	K	K
Weiblich		K	K	K

#### *Ein konkretes Beispiel einer Nebeneinteilung, bei der alle Exemplare denkbar sind*

Unabhängig davon ist jedes Mitglied dieser  $(m \cdot n)$  Klassen sowohl in genau einer der  $(m)$  Klassen enthalten, die durch den Einteilungsgrund  $G_1$  definiert werden, als auch in genau einer der  $(n)$  Klassen, die durch den Einteilungsgrund  $G_2$  definiert werden.

In der Fachsprache der objektorientierten Programmierung wird dieses Prinzip häufig als **Mehrfachvererbung** bezeichnet. Die Klasse „Wale“ erbt alle Eigenschaften von den Klassen „Säugetier“ und „Wasserwirbeltier“.

G2	G1	Landwirbeltier	Wasserwirbeltier
Säugetier		Hasentiere, ...	Wale, ...
Vögel		Straußen, ...	Exemplare nicht denkbar

Ein konkretes Beispiel einer Nebeneinteilung, bei der nicht alle Exemplare denkbar sind

Abhängig von der Semantik der betrachteten Einteilungsgründe kann es sein, daß nicht für alle Klassen Exemplare denkbar sind.

### 3.6.7 Art-Gattung-Hierarchie

Nicht nur die Gattungsbegriffe bilden die Ausgangspunkte für die Einteilung, sondern auch die Artbegriffe. Die Artbegriffe werden wieder in Artbegriffe eingeteilt (Abbildung 33).

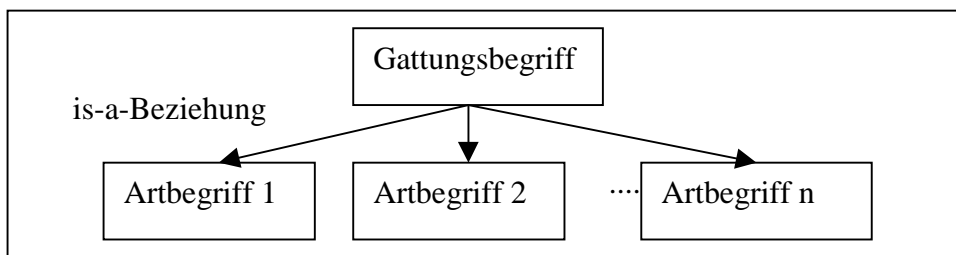


Abbildung 33: Einteilung des Umfangs des Gattungsbegriffs

Durch die wiederholte Anwendung der Einteilung auf Begriffe entsteht die Art-Gattung-Hierarchie von Begriffen (Abbildung 34).

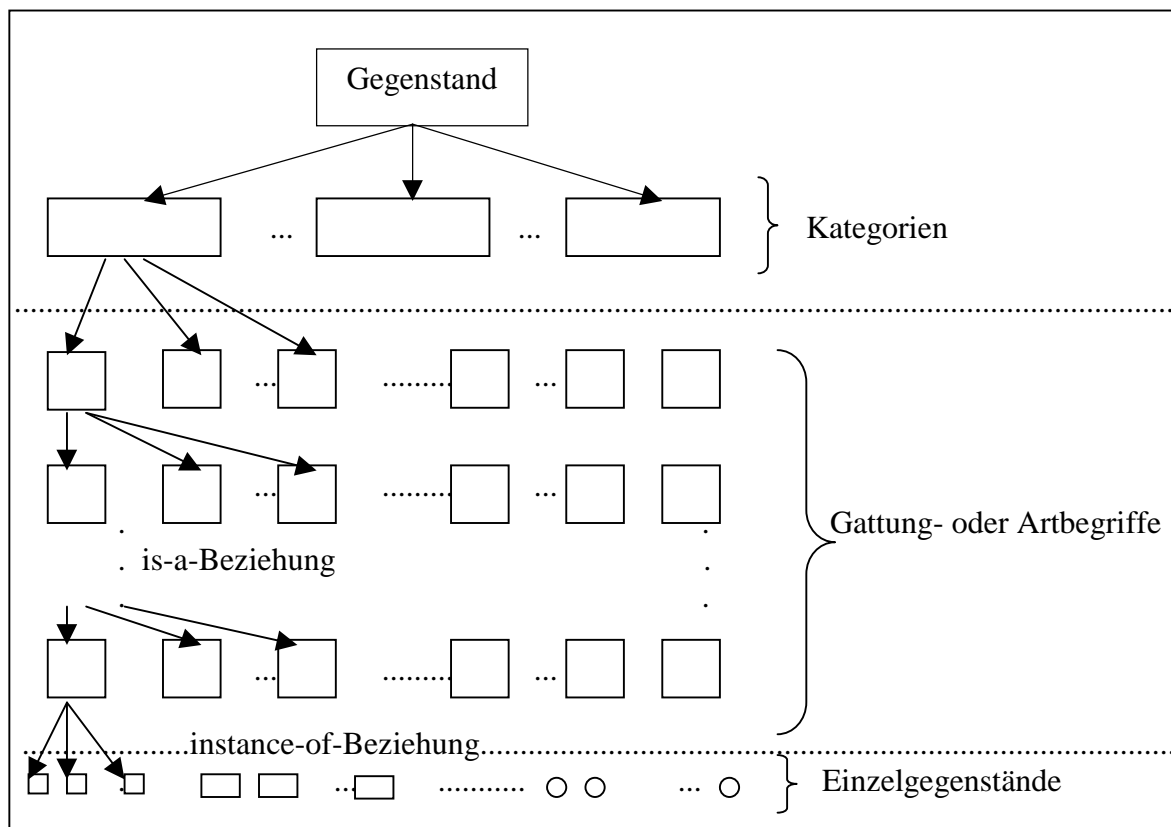


Abbildung 34: Ebenen der Einteilung

Die Grenze der Einteilung sind die Individualbegriffe, die sich nicht mehr einteilen lassen. Der Individualbegriff hat einen Umfang von eins, aber den reichsten Inhalt.

Beim Herabsteigen entstehen die Arten aus der Gattung synthetisch, das heißt durch Hinzufügung der spezifischen Differenzen.

Die Begriffe, die in einer solchen Hierarchie auftreten, stehen in dem Verhältnis der Über- und Unterordnung oder der Subordination zueinander. Die Begriffe, die auf gleicher Stufe der Hierarchie stehen, sind nebengeordnet oder koordiniert. Begriffe, die anderen übergeordnet sind, haben einen größeren Umfang, aber einen geringeren Inhalt als die ihnen untergeordneten. Diese haben den kleineren Umfang, aber einen reicheren Inhalt.

Einteilung, Deduktion, Spezialisierung, Konkretisierung sind eng verwandte Begriffe. Sie beschreiben den Weg vom Allgemeinen zum Einzelnen. Dieser Weg heißt **top-down-Methode**.

### **3.7 Subordination von Begriffen, Vererbung**

#### **3.7.1 Subordination von Begriffen**

Es ist Platons große Entdeckung, daß sich die Begriffe in Gattungen und Arten zerlegen lassen und dadurch eine Begriffshierarchie entsteht. Zu der platonischen Entdeckung fügte Aristoteles die Begriffslogik, die Lehre vom logischen Schluß, dem Syllogismus hinzu. Die Begriffslogik enthält die Darstellung der Beziehungen, die zwischen Begriffen mit verschiedenen Umfängen bestehen. Die Begriffe sind dabei so geordnet, daß einem Begriff von größerem Umfang die von nächst kleinerem, diese wieder von nächst kleinerem Umfang und sofort zugeordnet sind, wodurch eine Hierarchie entsteht, die ein Art- Gattungsschema oder eine Begriffspyramide heißen soll.

Subordination oder Unterordnung von Begriffen ist eine Beziehung, die zwischen Begriffen besteht, wenn der Umfang des einen in den des anderen Begriffs eingeht. Der Begriff, dessen Umfang als Teil in einen anderen Begriffsumfang eingeht, heißt subaltern. Der Begriff, dessen Umfang einen anderen Begriffsumfang als Bestandteil einschließt, heißt subordinierend. Die Begriffe „Mensch“ und „Student“ stehen z.B. in Verhältnis der Subordination zueinander; der Umfang des Begriffs Student geht in den Umfang des Begriffs Mensch ein. Die Artbegriffe desselben Gattungsbegriffs heißen koordiniert oder homogen.

Die Subordination von Begriffen spielt eine große Rolle, da keine Begriffsdefinition möglich ist, ohne den Artbegriff dem Gattungsbegriff unterzuordnen, zu subordinieren. Eine Ausnahme bildet nur die Definition von Kategorien. Jede richtige Definition beginnt mit der Angabe des Gattungsbegriffes, z.B. „Der Mensch ist ein Lebewesen ...“.

Beim Operieren mit Begriffen, die in Subordinationsbeziehungen zueinander stehen, tritt manchmal der logische Fehler auf, daß der subalterne Begriff nicht als Artbegriff angesehen wird, der in den Umfang des Gattungsbegriffs eingeht, sondern als Teil eines Ganzen. Die Begriffe „Computer“ und „Personalcomputer“ stehen z.B. in Subordinationsbeziehung zueinander. „Computer“ ist der Gattungsbegriff und „Personalcomputer“ ist der Artbegriff. Das läßt sich leicht nachprüfen, denn jeder Personalcomputer ist ein Computer. Andererseits sind die Begriffe „Computer“ und „Festplatte“ keine Begriffe, die in Subordinationsbeziehungen stehen. Der Begriff „Festplatte“ ist kein Artbegriff in bezug auf den Begriff „Computer“. Die Festplatte ist ein Teil des Computers, aber keine Computerart. Wenn man durchaus sagen kann, daß jeder Personalcomputer ein Computer ist, kann man nicht sagen, daß jede Festplatte ein Computer ist. Der Fehler ist sofort zu erkennen. Anders gesagt, die Subordinationsbeziehung, d. h. die Beziehung zwischen Gattung und Art wurde verwechselt mit der Beziehung zwischen Ganzem und Teil. Aber der Charakter der Beziehung zwischen Gattung und Art ist ganz anderer als der Charakter der Beziehung zwischen Ganzem und seinem Teil.

Beim Operieren mit subalternen Begriffen muß man folgende Regeln kennen:

1. Der subalterne Begriff ist der Artbegriff, der subordinierende Begriff ist der Gattungsbegriff.
2. Was dem subordinierenden Begriff zukommt, kommt auch dem subalternen Begriff zu; aber nicht alles, was dem subalternen Begriff zukommt, kann man auch im subordinierenden Begriff finden.

Alles z.B., was für den Begriff „Computer“ als subordinierendem Begriff charakteristisch ist, gilt auch für den Begriff „Personalcomputer“, z.B. haben beiden einen Prozessor. Aber nicht alles, was dem Personalcomputer zukommt, kommt auch dem Computer zu.

Der Umfang des subalternen Begriffs ist eine Teilmenge des Umfangs des subordinierenden Begriffs bzw. der Inhalt des subordinierenden Begriffs ist im Inhalt des subalternen Begriffs enthalten:

$U(A) \subset U(G)$  bzw.  $I(G) \subset I(A)$  (Abbildung 35).

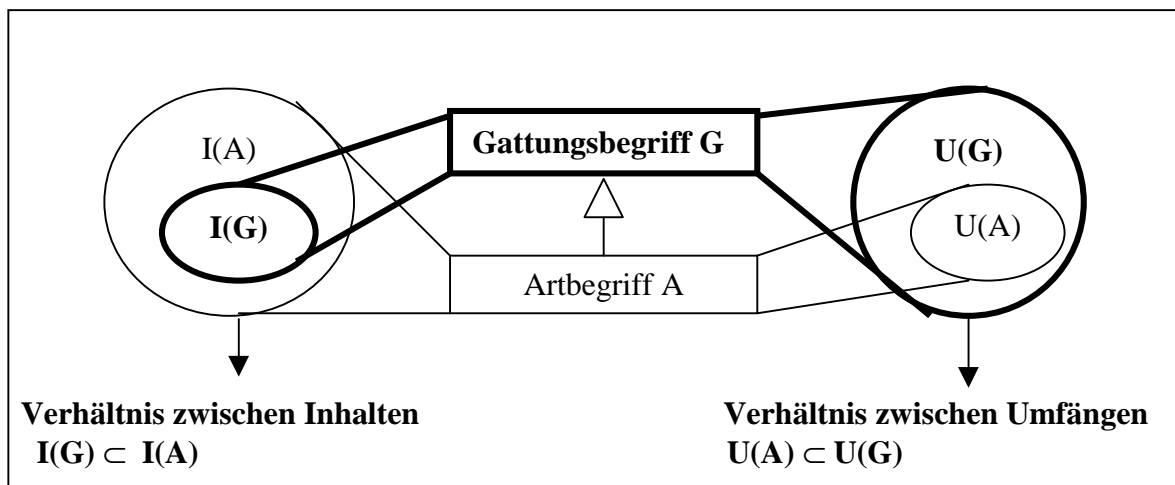


Abbildung 35: Subordinationsbeziehung

In der mathematischen Logik wird die Subordinationsbeziehung von Begriffen symbolisch durch die Formel ausgedrückt:  $A \subset G$ , „A ist echte Teilmenge von G, oder A ist echt in G enthalten“. Wobei A und G Mengen sind und das Zeichen  $\subset$  den Ausdruck „echte Teilmenge von oder ist echt enthalten“ ersetzt. **Is-a-Beziehung** bedeutet eine Subordinationsbeziehung zwischen dem Gattungsbegriff und dem Artbegriff. In diesem Fall sind Merkmale des Gattungsbegriffs auch Merkmale des Artbegriffs [Ferber 1998].

$A \text{ is-a } G \Leftrightarrow U(A) \subset U(G) \Leftrightarrow I(G) \subset I(A)$ .

### 3.7.2 Vererbung

Vererbung bedeutet, daß für die Gegenstände des Artbegriffs außer den Arteigenschaften auch die Eigenschaften des Gattungsbegriffs gültig sind. Das heißt, was dem Gattungsbegriff zukommt, kommt auch dem Artbegriff zu; aber nicht alles, was dem Artbegriff zukommt, kann man auch im Gattungsbegriff finden. Man sagt, der Gattungsbegriff vererbt seine Merkmale an den Artbegriff, oder genauer, die Mitglieder des Artbegriffs erben alle Eigenschaften von Mitgliedern des Gattungsbegriffs (Abbildung 36). Der Grund der Vererbung ist die Definition eines Artbegriffs durch Angaben von dem nächst höheren Gattungsbegriff und Artdifferenzen.



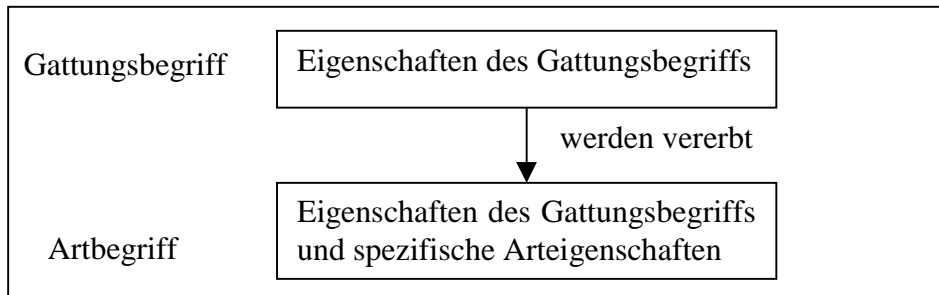


Abbildung 36: Vererbung von Eigenschaften eines Gattungsbegriffs an einen Artbegriff

### Einfachvererbung:

In der Naturwissenschaft wählt man häufig die Einteilungseigenschaft derart aus, daß - mit Ausnahme des Begriffs, der alle interessierenden Objekte umfaßt - jeder Begriff A genau einen echten direkten Gattungsbegriff G besitzt. „Echt“ meint hierbei, daß der Gattungsbegriff G und der Artbegriff A nicht identisch sind, und mit „direkt“ soll ausgedrückt werden, daß es keinen Begriff C gibt, derart, daß C ein echter Gattungsbegriff zu A und G ein echter Gattungsbegriff zu C darstellt. Stellt man die dabei erhaltene Begriffshierarchie als Graphen dar, so erhält man einen Baum, der als Begriffsbaum bezeichnet wird.

In einem Begriffsbaum stellen Begriffe, die keine Artbegriffe besitzen, die Blätter im Baum dar. Daher ist es angebracht, diese Begriffe als Blattbegriffe zu bezeichnen. Blattbegriffe sind Begriffe, die keine weiteren Artbegriffe besitzen. Die Nicht-Blattbegriffe sind Begriffe, die mindestens einen Artbegriff besitzen.

Exemplare von Nicht-Blattbegriffen ergeben sich genau dann, wenn ein Begriff nicht vollständig eingeteilt wird. In diesem Fall existieren Objekte oder sind Objekte denkbar, die einem Begriff, aber keinem ihrer Artbegriffe zuzuordnen sind.

Wenn Artbegriffe nur genau einen Gattungsbegriff besitzen, dann spricht man von der **Einfachvererbung** (Abbildung 37).

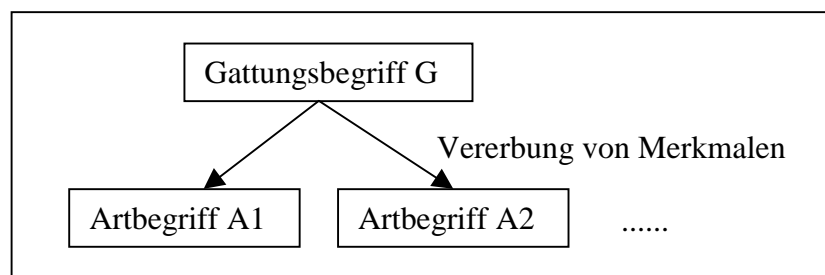


Abbildung 37: Einfachvererbung

Seien G ein Gattungsbegriff, A1, A2, ... Artbegriffe von G.

Seien  $I(G)$  der Inhalt von G,  $I(A1)$ ,  $I(A2)$ , ... Inhalte von A1, A2,... dann gilt:

$$I(G) \subset I(A1)$$

$$I(G) \subset I(A2)$$

.....

bzw.

$$I(G) \subset I(A1) \cap I(A2) \cap \dots$$

Seien  $U(G)$  Umfang von G,  $U(A1)$ ,  $U(A2)$ , ... Umfänge von A1, A2,... dann gilt:

$$U(A1) \subset U(G).$$

$$U(A2) \subset U(G).$$

.....

bzw.

$$U(A1) \cup U(A2) \cup \dots \subset U(G).$$

Für einen Artbegriff A des Gattungsbegriffs G gelten folgende Beziehungen (Abbildung 38, 39):

$$I(G) \subset I(A)$$

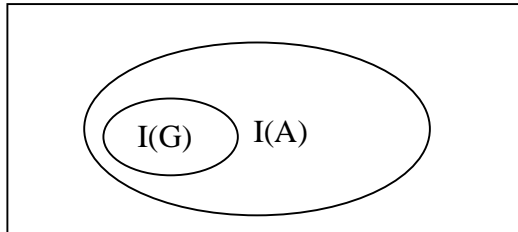


Abbildung 38: Intensionale Beziehung zwischen Gattungsbegriff und seinem Artbegriff

$$U(A) \subset U(G)$$

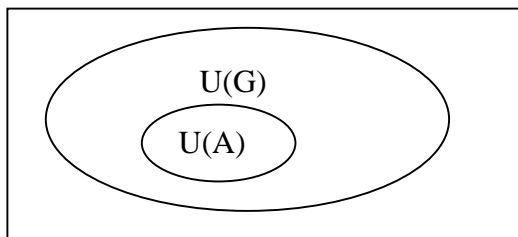


Abbildung 39: Extensionale Beziehung zwischen Gattungsbegriff und seinem Artbegriff

Für zwei Artbegriffe A1 und A2 des Gattungsbegriffs G gelten folgende Beziehungen (Abbildung 40, 41):

$$I(G) \subset I(A1) \cap I(A2)$$

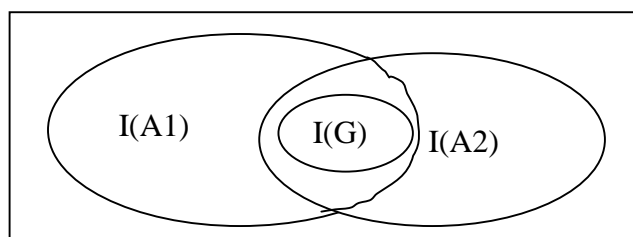


Abbildung 40: Intensionale Beziehung zwischen Gattungsbegriff und seinen Artbegriffen

$$U(A1) \cup U(A2) \subset U(G)$$

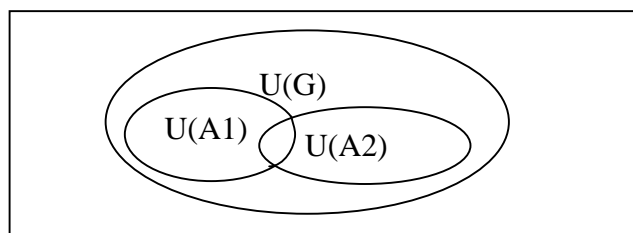
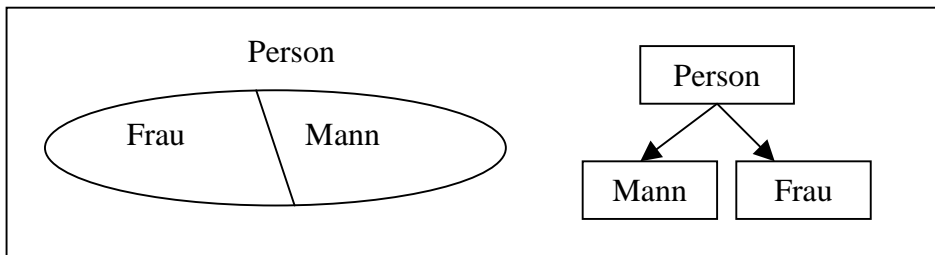


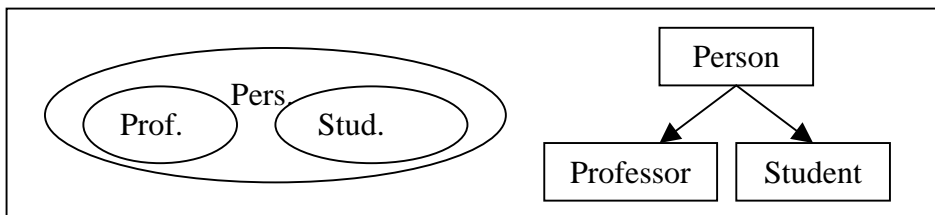
Abbildung 41: Extensionale Beziehung zwischen Gattungsbegriff und seinen Artbegriffen

Für die extensionale Beziehung zwischen Gattungsbegriff und seinen Artbegriffen sind folgende Fälle möglich:

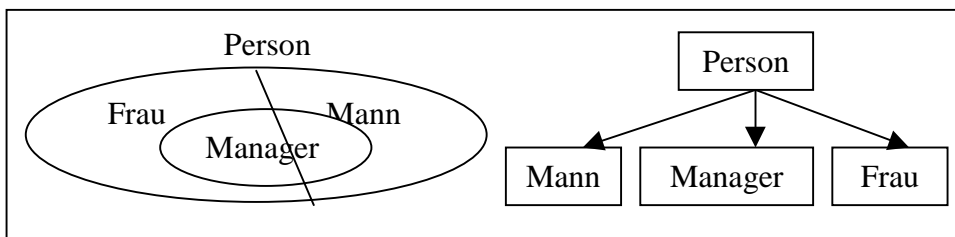
**Totale, disjunkte Einteilung:**



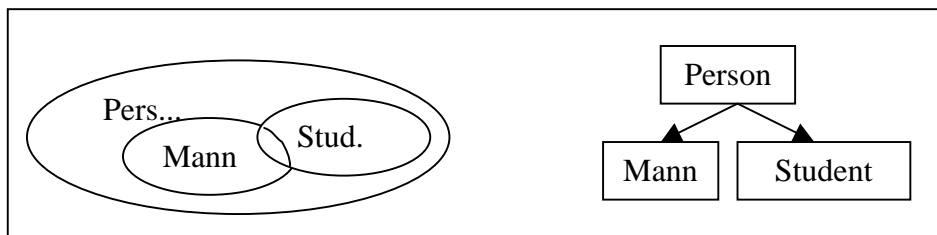
**Partielle, disjunkte Einteilung:**



**Totale, nicht disjunkte Einteilung:**



**Partielle, nicht disjunkte Einteilung:**



**Mehrfachvererbung:**

Es gibt nicht nur einfache Hierarchien von Begriffen, bei denen ein Begriff nur einen einzigen Gattungsbegriff hat, sondern auch Multihierarchien [Lunze 1991], bei denen ein Begriff mehrere Gattungsbegriffe hat (Abbildung 42). Dies ist z.B. notwendig, wenn die Gegenstände aus unterschiedlichen Sichten betrachtet werden sollen.

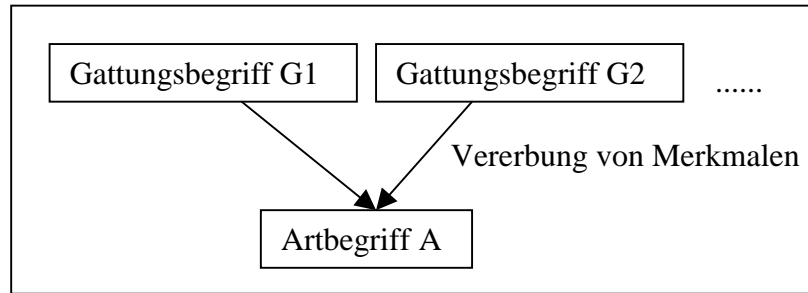


Abbildung 42: Mehrfachvererbung

Seien  $G_1, G_2, \dots$  Gattungsbegriffe,  $A$  Artbegriff von  $G_1, G_2, \dots$   
 Seien  $I(G_1), I(G_2), \dots$  Inhalte von  $G_1, G_2, \dots$   $I(A)$  Inhalt von  $A$  dann gilt:  
 $I(G_1) \subset I(A)$   
 $I(G_2) \subset I(A)$   
 .....  
 bzw.  
 $I(G_1) \cup I(G_2) \cup \dots \subset I(A)$

Seien  $U(G_1), U(G_2), \dots$  Umfänge von  $G_1, G_2, \dots$   $U(A)$  Umfang von  $A$  dann gilt:  
 $U(A) \subset U(G_1)$ .  
 $U(A) \subset U(G_2)$ .  
 .....  
 bzw.  
 $U(A) \subset U(G_1) \cap U(G_2) \cap \dots$

Für zwei Gattungsbegriffe  $G_1$  und  $G_2$  des Artbegriffs  $A$  gelten folgende Beziehungen (Abbildung 43, 44):

$$I(G_1) \cup I(G_2) \subset I(A)$$

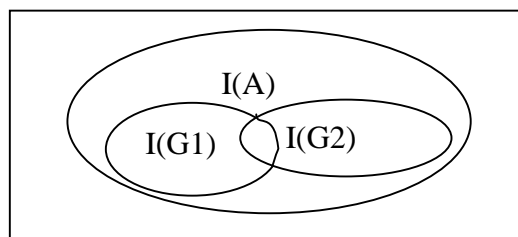


Abbildung 43: Intensionale Beziehung zwischen Artbegriff und seinen Gattungsbegriffen

$$U(A) \subset U(G_1) \cap U(G_2)$$

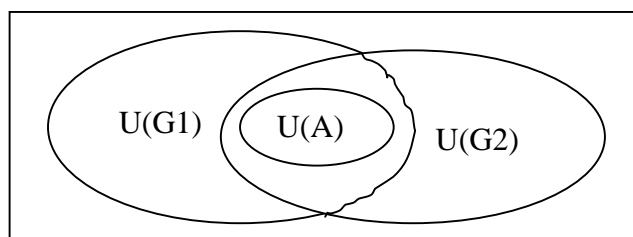


Abbildung 44: Extensionale Beziehung zwischen Artbegriff und seinen Gattungsbegriffen

Wenn Artbegriffe mehr als einen Gattungsbegriff besitzen, dann spricht man von der Mehrfachvererbung.

### 3.8 Klassifikation

Die Abstraktion und Einteilung dienen zum Aufbau von Begriffshierarchien. Beide Verfahren gehören zur Technik der Klassifikation. Durch die Klassifikation werden Begriffe in eine Art-Gattung-Hierarchie eingeordnet. Die Beziehung zwischen dem Artbegriff und seinem Gattungsbegriff ist eine Subordinationsbeziehung oder is-a-Beziehung. Sie verdeutlicht **eine Generalisierung** von einer besonderen Klasse auf eine allgemeinere Klasse oder **eine Spezialisierung** von einer allgemeineren auf eine besondere Klasse von Gegenständen. Generalisierung und Spezialisierung sind zwei unterschiedliche Blickrichtungen der gleichen Beziehung, einmal aus der Sicht des Artbegriffs und einmal aus der Sicht des Gattungsbegriffs.

Bei der Aufstellung einer Art-Gattung-Hierarchie können zwei Wege eingeschlagen werden: die Rationalisierung von unten, die Abstraktion, und die Rationalisierung von oben, die Einteilung. Die Abstraktion erweitert den Begriffsumfang und engt den Begriffsinhalt ein. Umgekehrt führt die Einteilung zu einem schärferen Begriffsinhalt und damit auch zu einem eingegengten Begriffsumfang. Abstraktion und Einteilung sind konträre Blickrichtungen derselben Ordnungsrelation. Die Abstraktion generalisiert das Besondere, und die Einteilung spezialisiert das Allgemeine. Die Art-Gattung-Hierarchie entsteht dadurch, daß aus Artbegriffen die gemeinsamen Merkmale herausgenommen und zu einem weiteren Begriff, Gattungsbegriff, zusammengefaßt werden. Die Art-Gattung-Hierarchie entsteht auch dadurch, daß jeder Artbegriff mit besonderen Fähigkeiten verbunden ist. Der Artbegriff stellt eine Spezialisierung des Gattungsbegriffs dar. Mit der Zuordnung weiterer Merkmale zu einem Gattungsbegriff wird ein Artbegriff gebildet. Die weiteren Merkmale des Artbegriffs beschreiben die Besonderheiten gegenüber dem Gattungsbegriff. Durch die Hierarchie der Begriffe wird es also möglich, Gegenstände der realen Welt in unterschiedlicher Genauigkeit darzustellen.

Abstraktion und Einteilung sind geistige Fähigkeiten; sie sind die wohl bedeutendsten geistigen Leistungen der Menschen. Die Klassifikation hilft uns, die Komplexität der Gegenstände in der Welt zu beherrschen, die reale Welt einfach zu begreifen, indem sie Arten von Gegenständen der realen Welt mittels der Abstraktion oder der Einteilung bildet.

### 3.9 Begriffshierarchie

Gegenstände der Wirklichkeit stehen in unterschiedlichen Beziehungen zueinander. Durch den Prozeß der Abstraktion werden die Gegenstände in Begriffe, wesentliche Eigenschaften der Gegenstände in Merkmale der Begriffe und die wesentlichen Beziehungen zwischen Gegenständen in Beziehungen zwischen Begriffen abgebildet. Aufgrund der verschiedenen Formen der Beziehungen zwischen Gegenständen bilden die Begriffe unterschiedliche Hierarchien. Außer der Art-Gattung-Beziehung, der Teil-Ganze-Beziehung gibt es noch weitere Formen der Beziehung zwischen Begriffen, z.B. die Verwandtschaftsbeziehung, die Ursache-Folge-Beziehung usw. Jede Art der Beziehung bildet eine Begriffshierarchie, die eine eigene Struktur hat.

Das Beispiel für Verwandtschaftsbeziehung ist die Beziehung zwischen den Begriffen wie „Vater“, „Mutter“, „Sohn“, „Tochter“, „Onkel“, „Tante“, „Großvater“, „Urgroßvater“, „Enkel“ usw. Die Beziehungen zwischen diesen Begriffen werden durch einen Stammbaum dargestellt, dessen logische Struktur sich von der Struktur einer Art-Gattung-Hierarchie unterscheidet. Durch die Verbindung dieser Begriffe miteinander erhält man Urteile und Schlüsse von ganz anderer Form. So folgt aus den beiden Sätzen: A ist Vater von B, B ist Vater von C, der Satz: A ist Großvater von C. Und so kann man noch zahlreiche andere Beziehungen aus dem Stammbaum ablesen und aus einer Beziehung auf andere schließen, die bestehen müssen, wenn diese besteht.

Ein Beispiel für Teil-Ganze-Beziehung ist die Beziehung zwischen Begriffen, die die Elemente des Computers und des Computernetzes bezeichnen. Teile eines Computer sind z.B. Tastatur, Bildschirm, Gehäuse, Betriebssystem. Der Computer ist ein Teil eines Computernetzes und das Computernetz ist wieder ein Teil des Internets. Die Begriffshierarchie des Internets hat eine andere Struktur als die Struktur der Art-Gattung-Hierarchie und diese Struktur wieder eine andere Struktur als die Struktur eines Stammbaums, in dem die einzelnen Personen nach ihren Verwandtschaftsbeziehungen eingeordnet sind.

Die Art-Gattung-Hierarchie ist ein grundlegender Typ von Begriffshierarchien. In ihnen kann jeder Begriff als Art definiert werden durch den darüber stehenden Begriff, die Gattung, und die spezifische Differenz, z.B. Pflanze als „pflanzliches sterbliches Lebewesen“ (Abbildung 45). Die in diesen Definitionen auftretenden Begriffe heißen Merkmale.

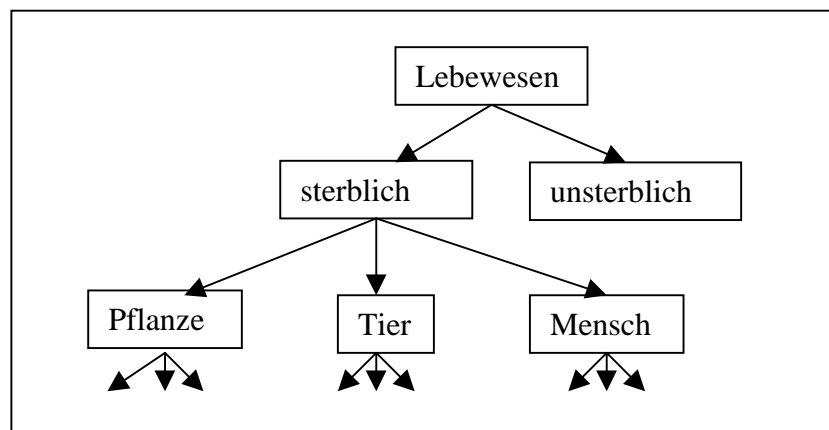


Abbildung 45: Beispiel für Art-Gattung-Hierarchie

Aus der Hierarchie, die die Art- und Gattungsbegriffe bilden, ergibt sich, daß ein jeder Begriff einen Komplex von Merkmalen darstellt, durch die er bestimmt ist und sich zugleich von anderen Begriffen desselben Systems unterscheidet. Ein Begriff darf nicht als die Summe seiner Merkmale aufgefaßt werden. Aus der Zahl der Eigenschaften des Gegenstandes werden nur die herausgegriffen, die sich für die Begriffsbildung und die Ordnung der Begriffe eignen. Sie werden nicht summiert, sondern dienen dazu, jedem Begriff im System einen mehr oder weniger hohen Grad der Abstraktion zu verleihen. Begriffshierarchien enthalten offensichtlich eine Ebene, die eine Sonderstellung einnimmt: die Basisebene [Wessells 1994]. Die Basisebene ist die unterste Ebene, bei der die Gegenstände des Begriffs viele gemeinsame Eigenschaften aufweisen. Auf dieser Basisebene sind sich die Gegenstände des Begriffs in ihrer Form und ihrem Verhalten ähnlich. Aus diesen Gründen sind Begriffe der Basisebene besonders gut einsetzbar, und wir tendieren dazu, unsere Umwelt insbesondere auf einer solchen Basisebene einzuteilen.

Werden mehrere Beziehungsformen modelliert, so ergibt sich daraus nicht mehr eine einfache Begriffshierarchie, sondern ein komplexes Begriffssystem. In verschiedenen Bereichen der Informatik ist die Modellierung eines Wirklichkeitsausschnitts die grundlegende Aufgabe. Auf der Begriffsebene sind mehrere Modelle entwickelt worden. Die gemeinsamen Grundkonzepte wie Abstraktion, Einteilung, Aggregation usw. haben wir bereits auf der Gegenstandsebene und der Begriffsebene behandelt.

Im Bereich der **Wissensrepräsentation** kann das Wissen über den Wirklichkeitsausschnitt mit Hilfe von semantischen Netzen oder Frames dargestellt werden. Ein **semantisches Netz** besteht aus Knoten und gerichteten Kanten. Die Knoten des Netzes repräsentieren die Begriffe oder Einzelgegenstände des betrachteten Gegenstandsbereichs. Hier ist zu bemerken, daß Gegenstände selbst zum semantischen Netz gehören und mit is-instance-of an ihre Begriffe gebunden werden [Heuer 1997]. Die gerichteten Kanten bringen die Beziehungen

zwischen den Gegenständen zum Ausdruck, wie sie in der Richtung der Kante gelten. Der Wal wird z.B. durch das folgende semantische Netz dargestellt (Abbildung 46).

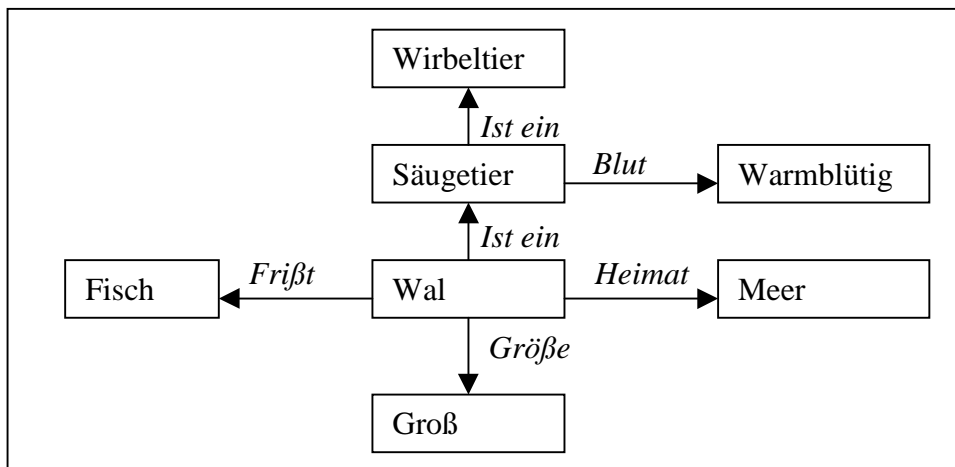


Abbildung 46: Ein Beispiel für das semantische Netz

Wichtiger Vorteil der semantischen Netze ist die Tatsache, daß die Beziehungen zwischen Gegenständen explizit dargestellt werden können. Die Kanten des Graphen vermitteln Assoziationen, durch die die mit einem gegebenen Gegenstand in einem sachlichen Zusammenhang stehenden anderen Gegenstände offensichtlich gemacht werden. Aber aufgrund der Vielfalt an Beziehungen, die in semantischen Netzen enthalten sein können, ist dieser Ansatz etwas unflexibel und kann, wenn die Wissensbasis groß ist, zu erheblicher Komplexität führen. Selbst die Vererbung von Eigenschaften in Richtung der Kanten kann nur mit Vorsicht angewendet werden. Quillian hat ein Gedächtnismodell vorgelegt, das auf zwei grundlegenden Typen von Beziehungen basiert, einer Beziehung zwischen Begriffsknoten, der is-a-Beziehung, und einer Beziehung zwischen Begriffen und ihren Merkmalen, der has-prop-Beziehung. [Quillian 1968].

Eine weitere Struktur für die Wissensdarstellung ist das **Frame**. Frames entstammen den Vorstellungen der Wahrnehmungspsychologie. Ein Frame ist ein Schema für die Beschreibung von Gegenständen, in das die einen gegebenen Gegenstand kennzeichnenden Eigenschaften (slots) eingetragen werden. Wert- und Beziehungseigenschaften können in „slots“ untergebracht werden. Die Frame-Darstellung bezieht sich also auf eine Gegenstandsklasse, für die das Frame die charakteristischen Eigenschaften vorgibt. Für die Darstellung eines konkreten Gegenstands werden diese Eigenschaften mit Werten belegt. Ein Frame umfaßt neben slots (Attribute, Beziehungen) für einzelne Gegenstände auch Eigenschaften der Gegenstandsklasse (nicht für einzelne Gegenstände).

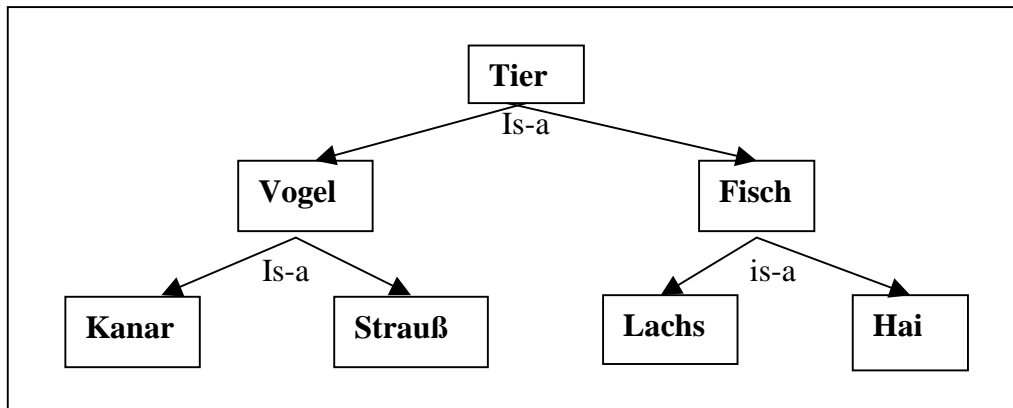
Ein Beispiel für ein Frame ist das Schema eines Hauses. Ein Haus ist ein Gebäude, das Zimmer, Dächer, Wände, Fenster hat, aus Holz oder Stein besteht und in dem die Menschen wohnen.

```

Haus {
  Oberbegriff: Gebäude
  Material: Holz, Stein
  Enthält: Zimmer
  Funktion: menschlicher Wohnraum
  Größe: 300 qm
  Form: rechteckig
}
  
```

In dieser Liste entsprechen Begriffe wie "Material" oder "Größe" den Attributen oder Leerstellen und Begriffe wie „Holz“, „Stein“, „rechteckig“ den jeweiligen Werten. Jedes Paar aus Attribut und Wert entspricht einer Proposition über ein Haus.

Die Hierarchien von Frames gestatten es, die Attribute zu vererben (*Abbildung 47*):



*Abbildung 47: Ein Beispiel für eine Hierarchie von Frames*

Frames bieten keine speziellen Möglichkeiten für die deklarative Beschreibung des Verhaltens eines Gegenstands. Frames sind demnach passive Datenstrukturen, die nur durch Operationen außerhalb der Struktur manipuliert werden können. Dies zeigt den wichtigen Unterschied zwischen den Frames und den Klassen im objektorientierten Datenmodell. In der Klasse sind Wert-, Beziehungs- und Verhaltenseigenschaften verkapselt [*Hughes 1992*].

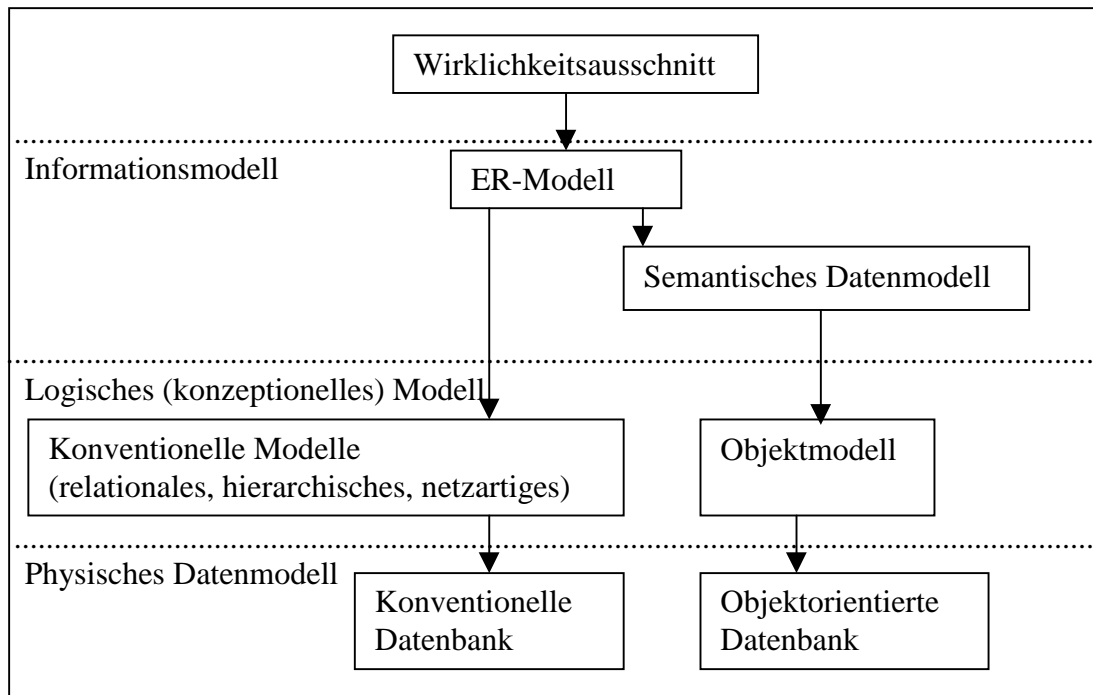
Der Schwerpunkt bei semantischen Netzen liegt auf der expliziten Darstellung der Beziehungen zwischen Gegenständen. Bei Frames liegt der Schwerpunkt auf der internen Struktur des Gegenstandes sowie dem Vererbungsmechanismus in der Klassenhierarchie.

Im Bereich der **objektorientierten Datenbank** wird der Wirklichkeitsausschnitt zunächst im semantischen Datenmodell dargestellt und dann in das Objektmodell transformiert. Das semantische Datenmodell ist auf der Basis des weit verbreiteten Entity- Relationship-Modells (ER-Modell) [*Chen 1976*] entwickelt worden. **Das ER-Modell** benutzt eine eigene Sprache: Konkrete Gegenstände werden als „Entities“ bezeichnet, die zu einem „entity-typ“ zusammengefaßt werden können. Zwischen den „entities“ können Beziehungen bestehen, die „relationships“, die wiederum zu einem „relationship-type“ zusammengefaßt werden können. „Entities“ und „relationships“ besitzen Werteigenschaften, die sogenannten Wertattribute. Die konkreten Ausprägungen der Wertattribute werden wir als Werte bezeichnen. ER-Modelle erlauben eine graphische Repräsentation und lassen sich durch ER-Diagramme darstellen. In einem ER-Modell ist es uns möglich, nur statische Aspekte einer bestimmten Anwendung zu erfassen bzw. darzustellen. Es besteht keine Möglichkeit, dynamische Aspekte einer Anwendung (wie Operationsattribute) auszudrücken. Komplexe Strukturen lassen sich nicht direkt modellieren, sondern sind nur durch eine geeignete Zerlegung modellierbar. **Semantische Datenmodelle** bieten aber reichhaltigere und vor allem natürlichere Modellierungskonzepte für strukturelle Aspekte eines Wirklichkeitsausschnitts. Das heißt, Daten-Objekte können so dargestellt werden, wie sie in der Außenwelt beobachtet werden können. Der zentrale Begriff eines semantischen Datenmodells ist der des Objekts, welcher primär den Begriff „Entitie“ ersetzt. Konkrete Objekte bilden Objekt-Mengen und sind von einem bestimmten Typ. Im Vergleich zu der Entity- Relationship- Modellierung werden in semantischen Datenmodellen verschiedene Typen von Objekten und Beziehungen unterschieden, um eine stärkere semantische Ausdruckskraft der Modelle zu erzielen. Andererseits besteht die Möglichkeit, aus einfachen Objekten bzw. Objekt-Typen durch Anwendung bestimmter Konstruktoren strukturierte oder komplexe Objekte bzw. Objekt-



Typen zusammensetzen (Aggregation) oder einen Objekt-Typ als Spezialisierung eines anderen Objekt-Typs zu definieren (is-a-Beziehung). Neben der Statik einer Anwendung ist auch die Dynamik der Anwendung (Objektverhalten) repräsentierbar. Der Schwerpunkt der semantischen Modellierung liegt eindeutig auf der Seite der Realwelt. Bei einem semantischen Datenmodell sind die vorgegebenen Strukturen bereits mit Daten der Realität gefüllt. Mit seiner Hilfe läßt sich der Wirklichkeitsausschnitt im Rahmen der Analyse präzise und weitgehend frei von technischen Details beschreiben. Die Vorgehensweise ist somit unabhängig von einem konkreten Datenmodell.

Entwicklung von Objektmodellen (*Abbildung 48*):



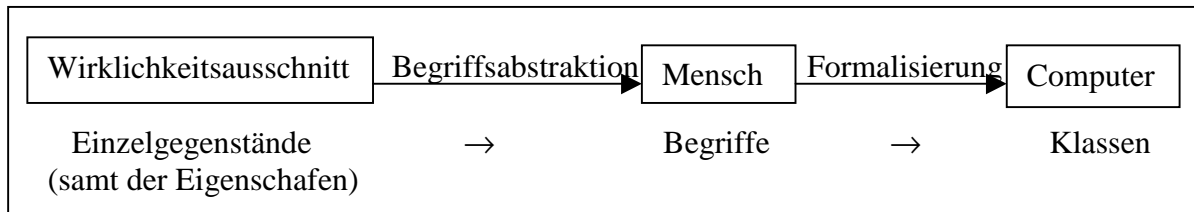
*Abbildung 48: Entwicklung eines Objektmodells*

Ein konzeptionelles Datenmodell ist Bindeglied zwischen einem semantischen Modell und einem konkreten als physischen Datenmodell.

## 4 Grundbegriffe der Modellebene

### 4.1 Bedeutung der Begriffsebene für die Modellebene

Gegenstände der Wirklichkeit lassen sich mit Hilfe der Abstraktion durch Begriffe ausdrücken. Begriffe sind dauerhafte Formen, in denen Wissen über wirkliche Gegenstände gespeichert werden kann. Das objektorientierte Datenmodell beruht auf den Begriffen. In einem Prozeß der objektorientierten Datenmodellierung sollen die Begriffe zuerst bestimmt werden, bevor man daraus Klassen entwickelt. Die objektorientierte Datenmodellierung stützt sich auf die Begriffsdefinitionen (*Abbildung 49*).



*Abbildung 49: Der Zusammenhang zwischen dem Wirklichkeitsausschnitt, dem Menschen und dem Computer*

Bei der Objektmodellierung spielt nicht nur die Begriffsdefinition eine große Rolle, sondern auch die Absicht der Modellierung, die Relevanz der Problemstellung. Gegenstände der realen Welt werden zuerst als Begriffe wahrgenommen und dann in den rechnernahen Klassen formalisiert. Der Begriff ist die Beschreibung der wirklichen Gegenstände in der natürlichen Sprache. Die Klasse ist die Beschreibung der wirklichen Gegenstände in der Sprache des Modells. Bei der Formalisierung des Begriffs werden die für die Anwendung relevanten Merkmale des Begriffs auf die Merkmale der Klasse abgebildet. Seien  $G$  die Menge der Eigenschaften des Gegenstandes,  $B$  die Menge der Merkmale des Begriffs,  $K$  die Menge der relevanten Merkmale der Klasse, dann gilt:  $K \subseteq B \subset G$ .

Klassen und Begriffe vermitteln beide Abbilder der Gegenstände der Wirklichkeit. Durch Klassen kann ein Teil dessen, was in Begriffen ausgedrückt sind, genauer dargestellt werden, als in Begriffen selbst. Die Prinzipien des Begriffs werden in Klassen umgesetzt. Die Begriffe sind im Gegensatz zu Klassen jedoch unschärfer und lassen vielfältige Deutungen zu. In der Modellwelt ist klar definiert, zu welcher Art ein Gegenstand gehört und durch welche Eigenschaften er beschrieben wird. Welche Eigenschaften zu einem realen Gegenstand erfaßt werden, hängt nicht nur davon ab, was der Gegenstand ist, sondern auch, was an ihm in einem bestimmten Zusammenhang relevant ist. Bei der Darstellung der Gegenstände sind Klassen im Gegensatz zu Begriffen genauer in der Definition, doch eingeschränkter in ihrer Vielfalt.

Die Orientierung an Begriffsebenen ist mit zwei wesentlichen Vorteilen verbunden. Zum einen erleichtert sie das Verständnis der Modellierung, sie ist weitgehend von technischen Details befreit. Hier wird das Problem in einer verständlichen Sprache, der natürlichen Sprache, beschrieben, und diese Ebene enthält schon alle wesentlichen Informationen, die zur Erzeugung eines Datenmodells erforderlich sind. Zum anderen ist die Begriffsebene die gemeinsame semantische Ebene, aus der unterschiedliche konkrete Datenmodelle entwickelt werden können.

### 4.2 Objektmodell

Obwohl die Modelle in den verschiedenen Bereichen von Wissenschaft und Technik in zunehmendem Maße angewandt werden, gibt es gegenwärtig noch keine einheitliche

Auffassung über den Inhalt des Modellbegriffs. Der Bildung eines solchen einheitlichen Begriffs steht u.a. entgegen, daß der Begriff „Modell“ in unterschiedlichen Zusammenhängen und Bereichen z. T. mit stark divergierenden Inhalten belegt wird, z. T. aber auch mit ähnlichen Inhalten verknüpft ist. Es erscheint daher gegenwärtig weder möglich noch zweckmäßig, einen einheitlichen Modellbegriff anzugeben, der alle spezielle Modellbegriffe in sich einschließt. Allgemein ist ein **Modell** eine Konstruktion, die in bewußter Vereinfachung die Struktur eines Weltausschnitts (Originals) wiedergibt und damit den Prozeß der Informationsgewinnung über diesen Weltausschnitt erleichtert. Ein Modell ist zunächst einfach eine Denkhilfe. Durch die Vereinfachung bietet es Vorstellbarkeit und Übersichtlichkeit. Die thematische Reduktion und methodische Abstraktion ist letztlich nur die Konstruktion eines Modells der Natur, also die Darstellung eines Aspekts des Weltausschnitts im Sinne einer Vereinfachung. Modelle sind nicht mit dem Original zu verwechseln, das sie nachbilden. Modell und Original sind nicht identisch, sondern nur ähnlich. Modelle können ideelle oder materielle Gebilde sein. Ein Modell kann durch eine physikalische Konstruktion, durch Zeichen, durch Zeichnungen, durch Symbole, durch ein Schema oder durch logisch-mathematische Formeln dargestellt werden, immer aber müssen die Eigenschaften zwischen den Elementen im Modell denen im Original analog bzw. ähnlich sein. Wenn die direkte Untersuchung des Originals Schwierigkeiten bietet oder sogar unmöglich ist, können nur mit Hilfe eines Modells Informationen gewonnen werden. Die Entwicklung von Modellen ist also nützlich und sogar notwendig. Die Entwicklung von Modellen heißt Modellierung, die auf Analogie beruht.

Ein Modell erstrebt, nur bestimmte Strukturen der fraglichen Gegebenheiten adäquat darzustellen, unwichtige Teile wegzulassen, so daß systematische Gesetzmäßigkeiten erfaßt werden. Eine Gegebenheit kann deshalb durch mehrere Modelle erfaßt werden, die z.T. verschiedene Aspekte erfassen, aber auch verschieden geeignet, oder umfassend Gegebenheiten abbilden. Andererseits kann ein und dasselbe Modell eventuell sehr verschiedene Gegebenheiten strukturell erfassen. Von einem Modell verlangt man, daß es widerspruchsfrei ist, d. h. , daß es wenigstens durch eine Deutung erfüllt wird. Ein Modell ist korrekt, wenn zu den Relationen zwischen Elementen im Modell entsprechende Relationen zwischen Elementen im Original existieren.

**Ein Datenmodell** ist ein Modell, in dem sich der Wirklichkeitsausschnitt datenmäßig beschreiben läßt. Das Datenmodell definiert somit die Strukturen, in denen die Informationen über die Sachverhalte und Vorgänge im System verwaltet werden und wie sie dem Anwender zur Manipulation zur Verfügung gestellt werden. Unter „Strukturen“ verstehen wir dabei Datentypen, Beziehungen und Bedingungen, welche von den Daten erfüllt werden sollen.

**Ein objektorientiertes Datenmodell (Objektmodell)** ist nichts anderes als ein Datenmodell, dessen Grundelement **die Klasse (Objektschema)** ist. Eine Klasse ist ein Schema, das die Merkmalsstruktur eines Begriffs abbildet, der das Ergebnis einer Abstraktion ist und wesentliche Eigenschaften des Gegenstands beinhaltet.

Begriffe und ihre Merkmale sind für die Konstruktion der Klassen von herausragender Bedeutung. Sie enthalten schon alle wesentlichen Informationen, die zur Erzeugung von Klassen erforderlich sind.

## 4.3 Das Klassenkonzept

### 4.3.1 Gegenstand-Begriff-Klasse-Transformation

In der Gegenstandsebene werden Begriffe eingeführt, um den Gegenstand direkt in dieser Ebene zu beschreiben. Wir sprechen vom „Gegenstand“, von der „gemeinsamen und individuellen, konkreten und abstrakten Wert-, Aktions-, und Beziehungseigenschaft“.

In der Begriffsebene werden „neue“ Begriffe eingeführt, um den Gegenstand in dieser Begriffsebene zu bestimmen bzw. den Begriff zu definieren. Diese „neuen“ Begriffe haben ihre direkten Entsprechungen in der Gegenstandsebene. Wir sprechen vom „Begriff“ statt vom „Allgemeinwesen des Gegenstands“, von dem „Merkmal“ statt von der „Eigenschaft“.

In der Sprache des Objektmodells, d.h. in der Modellebene, werden wieder „neue“ Begriffe eingeführt, um den Gegenstand bzw. den Begriff in der Sprache des Objektmodells zu definieren. Diese Begriffe haben wieder ihre direkten Entsprechungen in der Gegenstandsebene bzw. in der Begriffsebene. Wir sprechen von der Klasse statt vom Begriff, vom Objekt statt von dem konkreten Gegenstand, von der Individualität des Objekts statt von dem Einzelwesen des Gegenstandes, von dem Attribut statt von dem Wertmerkmal, von der Operation statt von dem Aktionsmerkmal, von der Relationship statt von dem Beziehungsmerkmal, von dem Klassenmerkmal statt von dem konkreten Merkmal, von dem Objektmerkmal statt von dem abstrakten Merkmal.

Die konkreten Programmiersprachen haben auch entsprechende Konstrukte, um Klassen in diesen Sprachen zu definieren. Wir können auch sagen, daß wir mit der Definition der Klasse in einer Programmiersprache die Merkmale des Begriffs festhalten oder definieren, und zwar in der Form, die von einem Computer verarbeitet werden kann. Datendeklaration, Operationsdeklaration und Referenzendeklaration sind typische Ausdrücke für die Wiedergabe von Attributen, Operationen und Relationships der Klasse. Durch die Definition einer Klasse in einer Programmiersprache wird ein neuer Typ eingeführt. Die so definierten Datentypen werden auch benutzerdefinierte Datentypen genannt. Die benutzerdefinierten Datentypen können genau so wie die eingebauten Datentypen der Programmiersprache verwendet werden. Durch die Erzeugung neuer Datentypen kann der Benutzer die Programmiersprache im Prinzip beliebig erweitern und an bestimmte Problemstellungen anpassen. Bei der Klassenbildung wird zwischen einer Definition und einer Implementierung unterschieden. Die Definition enthält die öffentliche Schnittstelle der Klasse, die von dem jeweiligen Compiler unabhängig ist. Die Implementierung enthält den Programmcode, mit dem die Operationen der Klasse implementiert werden. Von der Bedeutung her ist die Definition wichtiger als die Implementierung. Von der Korrektheit der Definition hängt die jetzige und künftige Brauchbarkeit der Klasse ab. Fehler in der Implementierung der Operationen können leicht korrigiert werden.

Die „neuen“ Begriffe werden in der jeweiligen Ebene eingeführt, um sowohl die Trennung als auch den Zusammenhang zwischen den drei Ebenen zu verdeutlichen.

### 4.3.2 Klassenbildung

Eine Klasse ist ein Konstrukt der Sprache des Objektmodells, um einen Begriff direkt im Objektmodell auszudrücken. Eine Klasse ist die Definition eines Begriffs in der Sprache des Objektmodells. Die Ableitung einer Klasse aus einem Begriff geschieht durch die Formalisierung. Dabei werden Merkmale des Begriffs auf die Merkmale der Klasse abgebildet. Objektorientierte Datenmodellierung besteht im wesentlichen darin, *die richtigen Klassen* einer Problemstellung zu identifizieren, sie zu definieren und ihr Verhältnis zueinander festzustellen. Mit etwas anderen Worten: Objektorientierte Datenmodellierung besteht im wesentlichen darin, *die richtigen Begriffe* einer Problemstellung zu identifizieren, sie zu definieren und ihr Verhältnis zueinander festzustellen [Engel 1990]. Es müssen die Begriffe definiert werden, damit wir überhaupt wissen, womit wir es zu tun haben und worüber wir reden. Dann werden die Beziehungen zwischen den Begriffen und die Veränderungen dieser Beziehungen im Zeitablauf untersucht und beschrieben. Und das Ganze wird schließlich in sprachlicher Form fixiert. In der Sprache des Objektmodells werden dazu Klassen, Objekte, Daten, Operationen, der Austausch von Botschaften zwischen den Objekten sowie Beziehungen zwischen den Klassen wie z.B. die Vererbung verwendet. Mit Bildung der

Klassen können Begriffe einfach und problemlos in die Sprache des Objektmodells eingeführt werden. Die Klassenbildung ist im wesentlichen die Begriffsbildung, der Erkenntnisprozeß, der unabhängig vom Gegenstand, über den wir Erkenntnisse gewinnen können, und unabhängig von dem Gebiet, das wir gerade betrachten. Die erste Stufe des Erkenntnisprozesses besteht darin, die Gegenstände des gerade betrachteten Gebietes zu identifizieren, ihre im Hinblick auf die Untersuchung wesentlichen Eigenschaften festzustellen und diese Erkenntnisse schließlich in einem Begriff, einem geistigen Abbild des Gegenstandes zusammenzufassen. Beide wesentlichen Methoden der Klassifikation (Begriffsbildung), nämlich die Abstraktion und die Einteilung, können im Objektmodell nachgebildet werden. Das Objektmodell reflektiert unmittelbar und direkt den Wirklichkeitsausschnitt. Dies ist der Grund dafür, warum die objektorientierte Datenmodellierung dem Denkprozeß des Menschen entspricht, sich von anderen Modellierungstechniken unterscheidet und anderen überlegen ist. Objektorientierte Datenmodellierung ist begriffsorientierte Datenmodellierung. In dem Maße, wie wir korrekt abstrahieren und einteilen, machen wir uns ein brauchbares Modell der Welt.

Eine Klasse wird durch die Formalisierung eines Begriffs gewonnen (Abbildung 50).

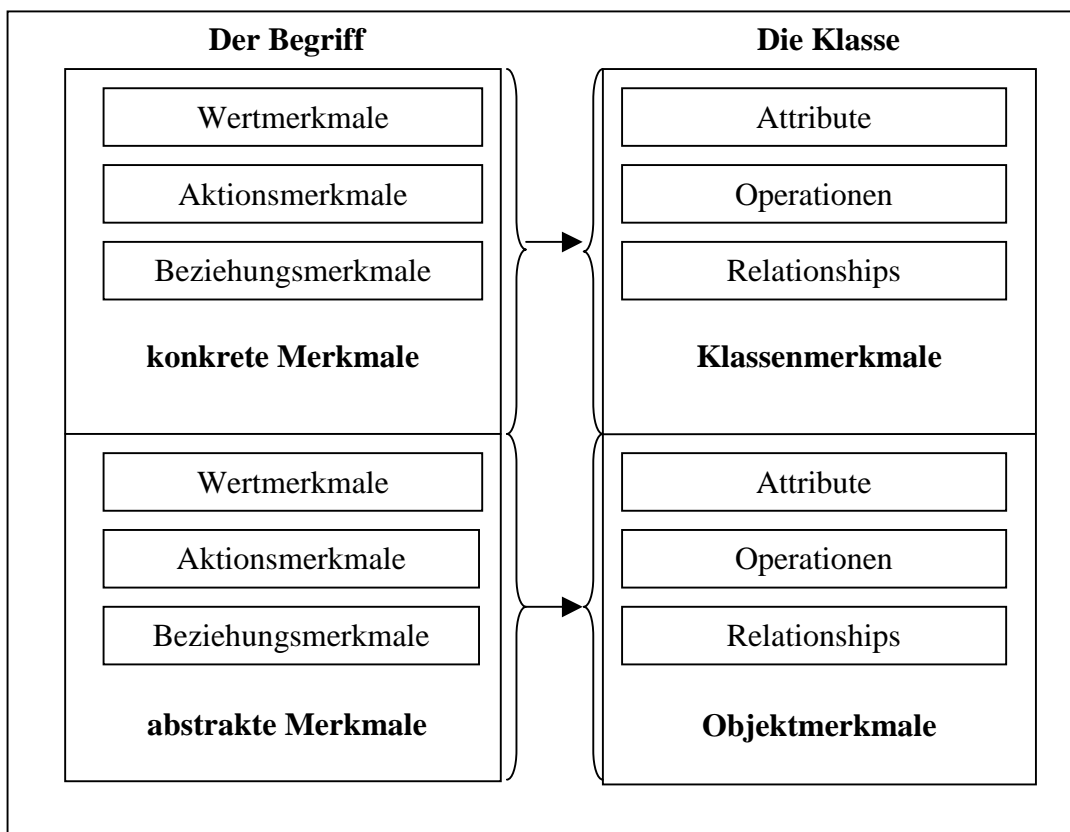


Abbildung 50: Vom Begriff zur Klasse

Zusammenfassend können wir sagen: Zentrales Element des Objektmodells ist die Klasse. Eine Klasse *ist ein* formalisierter Begriff. Eine Klasse ist ein Begriff und hat damit auch alle Eigenschaften eines Begriffs, z.B. Abstraktion, Einteilung, Umfang, Inhalt, Vererbung usw. Die Artdifferenz der Klasse zum Begriff ist die formalisierte Form der Klasse. Auf der Modellebene sollen die relevanten Eigenschaften spezifiziert und formalisiert werden, d.h. in rechnernahe Formen gebracht werden. Zusätzlich kommen der Klasse weitere Implementierungseigenschaften zu, z.B. Zugriffsschutz usw.

Schematisch wird die Klasse wie folgt definiert:

```

Klasse {
  //Klassenmerkmale
  //Attribute
  ....
  //Relationships
  ....
  //Operationen
  ....
  //Objektmerkmale
  //Attribute
  ....
  //Relationships
  ....
  //Operationen
  ....
}

```

Eine Klasse dient zur Beschreibung einer Menge nahezu gleicher Gegenstände. Zur textuellen Beschreibung der Klasse läßt sich die Sprache **ODL** (Object definition Language) der **OMG** (Object Management Group) verwenden.

Im Folgenden werden Komponenten der Klasse bzw. die wesentlichen Eigenschaften der Objektorientierung erläutert:

#### **Attribute:**

Attribute beschreiben Werteigenschaften der Objekte und legen die interne Datenstruktur eines Objekts fest. Die Attribute zusammen mit den Relationships bestimmen den aktuellen Zustand eines Objekts. Attribute können Werte oder Objekte aufnehmen. Sie müssen gelegentlich bestimmte Bedingungen erfüllen.

```

Klasse Person{
  String Name;
  Int Alter {Alter > 0}; // Bedingung
  ....
};

Klasse Student: Person{
  //Attribute:
  Int MatrikelNummer; //Wert-Attribut
  Person Vater;      //Objekt-Attribut
  ....
};

```

#### **Die Relationships:**

Die Relationships repräsentieren die Beziehungen zwischen den Objekten der Klassen. Die direkte Abbildung der horizontalen Beziehungen (Assoziation, Aggregation) zwischen Objekten wird in den meisten objektorientierten Programmiersprachen heute noch nicht unterstützt. Diese Beziehungen müssen daher dort auf Attribute abgebildet werden. Das heißt, sie werden durch Verwendungsbeziehungen implementiert. Eine Verwendungsbeziehung ist eine Beziehung zwischen zwei Klassen, bei der eine Klasse in einer anderen verwendet wird. Es gibt zwei unterschiedliche Möglichkeiten, Verwendungsbeziehungen festzulegen, nämlich

erstens über die direkte Deklaration eines Objekts mit dessen Klassertyp und zweitens über eine Referenz (in C++ als Zeiger) auf ein Objekt dieser Klasse.

```
Klasse Person{
    ....
};

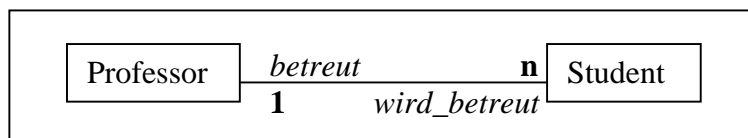
// Beziehung als Objekte realisiert
Klasse Student{
    Person Mutter;
    Person Vater;
    ....
};

// Beziehung als Zeiger realisiert
Klasse Student{
    Person* Mutter;
    Person* Vater;
    ....
};
```

Dagegen unterstützen die heute üblichen objektorientierten Datenbanksysteme die direkte Abbildung von Beziehungen zwischen Gegenständen des Problembereichs auf Beziehungen zwischen Datenbank-Objekten im Rechner. Beziehungen können nur Objekte aufnehmen, bei denen immer inverse Referenzen aufgebaut werden, objektwertige Attribute dagegen nicht.

Es ist zu beachten, daß nur die Assoziationsbeziehungen und die Aggregationsbeziehungen (horizontale Beziehungen) auf die Relationships abgebildet werden, nicht aber die is-a-Beziehungen (vertikale Beziehungen). Die vertikalen Beziehungen werden auf die Vererbungshierarchien abgebildet. Horizontale Beziehungen sind Beziehungen zwischen unterschiedlichen konkreten Gegenständen. Vertikale Beziehungen sind keine Beziehungen zwischen unterschiedlichen konkreten Gegenständen, sondern zwischen unterschiedlichen Abstraktionsstufen eines konkreten Gegenstands.

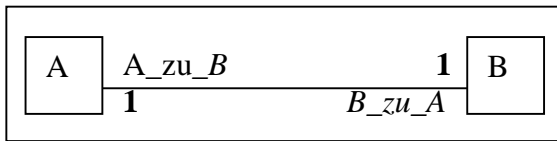
Mit Hilfe des Mengenkonstruktors **set** können **1:1-, 1:n- und m.n-Beziehungen** simuliert werden. Ein Professor betreut eine Menge von Studenten. Ein Student wird von einem Professor betreut. Diese **1:n-Beziehung** wird so dargestellt und realisiert:



```
Klasse Student {
    //Relationships:
    Professor wird_betreut inverse Professor::betreut;
    ....
};

Klasse Professor {
    //Relationships:
    Set<Student> betreut inverse Student::wird_betreut;
    ....
};
```

Die **1:1-, m:n-Beziehungen** werden analog realisiert:

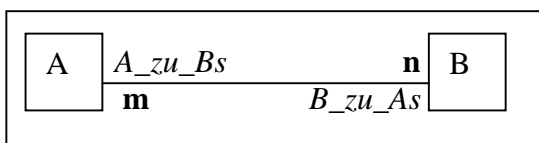


```

Klasse A {
  B A_zu_B inverse B::B_zu_A;
};
  
```

```

Klasse B {
  A B_zu_A inverse A::A_zu_B;
};
  
```



```

Klasse A {
  Set<B> A_zu_Bs inverse B::B_zu_As;
};
Klasse B {
  Set<A> B_zu_As inverse A::A_zu_Bs;
};
  
```

Die Attribute und Beziehungen stellen die statische Seite des Objektmodells dar. Die Operationen stellen die dynamische Seite des Objekts dar.

### Operationen:

Die Aktivitäten eines Objekts werden durch die für das Objekt definierten Operationen bestimmt. Die Ausführung von Operationen kann den aktuellen Zustand des Objekts ändern, d.h. die Operationen können auf Attribute angewendet werden und zur Ausführung weiterer Operationen anderer Objekte führen. Die Operationen haben Signaturen, die die Eingabeparameter und eventuelle Ergebnisparameter beschreiben. Die Menge aller Operationen wird als das Verhalten der Klasse bezeichnet. Die Spezifikation einer Operation ist eine Beschreibung dessen, was die Operation leistet. Dabei kann die Operation auch Botschaften an andere Objekte senden, um Teilaufgaben ausführen zu lassen. Man beachtet den Unterschied zwischen Operation und der Spezifikation der Operation. Mit dem Begriff Operation bezeichnet man nur den Namen und die Ein- und Ausgabeparameter einer Operation. Operationen dienen der Kommunikation zwischen Objekten. Relationships stellen die Beziehungen zwischen Objekten dar.

```

Klasse Person{
  // Operationen:
  NamenAnzeigen();
  .....
};
  
```



### **Botschaft:**

Objekte kommunizieren miteinander, in dem sie Botschaften austauschen. Eine Botschaft ist einfach der Name eines Objekts, gefolgt von dem Namen und den Parametern einer Operation, die das Objekt ausführen soll. Das Senden einer Botschaft an ein Objekt entspricht der Anforderung, eine bestimmte Operation auszuführen. Das Objekt, das eine Botschaft schickt, wird **Sender** genannt. Das Objekt, das die Botschaft erhält, heißt **Empfänger**. Der Sender der Botschaft weiß nicht, wie die entsprechende Operation ausgeführt wird. Eine Botschaft ist also ein Operationsaufruf, der an ein Objekt gerichtet wird. Zusammen mit der Botschaft können auch Parameter an das Objekt übermittelt werden. Empfängt ein Objekt eine Botschaft, muß eine seiner Operationen aktiviert werden, die in der Lage ist, diese Botschaft zu verarbeiten und den vom Sender erwarteten Zweck zu erfüllen. Empfängt ein Objekt eine Botschaft, die keine seiner Operationen bearbeiten kann, so liegt hier i.a. Fehler vor. Vermag ein Objekt nicht einen Auftrag vollkommen selbständig zu erledigen, so kann es andere Objekte dazu auffordern, Teilaufgaben für es zu übernehmen.

Die Botschaften, welche Objekte der Oberklasse verstehen, sind auch in der Unterklasse bekannt und anwendbar. Wenn ein Objekt in einer Vererbungshierarchie eine Botschaft erhält, dann läuft Folgendes ab: Das Objekt „schaut“ in seiner eigenen Liste der Operationen nach, ob es eine entsprechende Operation besitzt. Wenn ja, dann wird diese Operation ausgeführt. Andernfalls wird die Suche bei der direkten Oberklasse fortgesetzt.

Die Menge aller Botschaften, auf die ein Objekt reagieren kann, wird **Protokoll** genannt.

### **Polymorphismus:**

Wörtlich bedeutet Polymorphismus Vielgestaltigkeit. Wir wenden das Prinzip des Polymorphismus in unserem täglichen Leben an, in dem wir z.B. sagen: Der Vogel fliegt. Das Flugzeug fliegt. Das Wort „fliegt“ kommt in beiden Sätzen vor, aber es bedeutet nicht dieselbe Aktion, sondern es bezeichnet in Abhängigkeit vom Gegenstand unterschiedliche Vorgänge. Polymorphismus ist ein Mechanismus, der natürlichen Sprachen ermöglicht, mit dem selben Wort in Abhängigkeit von einem bestimmten Kontext verschiedene Aktionen zu bezeichnen.

Auch in einer Programmiersprache wird das Konzept des Polymorphismus zur Verfügung gestellt. Dadurch werden die Ausdrucksmöglichkeiten einer Programmiersprache denen der natürlichen Sprachen weiter angenähert. Polymorphismus in einer Programmiersprache bedeutet, daß dieselbe Botschaft an Objekte verschiedener Klassen gesendet werden kann und daß die Empfängerobjekte jeder Klasse auf ihre eigene Art darauf reagieren. Die Bedeutung einer Botschaft oder eines Operationsaufrufs ist abhängig vom aufgerufenen Objekt, d.h., es wird erst in Verbindung mit dem Namen der Klasse festgelegt. Der Polymorphismus ermöglicht es, den gleichen Namen für gleichartige Operationen zu verwenden, die auf Objekten verschiedener Klassen auszuführen sind. Die Zuordnung des auszuführenden Programmteils zu der empfangenen Botschaft wird als **Bindung** bezeichnet. In Abhängigkeit vom Zeitpunkt, zu dem diese Zuordnung stattfindet, unterscheidet man zwei Arten der Bindung, die frühe und die späte. **Die frühe oder die statische Bindung** ist die Zuordnung von Botschaft und auszuführendem Programmcode zur Übersetzungszeit des Programms. **Die späte oder die dynamische Bindung** ist die Zuordnung von Botschaft und auszuführendem Programmcode zur Laufzeit des Programms [Hohenstein 1996].

Durch den Einsatz einer dynamischen Bindung entfällt die Programmkonstruktion folgender Form:

**CASE** Objekt **OF**

Klasse1: Klasse1.Polymorphische\_Methode;

Klasse2: Klasse2.Polymorphische\_Methode;

**END;**

Stattdessen wird die Methode durch „Objekt.Polymorphische\_Methode“ aufgerufen.

Besonders nützlich ist der Polymorphismus in Verbindung mit der Vererbung: Eine Operation, die auf einer Oberklasse definiert ist, kann auch von jedem Objekt einer zugehörigen Unterklasse ausgeführt werden. Der Name der Operation ist dabei für die Oberklasse und die verschiedenen Unterklassen der gleiche. Unterklassen erben alle Attribute der Oberklasse einschließlich der Operationsimplementierungen. Eine Operation der Oberklasse kann ohne weiteren Implementierungsaufwand für ein Objekt der Unterklasse aufgerufen werden. In vielen Fällen besteht die Notwendigkeit, die Implementierung einer ererbten Operation an spezielle Eigenschaften einer Unterklasse anzupassen, d.h. die Operation zu redefinieren. Die Redefinition einer Operation der Oberklasse in einer Unterklasse wird als **Überschreiben** (Overriding) bezeichnet. Name und Signatur der Operation, die die Aufrufschnittstelle bilden, bleiben dabei unverändert. Vom Überschreiben zu unterscheiden ist die Möglichkeit, Operationen zu überladen (overloading). Beim **Überladen** kann zu einer bestehenden Operation eine weitere Operation definiert werden, die denselben Namen trägt, sich aber in der Anzahl oder in der Art der Parameter von der bereits spezifischen Operation unterscheidet. Im Gegensatz zum Überschreiben ändert sich beim Überladen also nicht nur die Implementierung, sondern auch die Operationssignatur.

Der Polymorphismus von Objekten hat zur Folge, daß das System den Namen einer Operation nicht unbedingt zur Übersetzungszeit an die entsprechende Operationsimplementierung bindet, sondern die Zuordnung erst zur Laufzeit vornehmen kann (späte oder dynamische Bindung).

#### **Klassenmerkmale:**

Klassenmerkmale sind Abbilder der konkreten Merkmale des Begriffs. Diese Merkmale liegen in konkreten Formen vor, nicht in abstrakten Formen. Dies bedeutet, daß die Inhalte dieser Merkmale bereits bei der Klassendefinition festgelegt sind. Durch die Klassenmerkmale unterscheiden sich die Objekte nicht voneinander, da die Klassenmerkmale für alle Objekte der Klasse gleich sind. Jede Klasse ist durch eine Reihe von Klassenmerkmalen definiert. Mit der Zuordnung zu einer Klasse werden einem Objekt schon einige Klassenmerkmale zugeordnet, die auf der Ebene der Klasse definiert sind. Das „männliche Geschlecht“ der Klasse „Vater“ ist z.B. ein Klassenmerkmal. Klassenmerkmale sind also **Defaultmerkmale (globale Merkmale)** aller Objekte der Klasse. Klassenmerkmale werden selten gebraucht. Der Grund dafür ist, daß die Klassenmerkmale bereits im Namen der Klasse implizit enthalten sind.

#### **Objektmerkmale:**

Objektmerkmale sind Abbilder der abstrakten Merkmale des Begriffs. Diese Merkmale liegen in abstrakten Formen vor, nicht in konkreten Formen. Dies bedeutet, daß die Inhalte dieser Merkmale bei der Klassendefinition noch nicht festgelegt sind. Um ein konkretes Objekt zu beschreiben, werden diesen Merkmalen Inhalte zugeordnet. Dadurch können die Objekte einer Klasse voneinander unterschieden werden. Die Objektmerkmale bestimmen die Individualität des Objekts, wenn sie aktualisiert werden. Die „Farbe“ der Klasse „Auto“ ist z.B. ein Objektmerkmal.

#### **Kapselung:**

Im objektorientierten Datenmodell werden Attribute, Operationen und Relationships nicht getrennt voneinander betrachtet, sondern sie werden zu Einheiten in Form von Klassen zusammengefaßt, die als Modelle von Gegenständen eines Wirklichkeitsausschnitts geeignet sind. Die Zusammenfassung aller Arten der Merkmale (Attribute, Operationen, Relationships) in einer Klasse bezeichnen wir als Kapselung (*Abbildung 51*).

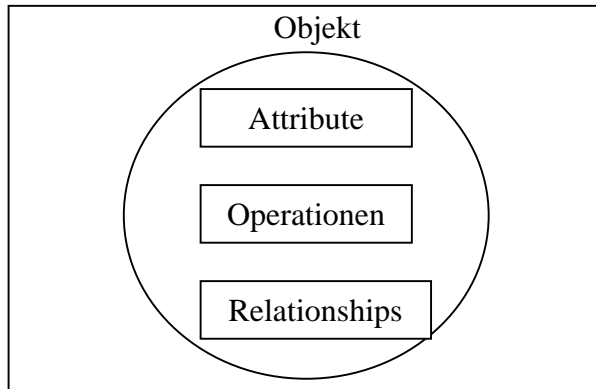


Abbildung 51: Objektkapsel

### Sichtbarkeit einer Kapsel:

Die Kapselung macht die konzeptionelle äußere Abgrenzung einer Klasse gegenüber anderen Klassen sichtbar und zieht eine klare Grenzlinie zwischen der äußeren und inneren Sicht. Die Folge ist, daß man außerhalb der Klasse nicht auf alle eingeschlossenen Attribute zugreifen kann, sondern daß die Zugriffe auf die Attribute der Klasse über eine Schnittstelle kontrolliert werden [Neumann 1995] (Abbildung 52). Dieses Prinzip heißt **Geheimhaltungsprinzip**. Eine Kapsel besteht also aus einer Schnittstelle, aus internen Attributen und aus Implementierungen der Operationen. Die Schnittstelle setzt sich aus den für das Objekt definierten Operationen zusammen und ist der von außen einzig sichtbare Teil des Objekts. Die Attribute des Objekts sind nur über die Schnittstelle zugänglich, so daß ein kontrollierter Zugriff auf den Zustand eines Objekts möglich ist. Die Implementierungen der Operationen und die internen Attribute des Objekts bleiben dem Anwender verborgen und sind für diesen nicht sichtbar und deshalb auch nicht direkt greifbar. Wird die Implementierung geändert, hat das bei einer unverändert stabilen Schnittstelle keinen Änderungsaufwand für den Anwender zur Folge. Attribute und Implementierungen der Operationen können ohne Änderung der Schnittstelle variiert werden. Operationen werden ohne Kenntnis der konkreten Implementierung aufgerufen. Es ist also von großem Vorteil, wenn die Schnittstelle einer Kapsel mit großer Sorgfalt konzipiert wird, damit die Korrekturen und die Anpassungen auf den inneren Bereich der Kapsel beschränkt bleiben.

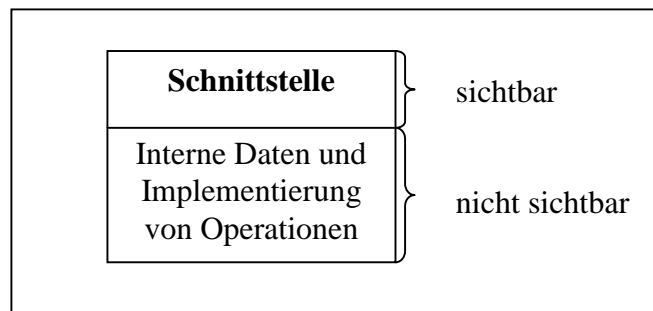


Abbildung 52: Sichtbarkeit einer Kapsel

Das Prinzip der Kapselung hat seinen Ursprung in den abstrakten Datentypen, die als Software- Entwurfstechnik für die modulare Programmierung eingeführt wurden. Die klare Trennung zwischen der Spezifikation eines Objekts (in Form der Schnittstelle) und der Implementierung des Objekts erhöht die Sicherheit und Wartungsfreundlichkeit von Softwaresystemen wesentlich.

### Einfachvererbung:

Die Vererbungsbeziehung zwischen dem Gattungsbegriff und dem Artbegriff wird im Objektmodell auf die Vererbungsbeziehung zwischen der **Oberklasse** und der **Unterklasse** abgebildet (Abbildung 53).

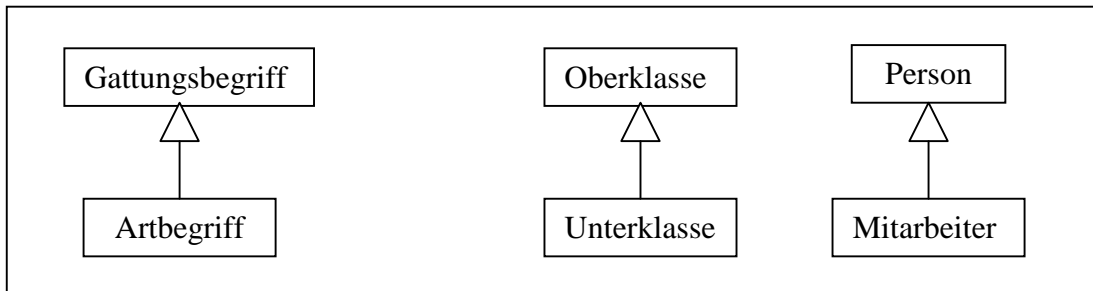


Abbildung 53: Beziehung zwischen Gattungsbegriff und Artbegriff ist im Objektmodell die Beziehung zwischen Oberklasse und Unterklasse

Bei der Ableitung einer Unterklasse aus einer Oberklasse übernimmt oder erbt die Unterklasse alle Merkmale der Oberklasse, aus welcher sie abgeleitet wird. Die Unterklasse kann zu den geerbten Merkmalen neue Merkmale hinzufügen, die geerbten Merkmale redefinieren (Abbildung 54).

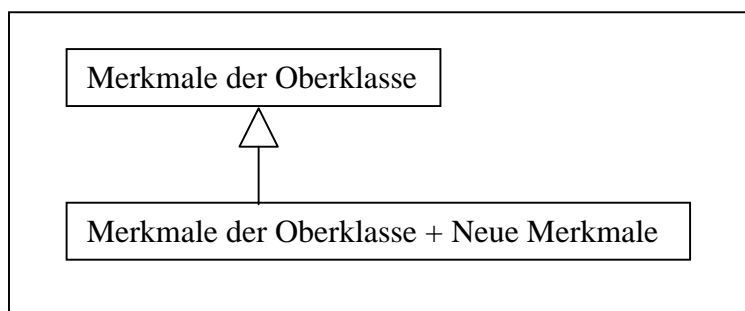


Abbildung 54: Ableitung der Unterklasse aus der Oberklasse

Wenn eine Vererbung vorliegt, dann gelten folgende Aussagen:

Besitzen alle Objekte der Oberklasse ein Attribut A, dann besitzen es auch alle Objekte der Unterklasse. Alle Eigenschaften und Beziehungen, die für ein Attribut A in der Oberklasse gelten, haben auch für das Attribut A in der Unterklasse Gültigkeit.

Alle Operationen, die Objekte der Oberklasse ausführen können, sind auch für Objekte der Unterklasse anwendbar.

Existiert eine Beziehung zwischen der Oberklasse und einer Klasse K, dann existiert auch diese Beziehung zwischen der Unterklasse und der Klasse K.

Bei Einfachvererbung darf eine Unterklasse nur eine Oberklasse haben. Die Unterklasse kann als eine Klasse angesehen werden, die im Vergleich mit der Oberklasse einen höheren Grad der Spezialisierung aufweist. Vererbung gibt uns die Möglichkeit, Programmcodes wiederzuverwenden. Wir brauchen nur noch das zu programmieren, was in der neuen Klasse neu hinzugefügt wird, oder was sie von der vorhandenen Klasse unterscheidet.

Von einer Oberklasse können wir mehrere Unterklassen ableiten, in dem wir neue Merkmale in die Merkmale der Oberklasse einfügen, und aus mehreren Unterklassen können wir eine Oberklasse bilden, in dem wir die gemeinsamen Merkmale der Unterklassen in einer Oberklasse zusammenfassen (Abbildung 55).

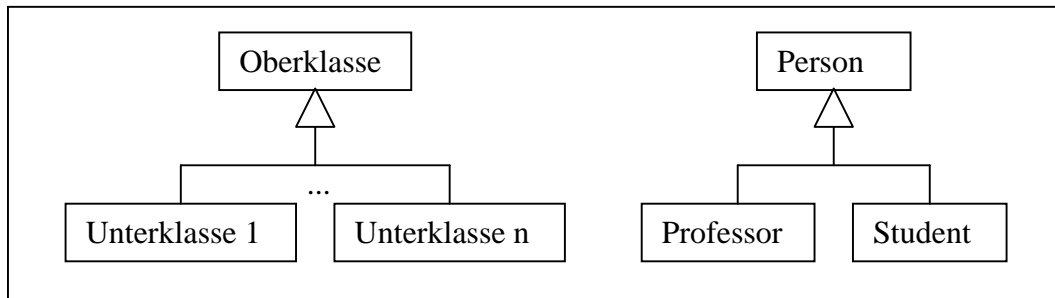
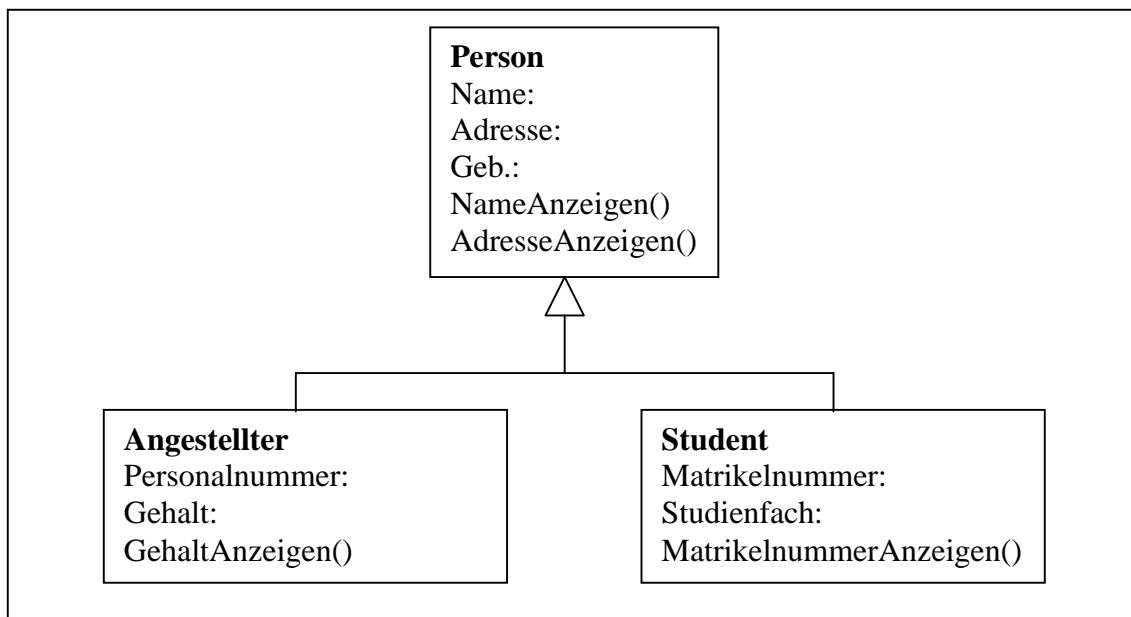


Abbildung 55: Die Bildung von Oberklasse und von Unterklassen

Ein Beispiel für die Einfachvererbung:



Mit der Einfachvererbung ist es möglich, einfache Klassenhierarchien zu erstellen. Die einfache Hierarchie hat die Gestalt eines Baums und wird als **Vererbungsbaum** bezeichnet.

Man unterscheidet die Oberklasse von der Metaklasse, von der abstrakten Klasse und von der parametrisierten Klasse. **Metaklassen** sind Klassen, deren Objekte selbst wieder Klassen sind. Eine **abstrakte Klasse** ist eine Klasse, die keine Objekte erzeugt. Dies bedeutet nicht, daß die Klasse keine Objekte besitzt, bzw. ihr Umfang leer ist. Zu ihrem Umfang gehören alle Objekte der Unterklassen. Abstrakte Klassen dienen vor allem dazu, das Konzept der Vererbung voll auszunutzen. Sie werden stets künstlich in das Modell eingefügt. Eine abstrakte Klasse ist eine Oberklasse und besitzt stets konkrete Unterklassen. Die abstrakten Klassen beschreiben die Merkmale, die allen Unterklassen gemeinsam sind. Abstrakte Klassen können auf zwei verschiedene Arten konzipiert werden. Die Operationen können durch ihre Spezifikationen definiert werden oder die Operationen enthalten nur Ein-Ausgabeschnittstellen, während deren Spezifikationen fehlen. Rumbaugh spricht von abstrakten Operationen. Sie werden mit „abstrakt“ gekennzeichnet. Die Spezifikationen erfolgen jeweils in den Unterklassen. Abstrakte Klassen werden nur deswegen konzipiert, um ihre Merkmale an Unterklassen zu vererben [Rumbaugh 1991]. Eine **konkrete Klasse** ist eine Klasse, die Objekte erzeugt. Eine **parametrisierte Klasse** ist ein Muster für Klassen, das neue Klassen durch die Übernahme von Parametern erzeugt. Das heißt, parametrisierte Klassen beschreiben eine ganze Familie von Klassen, nicht von Gegenständen. Mit Hilfe von Parametern muß eine Klasse aus dieser Familie zuerst generiert werden, bevor sie Objekte

erzeugen kann. Man spricht dabei von Instanziierung einer Klasse (nicht zu verwechseln mit der Instanziierung von Objekten).

**Mehrfachvererbung:**

Wenn eine Unterklasse mehr als eine Oberklasse besitzt, dann besteht eine Mehrfachvererbung zwischen den Oberklassen und der Unterklasse (Abbildung 56).

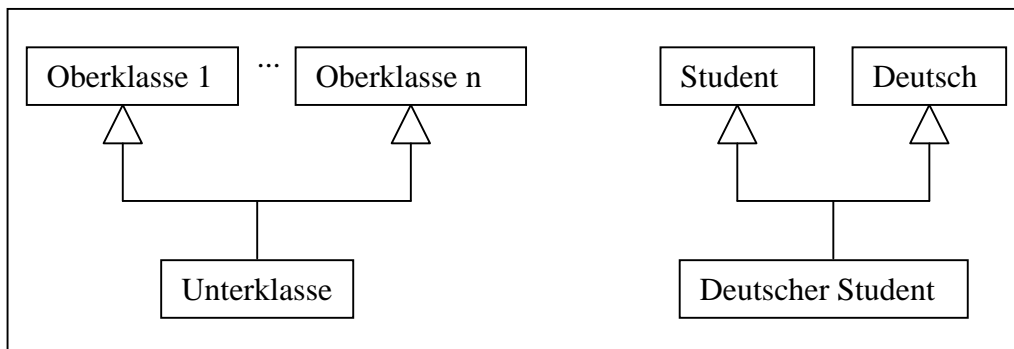
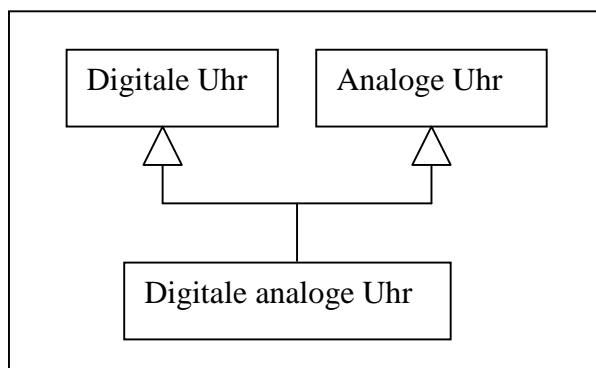


Abbildung 56: Mehrfachvererbung

Die Unterklasse erbt alle Merkmale aller Oberklassen. Es kann hier ein Problem entstehen, wenn die Oberklassen gemeinsame Merkmale besitzen. So werden diese alle vererbt. In diesem Fall erbt die Unterklasse mehrfach diese gemeinsamen Merkmale der Oberklassen. Dieses Problem kann gelöst werden, in dem in der Unterklasse eine Qualifikation des Merkmals durch explizite Angabe der jeweiligen Oberklasse erfolgt.

Ein Beispiel für die Mehrfachvererbung:



Mit der Mehrfachvererbung ist es möglich, komplexe Netze von Klassen aufzubauen. Wir nennen sie auch **Vererbungsgitter**.

Die Klassenhierarchien sollen nicht nach Gesichtspunkten der Optimierung und Redundanzfreiheit aufgebaut werden. Sie sollen gemäß der natürlichen Ordnung der Klassen erstellt werden [Oestereich 1997].

Man kann z.B. die Beziehung zwischen Rechteck und Quadrat wie folgt darstellen:

```

Quadrat {
    Int Kante;
    ....
};
Rechteck: Quadrat{
    Int AndereKante;
    ....
};
    
```

Man kann diese Beziehung aber auch so darstellen:

```
Rechteck {  
  Int EineKante;  
  Int AndereKante;  
  ....  
};
```

```
Quadrat: Rechteck{  
  ....  
};
```

Die erste Darstellung ist optimaler als die zweite, weil für das Quadrat nur eine Variable und für das Rechteck zwei Variablen definiert werden müssen, und in der zweiten Darstellung wir sowohl für das Quadrat als auch für das Rechteck zwei Variablen definieren müssen. Die erste Realisierung entspricht aber keiner natürlichen Ordnung zwischen Rechteck und Quadrat. Ein Rechteck ist i.allg. kein Quadrat, aber ein Quadrat ist immer ein Rechteck.

#### **Sichtbarkeit und Verfügbarkeit der Merkmale:**

Ein Merkmal ist für ein Objekt verfügbar, wenn es zu dem Objekt gehört. Ein Merkmal ist für ein Objekt sichtbar, wenn es von dem Objekt zugegriffen werden kann. Die Verfügbarkeit bedeutet nicht Sichtbarkeit und umgekehrt.

#### **Konflikt zwischen Kapselung und Vererbung:**

Die Kapselung ist eine Technik, den Zugriff auf die Interna eines Objekts nur über die äußere Schnittstelle zu erlauben. Vererbung ist das Prinzip, die Merkmale einer Oberklasse an ihre Unterklassen weiterzugeben. Die in der Hierarchie weiter unten stehenden Klassen wollen an der Definition einer höherstehenden Klasse teilhaben. Die Veränderungen in einer Oberklasse wirken unmittelbar auf alle ihre Unterklassen. Eingriffe in die Vererbungshierarchie sind nicht mehr lokal gebunden. Nebenwirkungen werden unkontrollierbar. Die Vererbung verletzt somit das Prinzip der Kapselung. In der Praxis bedeutet der Widerspruch zwischen Kapselung und Vererbung, daß der Anwender einer abgeleiteten Klasse alle deren Oberklassen kennen muß, unter Umständen auch deren Interna.

#### **Objekt (Instanz, Ausprägung, Exemplar):**

Zwei Leistungen einer Klasse sind besonders hervorzuheben: Die Herstellung eines Objekts und die Individuation eines Objekts. Die Individualität als Ergebnis der Individuation ist die Voraussetzung dafür, daß ein Objekt identifiziert und von anderen Objekten unterschieden werden kann. Auf der Klassenebene sind alle Objekte der Klasse ununterscheidbar, weil die Klasse wie der Begriff das Gemeinsame darstellt. Erst durch die Aktualisierungen der Objektmerkmale (die Individuation), d. h. durch die Zuweisungen der Inhalte zu abstrakten Merkmalen, kommt man zur Individualität, zur Einzelbestimmung eines Objekts, das Individuum oder Einzelobjekt genannt wird [Wedekind 1992]. Die Leistung der Individuation besteht darin, daß für eine Klasse die Individualität geäußert werden kann. Die Individuation führt zu Individuen.

Klasse beschreibt die Strukturen des Objekts:

```
// eine Klasse  
Klasse Student{  
  String Name;
```

```

Int Alter;
....
}

```

Bei der Zuweisung der Werte zu Attributen wird das Objekt erzeugt:

```

// ein Objekt der Klasse
EinStudent: Student{
Name : Peter;
Alter: 19;
....
}

```

Ein Objekt verhält sich zu einer Klasse wie ein real existierender Gegenstand zum Begriff des Gegenstands (instance\_of). Man unterscheidet das Objekt einer Klasse vom realen Gegenstand eines Begriffs. Ein Objekt ist eine Ausprägung einer Klasse und ist nicht identisch mit dem Gegenstand, der in der materiellen und geistigen Wirklichkeit existiert, den das Objekt modelliert bzw. abbildet. Das Objekt ist das Softwaremodell von dem realen Gegenstand. Der reale Gegenstand ist das Original. Beide sind ähnlich aber nicht identisch (Abbildung 57).

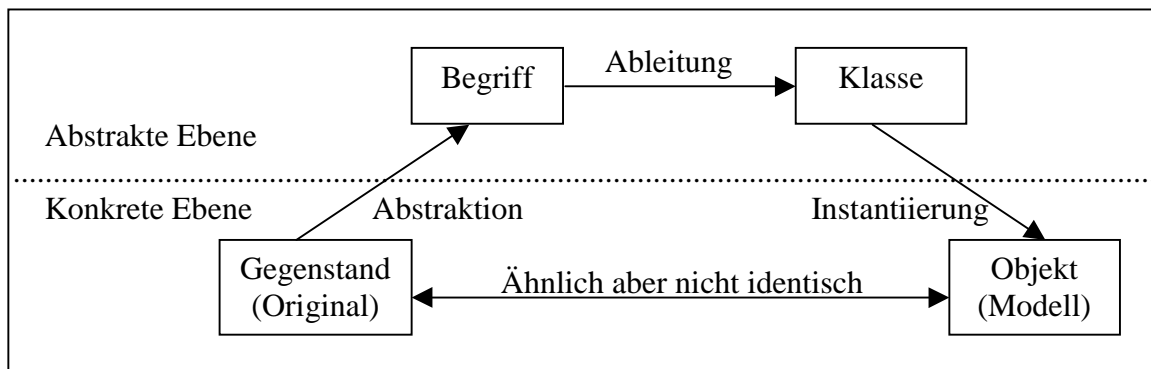


Abbildung 57: Beziehung zwischen realem Gegenstand, Begriff, Klasse und Objekt

Für die Beziehung zwischen dem Begriff und seinen Gegenständen bzw. zwischen der Klasse und ihren Objekten gilt **das Axiom des einfachen kategorischen Syllogismus**:

„Alles, was über alle Gegenstände einer Klasse behauptet wird, wird auch für jeden Gegenstand behauptet, der dieser Klasse angehört, und umgekehrt: alles, was bei allen Gegenständen der Klasse negiert wird, wird bei jedem Gegenstand negiert, der dieser Klasse angehört“ [Albrecht 1978].

Objekte werden zur Laufzeit des Programms erzeugt und wenn nichts weiter getan wird, bei Programmende wieder zerstört. Möchte man Objekte über die Laufzeit der Anwendung hinaus existieren lassen, müssen sie in einem nicht flüchtigen Speichermedium, als einer Datenbank, abgelegt werden. **Persistente Objekte** sind also nichts anderes als langfristig speicherbare Objekte. Alle anderen sind **transiente Objekte**.

#### Typen der horizontalen Beziehungen:

Beziehungen zwischen Objekten sind Bestandteile der Objekte. Die Art einer Beziehung lässt sich über eine sogenannte Kardinalität präzisieren. Eine Beziehung besitzt eine **1-zu-1-Kardinalität**, wenn jedes Objekt mit höchstens einem anderen Objekt in Beziehung stehen kann und umgekehrt. Eine **1-zu-m-Kardinalität** ermöglicht einem Objekt, mit mehreren



anderen in Beziehung zu stehen. Eine **n-zu-m-Kardinalität** stellt keinerlei Einschränkung an die Beziehung dar. Beziehungen können einwertig oder mehrwertig sein. 1-zu-1 und n-zu-1 sind einwertig, 1-zu-m und n-zu-m sind mehrwertig. Sie können uni- oder bidirektional sein. Unidirektionale Beziehungen sind von einer Objektklasse zu anderen gerichtet. Das hat Auswirkung auf den Zugriff, da Beziehungen nur in einer Richtung traversiert werden. Bidirektionale Beziehungen verlaufen hingegen in beiden Richtungen, von einem Objekt zum anderen und zurück. Beziehungen können binär oder n-när sein. Sie können nicht nur als Relationships, sondern auch als Objektklassen mit Attributen modelliert werden, wenn wir die Beziehungen nicht als Eigenschaften, sondern als Gegenstände auffassen. Dies stellt die Schwierigkeit der Modellierung dar, weil wir zu entscheiden haben, eine Eigenschaft entweder als Eigenschaft oder als Gegenstand zu modellieren.

Alle Beziehungen eines Objekts werden beim Löschen des Objekts aktualisiert. Änderungen auf einer Seite einer bidirektionalen Beziehung werden auch auf der inversen Seite vorgenommen.

### **Objektzustand, Objektidentität, Objektgleichheit:**

Die Attribute und Relationships bestimmen den Zustand des Objekts. Der Zustand des Objekts ändert sich, wenn sich die Attribute oder Relationships des Objekts ändern. Ein Objekt kann also mehrere Zustände annehmen, aber nicht gleichzeitig. In einem Zeitpunkt hat das Objekt nur einen Zustand. Jeder Gegenstand einer gegebenen Anwendung wird modelliert als Objekt mit eigener Identität. Die Objektidentität gehört zu den wesentlichen Konzepten der Objektorientierung. Die Identität des Objekts ist unabhängig von seinem aktuellen Zustand. Jedem Objekt wird ein Identifikator zugeordnet, um für Eindeutigkeit der Objekte zu sorgen. Er bleibt im Gegensatz zum Objektzustand über die gesamte Lebensdauer des Objekts unverändert. Mit Einführung von Identitäten für Objekte wird es unmittelbar möglich zu unterscheiden, ob zwei Objekte gleich oder identisch sind. Zwei Objekte sind genau dann identisch, wenn sie denselben Identifikator besitzen. Das bedeutet aber auch, daß sie gleich sind. Bei Gleichheit der Objekte unterscheidet man eine tiefe Gleichheit von einer flachen Gleichheit. Eine tiefe Gleichheit liegt vor, wenn Objekte gleiche Attribute besitzen und die Relationships identisch sind, d.h. sich auf dieselben Objekte beziehen. Flache Gleichheit erfordert, daß alle Attribute gleich und die referenzierten Objekte gleich in flachem Sinne sind. Identische Objekte sind somit immer gleich in beiden Sinnen, und eine tiefe Gleichheit impliziert immer eine flache Gleichheit. Die Gleichheit impliziert nicht die Identität. Es können Objekte geben, die gleich sind und nicht identisch. Im Programm werden Objekte durch ihre Speicheradresse identifiziert. In Datenbanken sind die Identifikatoren systemverwaltet. Man verzichtet auf Primärschlüssel. Der Benutzer braucht sich weder um die Vergabe noch um die Eindeutigkeit zu kümmern. Objektidentifikatoren (OID) werden auch für die Darstellung der Beziehungen zwischen Objekten genutzt. Um eine Beziehung zwischen zwei Objekten darzustellen, reicht es aus, den OID des in Beziehung stehenden Objekts beim Objekt zu speichern. Dadurch wird es insbesondere möglich, Objekte aus anderen Objekten zusammenzusetzen und einzelne Objekte von mehreren anderen aus zu referenzieren.

### **Aggregatobjekt:**

Ein Aggregatobjekt (Ganzes, komplexes Objekt) ist ein Objekt, das sich aus anderen Objekten (Teilen) zusammensetzt. Die Beziehung zwischen Teilen und Ganzem heißt die Aggregationsbeziehung. Die Aggregationsbeziehung kann für die Reduktion der Komplexität eines Problems genutzt werden, wenn es einem dabei gelingt, zwei Sichten voneinander zu trennen. Die interne Sicht erfaßt dabei die Interna des Aggregatobjekts, gibt also Auskunft darüber, aus welchen Teilen sich das Aggregatobjekt zusammensetzt, welche Beziehungen die Teile zueinander haben und wie die Struktur der Teile die Attribute des Aggregatobjekts

beeinflusst, die für die externe Sicht relevant sind. In der externen Sicht sind nur noch das Aggregatobjekt als Einheit und dessen Beziehungen zu externen Objekten, nicht aber dessen Aufbau von Interesse. Als Fortsetzung der Objektbildung, nämlich der Zusammensetzung, ist der Prozeß der Zusammensetzung, in dem die Zuordnung von Teilen zum Aggregatobjekt vorgenommen wird, primär subjektiv. Die Modellierung eines Aggregatobjekts hat den Vorteil, daß eine Gruppe von Objekten als Einheit dargestellt und behandelt werden kann. Statt einer Vielzahl von Einzeloperationen ist nur ein einziger Operationsaufruf notwendig, um das Aggregatobjekt z.B. zu löschen oder zu kopieren.

Die Teile eines Aggregatobjekts können aber auch als Aggregatobjekte aufgefaßt werden. Dadurch entsteht eine Hierarchie der Teile eines Aggregatobjekts [Seewaldt 1988]. Bezüglich der Existenz und der Sichtbarkeit der Teile sind folgende Arten der Teile zu unterscheiden: abhängiger und unabhängiger, gemeinsamer und privater, eingekapselter und nicht eingekapselter Teil [Heuer 1997].

#### *Gemeinsamer und privater Teil:*

Ein Objekt kann Teil mehrerer Objekte sein, sogar Teil von Objekten unterschiedlicher Klassen. Solche Objekte nennen wir gemeinsame Teile. Das heißt: ein Teil ist gemeinsam, wenn er in *mehreren* Objekten als Teil auftauchen kann. Ein gemeinsamer Teil wird auch als überlappender Teil bezeichnet. Ein Unix-Betriebssystem ist z.B. ein gemeinsamer Teil vieler Computer. Teil, der dagegen nur in *einem* Objekt auftauchen darf, nennt man privat. Das heißt: Teil wird privat, wenn er maximal in einem Objekt auftauchen darf. Privater Teil wird oft auch als exklusiver Teil bezeichnet. Eine Tastatur eines Computers ist ein privater Teil dieses Computers. Haben alle Objekte nur private Teile, so sind sie als Bäume darstellbar. Bei gemeinsamen Teilen wird die Objektstruktur zu einem allgemeinen Graphen. (Abbildung 58).

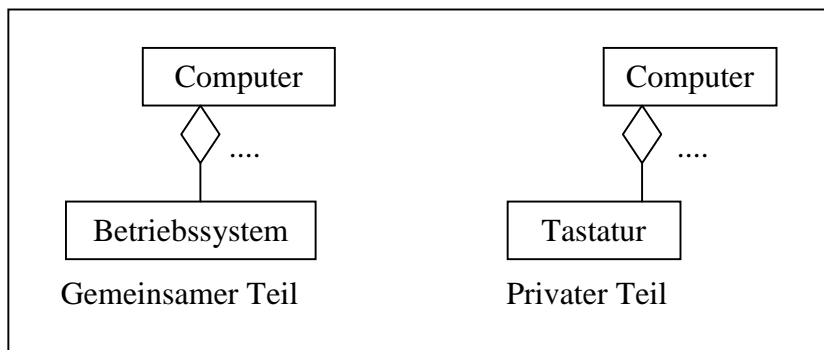


Abbildung 58: Beispiele für gemeinsamen und privaten Teil

#### *Abhängiger und unabhängiger Teil:*

Ein Teil kann von der Existenz des Aggregatobjekts abhängen: Er existiert, wenn das Aggregatobjekt existiert, er existiert nicht, wenn das Aggregatobjekt nicht existiert. Diese Teile sind in ihrer Lebensdauer an das Aggregatobjekt gebunden, d.h., wenn das Aggregatobjekt gelöscht wird, werden auch die Teile gelöscht. Einen solchen Teil nennt man abhängig, sonst nennt man den Teil unabhängig. Das heißt: Teil ist abhängig, wenn er mindestens in einem anderen Objekt auftauchen muß, Teil ist unabhängig, wenn er nicht unbedingt in einem Objekt auftauchen muß. Unabhängige Teile können ohne zugehöriges Aggregatobjekt existieren. (Abbildung 59).

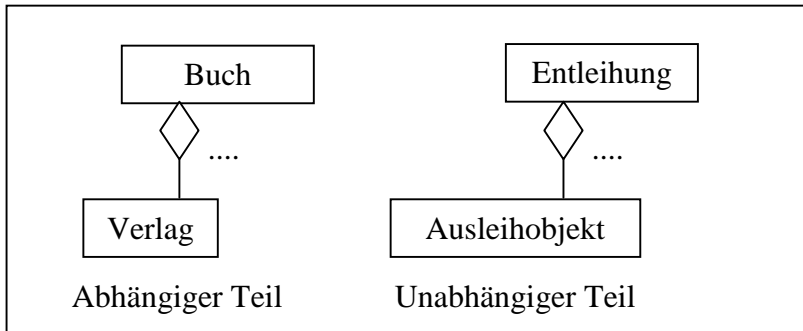


Abbildung 59: Beispiele für abhängigen und unabhängigen Teil

#### Eingekapselter und nicht eingekapselter Teil:

Ist ein Teil nur von ihrem Objekt aus sichtbar, kann man also nur von dem Objekt aus auf den Teil zugreifen, so nennt man den Teil eingekapselt. Ist ein Teil unabhängig von seinem Objekt zugreifbar, so wird er nicht eingekapselt. (Abbildung 60).

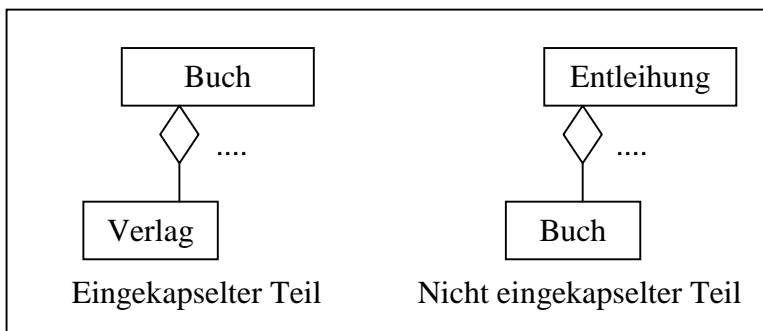


Abbildung 60: Beispiele für eingekapselten und nicht eingekapselten Teil

#### Modellierung der Kollektion:

Neben Aggregatobjekten sind Kollektionen Grundbausteine für die Erstellung objektorientierter Anwendungen. Sie sind im Prinzip Behälter, die mehrere gleichartige Objekte aufnehmen können, z.B. **Set**, **Bag**, **List**, **Feld**. Sets enthalten keine Duplikate. In Bags kann ein Element mehrfach vorkommen. Listen besitzen ähnlich und verfügen ebenfalls über einen indizierten Zugriff. Die Kollektionen kann man als Template parametrisieren lassen. Kollektionen werden auch bei der Definition von Beziehungen verwendet. Sie lassen sich auch als Objekte im Programm verwenden, z.B. Set <Person> pset. Kollektionen besitzen die Vielzahl von Operationen, um Elemente einzufügen oder zu löschen und weitere ihrer Natur entsprechende Operationen, z.B. für Set die Operationen Vereinigung, Durchschnitt, Differenz usw. Um die Elemente einer Kollektion der Reihe nach durchlaufen zu können, gibt es normalerweise eine sogenannte Iteratorklasse. Der Iterator ist ein Positionszeiger, der zunächst das erste und dann nacheinander das nächste Element liefert, bis das Ende der Kollektion erreicht ist.

#### Bezug zu C++:

In C++ wird die Klasse durch das class-Konzept realisiert:

```
Class Klassenname {
```

```
.....
```

```
};
```

Attribute werden in C++ als Member-Variablen bezeichnet. Die Definition von Voreinstellungen ist nur über Konstruktoren möglich. Operationen werden in C++ durch Member-Funktionen realisiert:

```
Class Person {
    String Name;           // Objektattribut
    Person(String n) { Name=n}; // Konstruktor
    NameAnzeigen() { cout<<Name}; // Objektoperation
};
```

Dem Senden einer Botschaft entspricht der Aufruf einer Member-Operation und wird in C++ als *member function invocation* bezeichnet. Das Empfängerobjekt wird entweder über eine Zeigervariable oder über den Namen der statischen Variablen identifiziert.

```
Person thePerson;
Person* pPerson;

thePerson . NamenAnzeigen() // Person ist ein Objekt
pPerson -> NamenAnzeigen() // Person ist ein Zeiger
```

Die Aggregation- und Assoziationsbeziehungen werden über Zeiger-Attribut oder Objekt-Attribut realisiert:

```
Class Kunde;
Class Auto;
Class Auftrag{
    Kunde* derKunde; // als Zeiger-Attribut
    Auto dasAuto; // als Objekt-Attribut
    ....
};
```

In C++-Programmen ist es üblich, die Schnittstelle der Klasse und ihre Implementierung zu trennen:

// Schnittstelle in Datei Person.hpp

```
Class Person {
    String Name;           // ein Attribut
    Person();             // ein Konstruktor
    NamenAnzeigen();     // eine Methode
};
```

// Implementierung in Datei Person.cpp

```
#include „Person.hpp“
Class Person {
    Person(String n) { Name=n}; // Konstruktor
    NameAnzeigen() { cout<<Name}; // Objektoperation
};
```

Eine Unterklasse wird durch die Angabe der Oberklassen definiert. Dadurch wird die is-a-Beziehung realisiert:

```
Class Unterklasse :[public | privat] Oberklassen {
```

```
.....  
};
```

Die Mehrfachvererbung wird auch unterstützt:

```
Class Unterklasse: public Oberklasse1, public Oberklasse2 {  
.....  
};
```

C++ enthält ein Konzept, das Effizienz und Flexibilität der Vererbung miteinander zu verbinden versucht. Die Sprache bietet drei verschiedene Zugriffsschutzkonzepte an, um die Sichtbarkeit von Attributen auszudrücken:

**public:** Die Attribute der Oberklasse werden vererbt, d.h. sie sind in den Unterklassen verfügbar und zugleich sind sie für alle Klassen (auch die Unterklassen) sichtbar.

**protected:** Die Attribute der Oberklasse werden vererbt, d.h. sie sind in den Unterklassen verfügbar und sie sind nur für die Unterklassen sichtbar.

**privat:** Die Attribute werden vererbt, d.h. sie sind in den Unterklassen verfügbar, aber sie sind für keine andere Klasse (auch Unterklassen) sichtbar. Dieser Teil ist voreingestellt, deshalb kann das Wortsymbol **privat** fehlen:

```
Class Klasse {  
Privat: // Private Attribute und Methoden  
.....  
Protected: // geschützte Attribute und Methoden  
.....  
Public: // öffentliche Attribute und Methoden  
.....  
}
```

Mit dem **friend-Konzept** ist ein gezieltes Aufheben des Zugriffsschutzes möglich:

```
Class Klasse1 {  
Friend class Klasse2; // Klasse2 kann auf private Attribute oder Methoden der  
}; // Klasse1 zugreifen  
oder  
Class Klasse1 {  
Friend class Klasse2::Methode2; // Methode2 aus Klasse2 kann auf private  
}; // Attribute und Methoden der Klasse1 zugreifen
```

Eine parametrisierte Klasse wird in Form von Templates realisiert:

```
Tempate <class T> // T ist Parameter  
Class Stack {  
T* v;  
T* p;  
Int groesse;  
Public:  
Stack(int s) {v = p = new T[groesse=s];}  
Void push (T a) {*p++=a};  
T pop() {*--p};  
};
```

Wir können uns dann spezielle Stacks S1 und S2 mit  
*Stack <int> S1;*  
*Stack <Kunde> S2;*

definieren, wobei wir als Parameter beliebige benannte Typen spezifizieren können.

Abstrakte Klassen werden mit virtuell vereinbart:

```
Class AbstrakteKlasse {  
.....  
};
```

```
Class KonkreteKlasse : virtual AbstrakteKlasse{  
....  
};
```

In C++ existiert kein eigenständiges Konzept für die Deklaration von Klassenattributen. Stattdessen wird das Konzept der statischen Variablen (static) dafür verwendet. Das bedeutet, daß die Klassenvariable nur einmal vorhanden ist und nicht jedes Objekt eine Kopie besitzt, sondern auf diesen Wert zeigt:

```
Static int Anzahl; // Klassenattribute
```

Klassenoperationen müssen analog zu den Klassenvariablen als static deklariert werden:

```
Static int Anzahl; // Klassenattribute  
Static void AnzahlAnzeigen() const; // Klassenoperationen
```

Objekte werden wie normale Variablen behandelt, die entweder statisch deklariert oder dynamisch erzeugt werden können. Jedes Objekt wird über seine Adresse eindeutig identifiziert:

```
Person thePerson; // thePerson als Objekt  
Person * pPerson; // pPerson als Zeiger  
pPerson new Person; // eine Person wird dynamisch erzeugt
```

### 4.3.3 Zusammenfassung

Im **algorithmischen System** sind Operationen und Daten deutlich voneinander getrennt. Operationen tun etwas, sie sind aktiv; mit Daten wird etwas getan, sie sind passiv, mehr oder weniger global, d.h. sie sind nicht eingekapselt und können von jeder beliebigen Operation in beliebiger Weise manipuliert werden. Zentrale Elemente des algorithmischen Datenmodells sind die Operationen. Ein Algorithmus besteht eigentlich nur aus Operationen, er nimmt Eingabedaten auf und gibt Ausgabedaten ab, aber diese Daten gehören nicht zu ihm. Er verarbeitet sie nur. Der Algorithmus ist das Dauerhafte, die Daten sind das Flüchtige [Schäfer 1994]. Zusammenfassend kann man sagen, ein algorithmisches System besteht aus (in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit) (Abbildung 61):

1. Operationen
2. Algorithmus (Kontrollstrukturen, Abfolge der Operationsaufrufe)
3. Daten

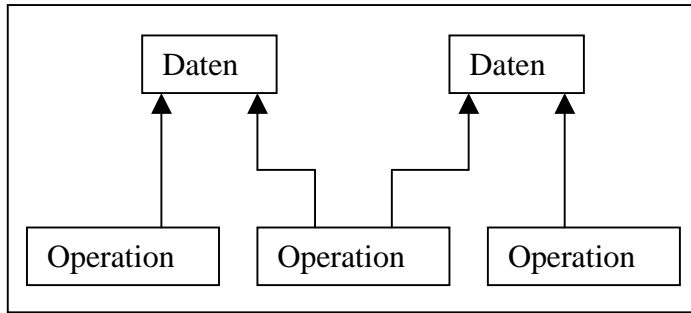


Abbildung 61: Klassisches prozedurales Konzept

Objektorientierter Ansatz ist ein neuer Ansatz der Softwareentwicklung. Er ist geeignet, auf hohem Abstraktionsniveau die Komplexität großer Projekte zu bewältigen.

Das **objektorientierte System** stellt die Klassen in den Mittelpunkt, in die Operationen, Beziehungen und Eigenschaften vereinigt werden. Klassen beschreiben die Eigenschaften von Objekten und legen mit den Methoden fest, welche Aktionen die Objekte ausführen können. Ein konkretes Objekt wird nach dem „Muster“ der Klasse erzeugt und bildet eine Instanz der Klasse. Mit der Definition der Operationen werden die möglichen Kommunikationswege zwischen Objekten festgelegt. Charakteristisch ist die Abgeschlossenheit der Objekte nach außen, das heißt, daß auf Daten nicht direkt zugegriffen werden kann. Statt dessen muß eine zum Objekt gehörende Operation aktiviert werden. Die Daten können auch als innerer Zustand des Objekts aufgefaßt werden, der nur durch Operationen verändert werden kann, die an das Objekt gebunden sind. Aus diesem Grunde sind die innerhalb des Objekts verwendeten Datenstrukturen nur für die Definition der Operation maßgebend. Der Absender der von außen an das Objekt gesendeten Anforderung muß diese Datenstruktur nicht kennen. Die Objekte sind abgeschlossene Einheiten, die zunächst ohne Verknüpfungen nebeneinander stehen. Die Verknüpfungen werden durch das Versenden von Botschaften aufgebaut.

Der Aufruf eines Programms besteht im Versenden der ersten Botschaft. Aufgrund dieser Botschaft versendet das Zielobjekt selbst Botschaften an andere Objekte. Durch die Ausführung der in den einzelnen Operationen festgelegten Verarbeitungsschritte innerhalb der Objekte sowie den Botschaftsaustausch zwischen den Objekten wird die zuerst versendete Botschaft beantwortet. Dabei ist für den Absender der Botschaft nicht ohne weiteres zu erkennen, wie die Antwort zustande kommt und welche Objekte beteiligt sind. Im Gegensatz zu algorithmischen Systemen besteht ein objektorientiertes Programm aus (Abbildung 62):

1. Objekten
2. Botschaften

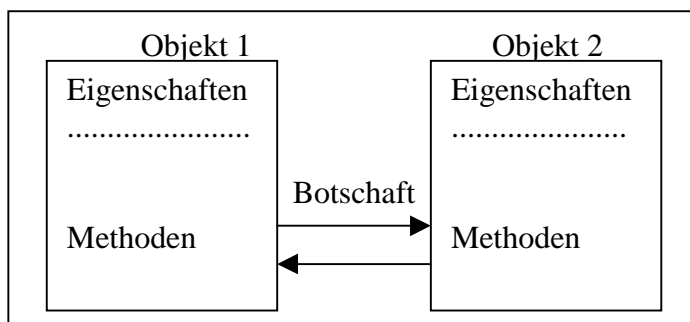


Abbildung 62: Objektorientiertes Konzept

Analyse-, Entwurfsmethoden und Programme beider Paradigmen besitzen einen unterschiedlichen logischen Aufbau und verschiedene Komponenten. Jedoch stehen im

objektorientierten System die Algorithmen auch im Vordergrund und der Programmierer muß algorithmisch denken.

#### 4.4 Methodik der objektorientierten Datenmodellierung

Ausgangspunkt für die Modellierung ist ein Wirklichkeitsausschnitt und eine sich darauf beziehende Aufgabenstellung. Endpunkt ist ein geeignetes Objektmodell. Bis dahin geht der Weg von der Begriffsbildung bis zur Erstellung von Klassen bzw. Klassenhierarchien (Abbildung 63).

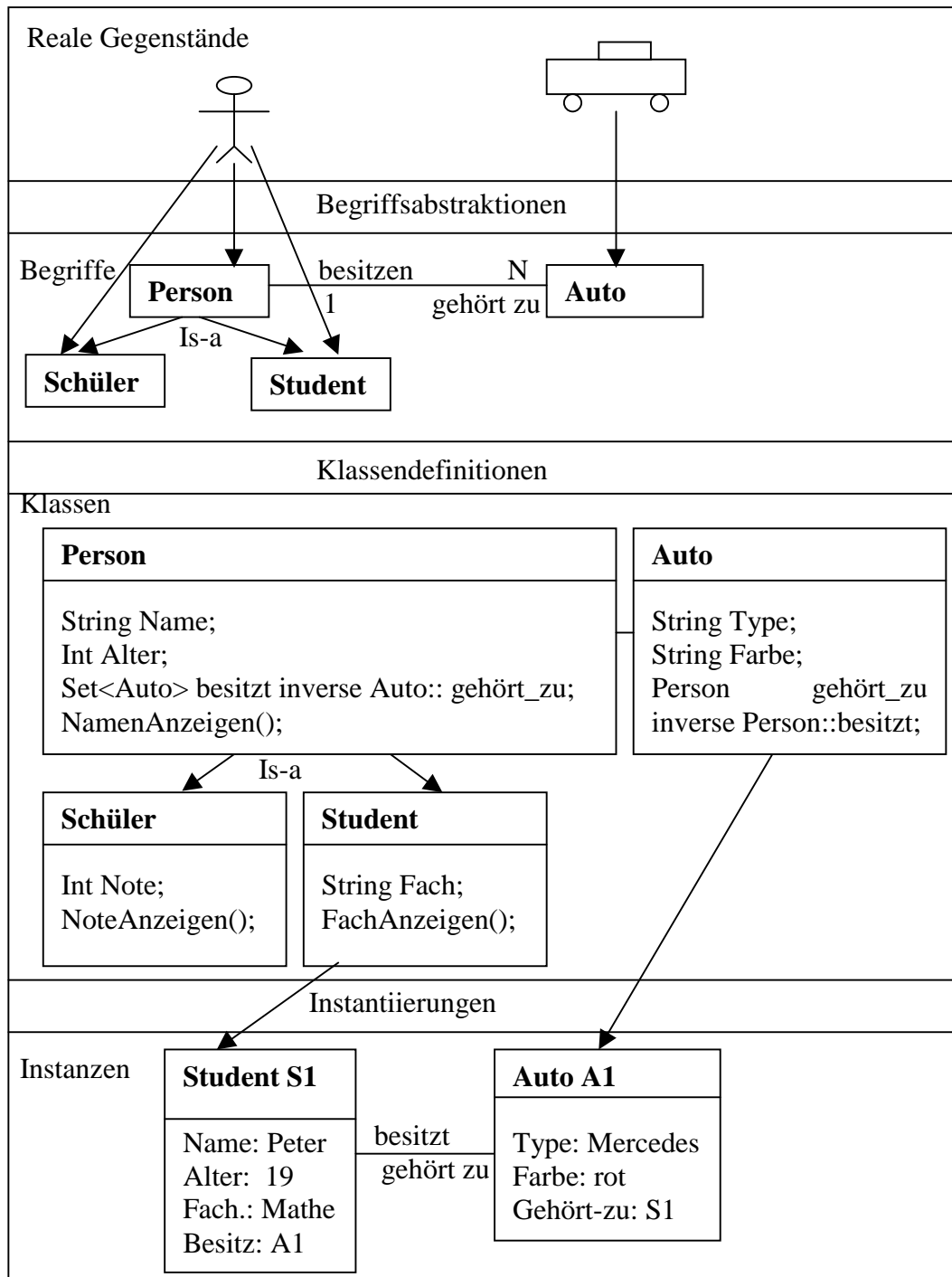


Abbildung 63: Die Phasen der Modellierung (Analyse und Entwurf)



Bei der Modellierung eines Ausschnitts der Wirklichkeit spielen die Methoden der Klassifikation, die Abstraktion und die Einteilung eine wesentliche Rolle.

Zuerst müssen die konkreten realen Gegenstände des Problembereichs identifiziert werden. Das Identifizieren von realen Gegenständen und Klassen der Anwendung ist eine zentrale Aufgabe der Problemanalyse. Da ein Gegenstand eine Eigenschaft eines anderen Gegenstands sein kann, ist es schwierig zu entscheiden, einen Gegenstand als selbständige Klasse oder als Teil-Klasse anderer Klasse oder als Attribut einer Klasse zu modellieren. Denn der Gegenstand kann unter verschiedenen Aspekten gesehen werden. Hier spielt nicht nur die Zwecksetzung der Entwicklungsaufgabe, sondern auch die Erfahrung und Kompetenz des Entwicklers eine wesentliche Rolle. Nach dem Identifizieren müssen Eigenschaften der Gegenstände identifiziert werden und dann für jeden Gegenstand die geeignete Abstraktion gefunden werden. Durch die Abstraktion werden Begriffe gewonnen, die in Klassen umgeformt werden. Die Begriffe sind unformalisiertes Wissen. Unter unformalisiertem Wissen wird also Wissen verstanden, das noch nicht eine verarbeitbare Form aufweist. Die Begriffe beschreiben die Gegenstände in allgemeiner Form, mit Hilfe einer natürlichen Sprache. Begriffe können nur dann in die Modellbildung und Verarbeitung einbezogen werden, wenn es gelingt, sie in formalisierte Form, d.h. in Klassen zu bringen. Klassen beschreiben die Gegenstände in rechnernaher Form, mit Hilfe einer Modellierungssprache.

Zwischen Gegenständen existieren mehrere Beziehungen unterschiedlicher Typen. Von besonderer Bedeutung sind Is-a-, Aggregations- und Assoziationsbeziehung. Diese Beziehungen werden im Modell abgebildet. Daraus entstehen Klassenhierarchien, komplexe Objekte und Verknüpfung zwischen Objekten.

Bei der Bildung der Klassen ist zu beachten, daß nicht alle Gegenstände bzw. alle ihre Eigenschaften zu modellieren sind. Es wird nicht gefordert, alles oder irgendwas darzustellen. Es werden nur die relevanten Gegenstände und die relevanten Eigenschaften ausgewählt und modelliert [Karge 1996]. Ob ein Gegenstand oder eine Eigenschaft relevant oder nicht relevant ist, hängt von der Aufgabenstellung ab. Die Informationsmenge nimmt von der Modellebene über die Begriffsebene zur Gegenstandsebene zu.

Wesentliche Fragen der Modellierung sind: Welche Gegenstände sind zu modellieren? Welche Eigenschaften sind ihnen zuzuordnen? Wie werden sie zueinander in Beziehungen gesetzt? Ein Gegenstand wird modelliert bzw. eine Klasse wird gebildet, indem man die Attribute, die Operationen des Gegenstands und Relationships des Gegenstands zu anderen Gegenständen beschreibt. Beispiel:

```
Student {  
++Klassenmerkmale  
  //Attribute:  
  ...  
  //Relationships:  
  ...  
  //Operationen:  
  ...  
++Objektmerkmale  
  //Attribute:  
  String Name;  
  String Adresse;  
  String Geburtstag;  
  Int Größe;  
  Int Gewicht;  
  ....  
  //Relationships
```

```

    Set<Auto> besitzt inverse Auto::gehört_zu;
    ....
//Operationen:
    Get_Name();
    Get_Gewicht();
    ....
}

```

Bei der objektorientierten Datenmodellierung sind die zu modellierenden Gegenstände die realen Gegenstände, die für die Anwendung relevant sind. Der Wirklichkeitsausschnitt wird oft in Form von Pflichtenheften gegeben. Das Pflichtenheft kann unvollständig sein, aber es enthält bereits eine große Anzahl der zu modellierenden Gegenstände in Form von Individualbegriffen oder in Form von Artbegriffen. Die Individualbegriffe müssen noch zu Klassen zusammengefaßt werden. Artbegriffe sind direkt in Klassen zu transformieren. „Besitzanzeigende Substantive“, z.B. „die Farbe des Autos“, sind Kandidaten für Attribute. Verben sind Kandidaten für Beziehungen und Operationen [Neumann 1995]. Diese Methode zum Auffinden von Objekten und Klassen heißt grammatische Untersuchung des Pflichtenheftes [Rumbaugh 1991]. Attribute, Operationen und Beziehungen, die im Verlauf der Analyse den Klassen zugeordnet wurden, werden im Verlauf des Entwurfs im Kontext der Klassen formal spezifiziert. Die Klassen, die noch nicht im Pflichtenheft enthalten sind, müssen gefunden und in das Modell eingefügt werden. Synonyme sowie homonyme Klassen müssen gestrichen werden. Die Klassen werden dann mittels der is-a-Beziehung in eine Hierarchie eingeordnet. Bei der Erstellung einer Klassenhierarchie sind neue Klassen mittels der Abstraktion und der Einteilung zu bilden, die aus der Sicht der Implementierung nützlich sind.

Bei der Methode der grammatischen Untersuchung des Pflichtenheftes ist keinesfalls sichergestellt, daß wir alle Klassen, Attribute, Operationen, Beziehungen eines Systems finden. Andererseits ist es schwierig zu entscheiden, was Kandidaten für Klassen, für Attribute, für Operationen, für Beziehungen sind, da Attribute, Beziehungen Kandidaten für Klassen sein können. Neben der Methode der grammatischen Untersuchung des Pflichtenheftes existieren weitere Methoden zum Auffinden von Klassen und ihren Merkmalen, z.B. Heuristiken [Coad 1991], die CRC-Methode (Class-Responsibilities-Collaborators) [Wirfs-Brock 1990] usw., die wir nicht weiter behandeln.

Zusammenfassend besteht der Prozeß der objektorientierten Modellierung aus folgenden Schritten:

**// Gegenstände identifizieren:**

- \* Identifiziere relevante Gegenstände der Anwendung.
- \* Identifiziere gemeinsame für die Anwendung relevante Eigenschaften der Gegenstände.
- \* Identifiziere konkrete und abstrakte Eigenschaften.
- \* Identifiziere Wert-, Aktions- und Beziehungseigenschaften.
- \* Identifiziere Typen der Beziehungseigenschaften: Assoziations-, Aggregations- und is-a-Beziehungen.
- \* Eigenschaftsabstraktionen.

**// Klassen bilden und identifizieren:**

- \* Fasse Gegenstände mit gemeinsamen Eigenschaften zu Klassen zusammen.
- \* Finde im Pflichtenheft vorhandene Klassen und ihre Merkmale.
- \* Finde weitere notwendige Klassen und ihre Merkmale, die nicht im Pflichtenheft enthalten sind.
- \* Streiche überflüssige Klassen und überflüssige Merkmale.

### // Hierarchien aufbauen:

- \* Erstelle Klassenhierarchien mit Hilfe der is-a-Beziehungen.
- \* Bilde neue für die Implementierung nützliche Klassen mit Hilfe der Abstraktion und der Einteilung.

### // Formalisieren und Spezifizieren

- \* Attribute, Operationen, Beziehungen der Klassen spezifizieren (Festlegung von Namen, Typen, Initialwerten, Bedingungen bei Attributen, Festlegung von Eingabe-Ausgabeparametern bei Operationen, von Schnittstellen usw.)

Das zentrale Element des Objektmodells ist die Klasse. Eine Klasse wird aus vorhandenen Klassen über folgende Wege gebildet (Abbildung 64):

- Abstraktion
- Einteilung
- Zusammensetzung
- Zerlegung

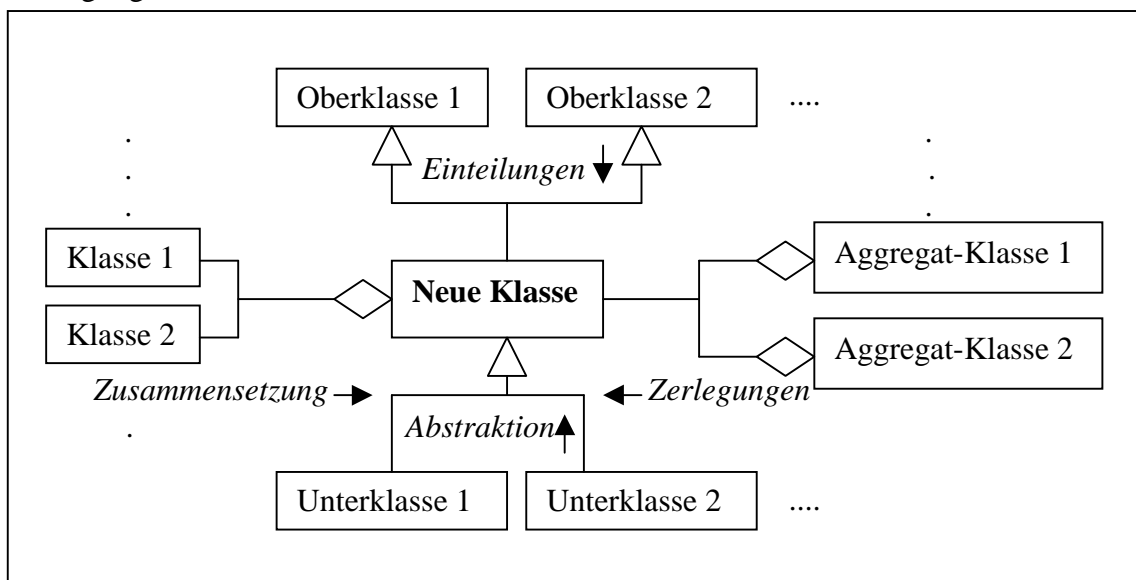


Abbildung 64: Der Weg zur neuen Klasse

Das Ergebnis der Analysenphase ist eine Menge von Klassen, die durch Merkmale beschrieben sind und in Beziehungen zueinander stehen. Dieses Ergebnis bildet die Basis für die Entwurfsphase. Während sich die Analyse mit der Frage „welche Objekte sollen modelliert werden“ beschäftigt, beschäftigt sich der Entwurf mit der Frage „wie werden Objekte gebaut“ [Coad 1991]. Die Entwurfsphase konzentriert sich also auf die Lösung des Problems. In der Entwurfsphase werden dem Ergebnis der Analyse aber weitere neue Klassen, neue Merkmale (Attribute, Operationen, Beziehungen) hinzugefügt, die für die Realisierung des Problems gebraucht werden. Es gibt eine ganze Reihe typischer Klassen, die in Softwaresystemen unerlässlich sind, im Anwendungsbereich aber nicht vorkommen [Schäfer 1994]. Das erstellte Entwurfsmodell wird nun bei der Implementierung in eine Programmiersprache umgesetzt. Klassen werden implementiert; das Programm wird entwickelt. Der Prozeß der Softwareentwicklung besteht also aus dem **Erkennen der Klassen** und ihrer Attribute, Operationen und Beziehungen (Analyse), dem **Aufbau der Klassen** (Entwurf) und der **Umsetzung der Klassen** in einer konkreten Programmiersprache (Implementierung).

## 4.5 Fallbeispiel

Der zu modellierende Wirklichkeitsausschnitt ist die medizinische Diagnostik. Das System soll einen größeren Bestandteil an **Diagnosen**, **Befunden** und **Symptomen** führen, anhand dessen sich der Benutzer z.B. darüber informieren kann, welche **Symptome** bei einer bestimmten **Krankheit** auftreten, oder welche **Krankheiten** bei dem Vorliegen einer Anzahl von **Symptomen** möglicherweise als Ursache in Frage kommen. Ferner soll das System zu **Krankheiten** exemplarisches **Multimedia-Material** bereitstellen, welches typische Erscheinungsformen der **Krankheiten** illustriert. Zusätzlich soll das System darüber informieren können, welche **Medikamente** bei welchen **Diagnosen** eingesetzt werden können.

Zuerst erfolgt eine kurze Erläuterung der zentralen medizinischen Begriffe:

**Befund:** Ein pathologischer Zustand oder Prozeß an einem Organ oder Organsystem eines Patienten wird als Befund bezeichnet. Ein typischer Befund ist z.B. die anhand eines Röntgenbildes gemachte Feststellung, daß sich im rechten Lungenlappen des Patienten ein entzündlicher Herd befindet. Ein Befund sagt noch nicht aus, durch welche Krankheit der pathologische Zustand verursacht worden ist; im Falle des entzündlichen Lungenherdes kann z.B. eine bakterielle oder virale Lungenentzündung oder ein Tumor die Ursache sein.

**Symptom:** Ein Symptom ist ein Befund, den ein Patient an sich selbst feststellt (z.B. „Schmerzen in rechter Brust“).

**Diagnose:** Ein Befund sagt noch nicht aus, welche Krankheit für den pathologischen Zustand verantwortlich ist. Schließt man anhand einer Anzahl von Befunden auf eine Krankheit, die diese Befunde erklären kann oder zumindest konsistent zu ihnen ist, so nennt man das Ergebnis dieser Schlußfolgerung eine Diagnose. Im Falle des Entzündungsherdes im rechten Lungenlappen könnte die Diagnose z.B. lauten: „Durch Streptokokken (eine Bakterienart) bedingte Lungenentzündung“. Eine Diagnose ist die Voraussetzung für eine sogenannte Kausal-Behandlung, bei der die Ursachen der Erkrankung bekämpft werden. Eine ausschließlich auf Befunden und Symptomen aufbauende Behandlung heißt symptomatische Therapie, sie vermag meist nur eine Linderung der Symptome zu erreichen.

Das System enthält eine umfangreiche Sammlung von **Befunden**. Ein **Befund** hat einen *Namen* (wie z.B. „Husten“), ein *Textattribut* für eine längere Beschreibung und ein sogenanntes *importance-Attribut* (Integer zwischen 1 und 10), das aussagt, wie ernst ein solcher Befund zu nehmen ist (wie dringend also seine genaue diagnostische Abklärung ist). Ein Befund wie „Kopfschmerzen“ hat z.B. keine so hohe importance wie der Befund „Stechende Schmerzen in der linken Brust“ (letzterer kann z.B. ein Hinweis auf einen lebensbedrohlichen Herzinfarkt sein, Kopfschmerzen haben dagegen i.a. eine harmlose Ursache).

Das System enthält eine umfangreiche Sammlung von **Krankheiten**. Eine **Krankheit** hat einen *Namen* (z.B. „Akute bakterielle Lungenentzündung“) und einen *Integer-ICD-Code* (ICD= International Classification of Diseases).

Zwischen **Krankheiten** und **Befunden** gibt es die folgenden **Zusammenhänge**:

*Eine Krankheit kann mit einem oder mehreren Befunden einhergehen.* So kann eine Lungenentzündung einhergehen mit den Befunden „Husten“, „Mattigkeit“, „Hohes Fieber“ und „Erhöhte Anzahl von weißen Blutkörperchen im Blut“. *Umgekehrt kann ein und derselbe Befund durch verschiedene Krankheiten verursacht werden.* Der Befund „Husten“ z.B. kann als Ursache die obengenannte Lungenentzündung haben, er kann aber auch auf einen Tumor oder eine Allergie zurückgehen.

Eine solche Beziehung zwischen einer Krankheit und einem Befund wird durch die Parameter *Frequency* und *Evoking-Strength* näher beschrieben: Der Parameter *Frequency* (Float zwischen 0 und 100) gibt an, *mit welcher Häufigkeit* (als Prozentangabe) ein Befund

beim Vorliegen einer Krankheit tatsächlich zu beobachten ist. So haben z.B. schätzungsweise 95% aller Patienten mit einer bakteriellen Lungenentzündung hohes Fieber, es gibt aber auch Fälle von solchen Lungenentzündungen, bei denen kein hohes Fieber auftritt. Der Parameter *Evoking-Strength* (Integer zwischen 1 und 5) gibt an, *wie stark* das Vorliegen eines Befundes für eine bestimmte Krankheit spricht. So ist Husten zwar ein Befund, der mit sehr hoher Häufigkeit bei Patienten mit Lungenkrebs auftritt, aber wenn ein Patient mit Husten in die Praxis kommt, spricht das allein noch nicht sehr stark für einen Lungentumor (denn der Husten hat i.a. sehr viele banalere Ursachen, wie eine Bronchitis oder eine Erkältung). In diesem Fall wäre der Wert des *Evoking-Strength*-Attributs der Relation zwischen „Husten“ und „Lungenkrebs“ relativ klein, während der *Frequency*-Wert zwischen „Husten“ und „Lungenkrebs“ sehr hoch ist (da fast jeder Lungenkrebs-Patient unter Husten leidet).

Das System enthält eine umfangreiche Sammlung von **multimedialen Objekten** (MMOen). Ein **MMO** besteht aus *einem Format* (z.B. jpeg, tiff etc. für Bilder, avi für Videos usw.), einer *Angabe der medizinischen Apparatur*, durch die es generiert wurde (z.B. Röntgengerät, Computer-Tomograph), *einem Textattribut* für eine umfangreiche Freitextbeschreibung des Inhaltes sowie *einem Attribut mit dem Filename* der Binärdaten, oder ein BLOB-Attribut).

Die **Beziehungen** zwischen **MMOen** auf der einen Seite sowie **Befunden** und **Krankheiten** auf der anderen Seite sind folgende:

*Ein Befund B oder eine Krankheit K kann auf mehreren MMOen „vertreten“ sein*, d.h. zu einem B oder K kann es mehrere Bilder, Videos etc. geben, die in irgendeiner Form B oder K illustrieren. *Umgekehrt kann ein einzelnes MMO mehrere Befunde oder Krankheiten „beinhalten“*. So kann ein Video z.B. gleich mehrere Befunde veranschaulichen, also ein ganzes Krankheitsbild widerspiegeln.

Das System enthält eine umfangreiche Sammlung von **Therapieelementen** (z.B. Medikamente). Ein **Therapieelement** hat *einen Namen* (z.B. „Aspirin“) und kann auf mindestens eine *Art und Weise* verabreicht werden (als Tablette, Infusion, Spray oder Salbe).

Die **Beziehungen** zwischen **Therapieelementen** auf der einen Seite sowie **Befunden** und **Krankheiten** auf der anderen Seite sind die folgenden:

Ein bestimmtes Therapieelement kann bei einem oder mehreren Befunden und Krankheiten *zum Einsatz* kommen. Beim Vorliegen eines bestimmten Befundes oder einer bestimmten Krankheit kann ein einzelnes oder eine Kombination von Therapieelementen verabreicht werden; es gibt auch Krankheiten, für die kein wirksames Therapieelement existiert.

Geht man die Problembeschreibung durch und sucht nach den Substantiven, so kommt man zu folgenden Klassenkandidaten: **Befund, Symptom, Krankheit, Multimedia-Material, Medikamente, MMOen, Therapieelement**.

Durch Streichen von Synonymen bleiben folgende Klassen übrig: **Befund, Krankheit, MMO, Therapieelement**.

**Befunde und Krankheiten** sind **pathologische Zustände**. Wir bilden für beide Klassen die Oberklasse **PathZustand**. Die Klasse **MMO** kann in zwei **Unterklassen, Bild und Video** eingeteilt werden.

Die Beziehung zwischen Krankheit und Befund hat eigene Attribute, so daß wir für sie eine eigene Klasse bilden. Wir bezeichnen diese Klasse als **Krankheit\_Befund**.

Klassen und Beziehungen zwischen Klassen werden graphisch wie folgt dargestellt (*Abbildung 65*).

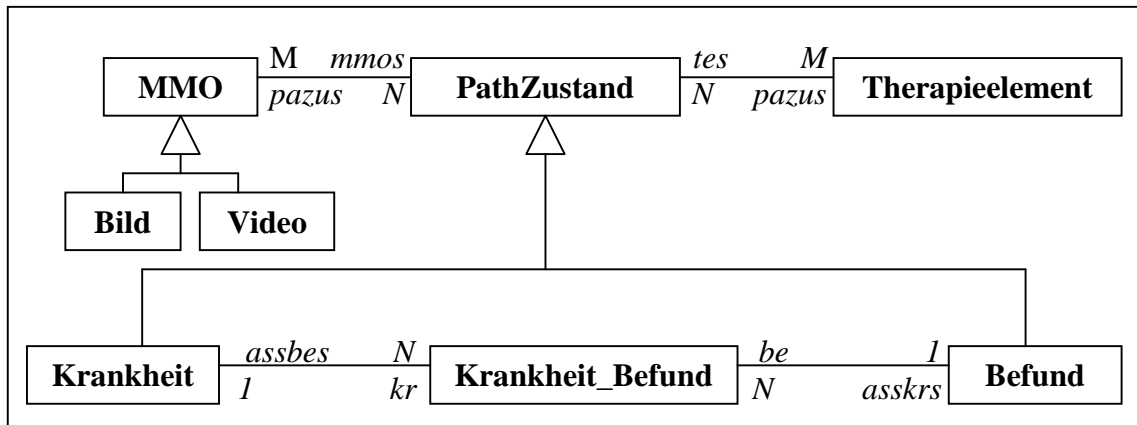


Abbildung 65: Ein Modell aus der medizinischen Diagnostik

*assbe* bzw. *asskr* bedeutet assoziierte Befunde bzw. assoziierte Krankheiten.

Die Klassendefinitionen :

Klasse **PathZustand** {

//Attribute:

String Name;

//Relationships:

Set <Therapieelement> tes inverse Therapieelement::pazus;

Set <MMO> mmos inverse MMO::pazus;

//Operationen:

String getName() { return Name; }

Set<Therapieelement> getTherapieelemente() { return tes; }

Set<MMO> getMultimediaObjekte() { return mmos; }

};

Klasse **Krankheit : PathZustand** {

//Attribute:

Int ICD;

//Relationships:

Set <Krankheit\_Befund> assbes inverse Krankheit\_Befund::kr;

//Operationen:

int getICD() { return ICD; }

set<Krankheit\_Befund> getAssoziierteBefunde() { return assbes; }

};

Klasse **Befund : PathZustand** {

//Attribute:

Text Beschreibung;

int Importance;

//Relationships:

Set <Krankheit\_Befund> asskrs inverse Krankheit\_Befund::be;

//Operationen:

Text getBeschreibung() { return Beschreibung; }

Int getImportance() { return Importance; }

set<Krankheit\_Befund> getAssoziierteKrankheiten() { return asskrs; }

};

```

Klasse Krankheit_Befund {
//Attribute:
String Name;
int Frequency;
int Evoking_Strength;
//Relationships:
Krankheit kr inverse Krankheit::assbes;
Befund be inverse Befund::asskrs;
//Operationen:
String getName() {return Name;}
Int getFrequency() {return Frequency;}
Int getEvokingStrength() {return Evoking_Strength;}
Krankheit getKrankheit() {return kr;}
Befund getBefund(){return be;}
};

Klasse Therapieelement {
//Attribute:
String Name;
String Art;
//Relationships:
set<PathZustand> pazus inverse PathZustand::tes;
//Operationen:
String getName() {return Name;}
String getArt() {return Art;}
Set<Krankheit> getPathologischeZustaende() {return pazus;}
};

Klasse MMO {
//Attribute:
String Format;
String Maschine;
Text Beschreibung;
//Relationships:
set<Path_Zustand> pazus inverse PathZustand::mmos;
//Operationen:
String getFormat() {return Name;}
String getMaschine() {return Maschine;}
Text getBeschreibung() {return Beschreibung;}
Set<Path_Zustand> getPathologischeZustaende() {return pazus;}
};

Klasse Bild : MMO {
//Attribute:
Image Source;
//Operationen:
show();
};

```

```

Klasse Video : MMO {
  //Attribute:
  Video Source;
  //Operationen:
  play();
};

```

Dieses Beispiel stammt aus dem objektorientierten Datenbankpraktikum [Rahm 1997], an dem ich im Wintersemester 1997/1998 teilgenommen und das ich erfolgreich absolviert habe. Das Beispiel wird hier vereinfacht dargestellt.

## 5 Zusammenfassung

Unsere Wirklichkeit ist ein Universum von Gegenständen. Gegenstände sind das, was dem Menschen entgegensteht. Gegenstände besitzen Eigenschaften. Unter Eigenschaften kann man all das verstehen, was sich zur Unterscheidung und zur Klassifikation von Gegenständen heranziehen läßt. Eigenschaften eines Gegenstandes können nach unterschiedlichen Sichten klassifiziert werden. Wenn der Einteilungsgrund die Gemeinsamkeit (die Wesenheit) ist, dann werden Eigenschaften in gemeinsame (wesentliche) und individuelle (unwesentliche) eingeteilt. Die gemeinsamen Eigenschaften bestimmen das Wesen des Gegenstands bzw. den Inhalt des Begriffs des Gegenstands. Die individuellen Eigenschaften gehören zur Individualität des Gegenstands. Die individuellen Eigenschaften gehen nicht in den Inhalt des Begriffs ein, weil sie bei der Begriffsbildung abstrahiert werden. Deshalb können sie nicht modelliert werden. Die gemeinsamen Eigenschaften können wieder in konkrete und abstrakte eingeteilt werden. Konkrete Eigenschaften sind konkrete Ausprägungen. Abstrakte Eigenschaften sind Abstraktionen von konkreten Eigenschaften. Durch die Ausprägungen der gemeinsamen abstrakten Eigenschaften können sich Gegenstände innerhalb einer Art voneinander unterscheiden. Eine Eigenschaft kann eine Wert-, eine Aktions-, oder eine Beziehungseigenschaft sein. Wert- und Beziehungseigenschaften bestimmen den Zustand des Gegenstands. Aktionseigenschaften bilden das Verhalten des Gegenstands. Auf der Gegenstandsebene sind Gegenstände und ihre Eigenschaften konkret und einzeln.

Durch den Prozeß der Abstraktion, d.h. durch die Hervorhebung von gemeinsamen Eigenschaften und durch die Abziehung von individuellen Eigenschaften, werden Begriffe gebildet. Nur die gemeinsamen Eigenschaften gehen in den Begriff ein. Ein Begriff hat einen Inhalt und einen Umfang. Der Inhalt ist die Gesamtheit der gemeinsamen Eigenschaften. Er bestimmt das Muster für seine Gegenstände. Mit anderen Worten: Der Begriffsinhalt versteht sich als ein Test, angewandt auf Gegenstand- Kandidaten, um deren Zugehörigkeit zu prüfen. Der Umfang ist die Menge der unter den Begriff fallenden Gegenstände. Zwischen Inhalt und Umfang besteht die Reziprozitätsbeziehung, die sich wie folgt formulieren läßt: Bei Erweiterung des Inhalts verengt sich der Umfang, bei Einengung des Umfangs erweitert sich der Inhalt. Abhängig von dem Grad der Abstraktion werden mehrere Begriffe gebildet, die die Gattung-Art-Hierarchie bilden. Die Prozesse des Aufsteigens und Absteigens in der Hierarchie werden als Generalisierung und Spezialisierung bezeichnet. Durch die Einteilung, Zusammensetzung, Zerlegung können wir auch neue Begriffe aus den bekannten Begriffen bilden. Ein Sonderfall der Einteilung ist die Definition eines Artbegriffs durch Angabe des nächst höheren Gattungsbegriffs und der Artdifferenzen. Die Beziehung zwischen Gattungsbegriff und Artbegriff ist die is-a-Beziehung, d.h., der Artbegriff erbt alle Merkmale des Gattungsbegriffs. Diese Beziehung bezeichnen wir als Subsumtionsbeziehung. Zwischen Begriffen bestehen noch weitere wesentliche Beziehungen, z.B. Aggregationsbeziehung, Assoziationsbeziehung.



Die Klasse ist zentrales Element des Objektmodells. Klassen sind von den Begriffen abgeleitet. Die Klassendefinition ist die Vorstellung eines Begriffs. Deshalb hat die Klasse alle Eigenschaften, die der Begriff hat, z.B. Abstraktion, Definition, Umfang, Inhalt, Einteilung, Vererbung usw. Die Klasse wird ähnlich wie der Begriff gebildet und behandelt. Die Klasse unterscheidet sich vom Begriff dadurch, daß sie in formalisierter Form vorliegt. Die Klasse dient als Schablone, die Objekte gleicher Form erzeugt. Eine Schablone enthält alle Festlegungen, die für die Definition neuer Objekte notwendig sind, also Deklarationen der Datenstrukturen, Zugriffsoperationen und Verweise auf andere Klassen.

Objekte werden durch die Aktualisierung der Klasse erzeugt. Objekte sind nicht mit den realen Gegenständen gleichzusetzen. Objekte sind Modelle, und reale Gegenstände sind Originale. Auf der Modellebene arbeiten wir nicht mehr mit Originalen, sondern nur mit Modellen. Original und Modell sind ähnlich, aber nicht identisch. Sie sind ähnlich, weil das Objekt die wesentlichen Eigenschaften des Gegenstands beinhaltet. Sie sind nicht identisch, weil bei der Abstraktion die individuellen Eigenschaften des Gegenstands abgezogen und nicht im Objekt gebildet werden und das Objekt nur das Abbild des Gegenstands ist. Das Verhältnis zwischen Objekten und der Klasse ist ähnlich dem Verhältnis zwischen realen konkreten Gegenständen und dem Begriff.

Jedes Objekt kapselt Attribute, Operationen und Beziehungen. Die Struktur eines Objekts wird beschrieben durch Attribute, deren Werte einfach, zusammengesetzt oder Referenzen auf andere Objekte sein können. Der Zustand eines Objekts wird bestimmt durch Attribute und Beziehungen des Objekts. Das Verhalten des Objekts wird durch eine Menge von Operationen festgelegt, welche auf dem Objekt ausgeführt werden können. Auf den internen Zustand eines Objekts kann ausschließlich durch ein Verschicken von Botschaften zugegriffen werden. Empfängt ein Objekt eine Botschaft, welche es versteht, so wird die Ausführung einer zugeordneten Operation veranlaßt. Objekte kommunizieren also grundsätzlich miteinander durch einen Tausch von Botschaften. Man spricht von Message Passing. Außer Objektattributen gibt es auch Klassenattribute, die also Eigenschaften der Klasse beschreiben.

Jedes Objekt hat eine Identität, die es von anderen Objekten unterscheidbar macht. Die Objektidentität ist dabei unabhängig von den Werten der Eigenschaften des Objekts. Durch die Identität des Objekts ist es möglich, Objekte aus anderen Objekten zusammensetzen und einzelne Objekte von mehreren anderen aus zu referenzieren.

Is-a-Beziehung, Assoziationsbeziehung und Aggregationsbeziehung sind wichtige Elemente der Modellierung. Eine Assoziationsbeziehung zwischen zwei Klassen bedeutet, daß ein Objekt der einen Klasse zu einem oder zu mehreren Objekten der anderen Klasse in Verbindung steht. Beide Seiten einer Beziehung können durch sogenannte Rollennamen spezifiziert werden. Ein Rollenname gibt an, wie eine Beziehung von einer Klasse aus in Richtung der anderen Klasse bezeichnet wird. Des weiteren wird die Art einer Beziehung durch ihre Kardinalität festgelegt. Die Kardinalität definiert, wieviele Objekte der einen Seite mit wievielen Objekten der anderen Seite in Beziehung stehen. Ein Objekt einer Klasse kann z.B. mit genau einem, mit einem oder keinem, oder mit vielen Objekten der anderen Klasse in Beziehung stehen. Eine Assoziation kann auch als Klasse modelliert werden. Eine derartige Klasse kann nicht nur Daten, sondern auch Operationen und Beziehungen zu anderen Klassen besitzen. Außer den binären Assoziationen gibt es auch höherwertige Assoziationen. Sie stellt eine Beziehung zwischen mehreren Klassen dar. Aggregation ist eine gerichtete Assoziation zwischen zwei Objekten. Sie stellt einen Sonderfall der Assoziation dar und liegt vor, wenn zwischen den Objekten der beteiligten Klassen eine Rangordnung gilt, die sich durch „ist Teil von“ bzw. „besteht aus“ beschreiben läßt. Mit Hilfe der is-a-Beziehung können neue Klassen aus bestehenden Klassen abgeleitet werden. Die abgeleiteten Klassen, auch Unterklassen genannt, erben alle Eigenschaften der bereits existierenden Oberklassen, wobei neue Eigenschaften hinzugefügt oder ererbte Eigenschaften modifiziert werden können. Auf

diese Weise ist es möglich, bestehende Implementierungen wiederzuverwenden und an neue Anforderungen anzupassen. Die Beziehung einer Oberklasse zu einer Unterklasse ist hierarchisch. Eine Unterklasse erbt alle Eigenschaften der direkten und indirekten Oberklassen. Ein Objekt einer Unterklasse ist gleichzeitig auch Objekt der direkten und indirekten Oberklassen (Objekt ihrer Vorgängerklassen). Alle Klassen, die in einer Vererbungsbeziehung stehen, bilden zusammen eine Klassenhierarchie, die beliebig tief geschachtelt sein kann. Beim Entwurf eines Objektmodells können Vererbungshierarchien aus zwei verschiedenen Wegen kommend gebildet werden. Bei der Spezialisierung werden, ausgehend von einer Oberklasse, eine oder mehrere Unterklassen definiert, die sich durch zusätzliche Eigenschaften von der allgemeinen Oberklasse unterscheiden. Bei der Generalisierung ist die Vorgehensweise umgekehrt: Gemeinsame Eigenschaften von mehreren bereits existierenden Klassen werden identifiziert und in einer Oberklasse, von der die bestehenden Klassen dann die gemeinsamen Eigenschaften erben, zusammengefaßt.

Eine Unterklasse kann mehrere Oberklassen besitzen. In diesem Fall spricht man von Mehrfachvererbung, da die Unterklasse - im Gegensatz zur einfachen Vererbung - die Eigenschaften mehrerer Oberklassen ererbt. Mehrfachvererbung ist das geeignetste Mittel, um mehrere, voneinander unabhängige Klassifizierungsstrategien auszudrücken. Mehrfachvererbung gehört allerdings nicht immer zum Standardumfang objektorientierter Modellierungskonzepte und Programmiersprachen. Probleme ergeben sich bei der Mehrfachvererbung vor allem dadurch, daß die Eigenschaften einer Unterklasse nicht mehr unbedingt eindeutig benannt sind, da eine Unterklasse verschiedene Eigenschaften gleichen Namens von ihren Oberklassen erben kann.

Die Assoziations- und Aggregationsbeziehungen werden im Objektmodell auf Relationships abgebildet. In einer konkreten Programmiersprache werden sie über Attribute realisiert. Die is-a-Beziehungen werden bei der Klassenbeschreibung durch die Angaben der Oberklassen festgelegt.

Der objektorientierte Ansatz bietet mehrere Vorteile: adäquate einfache Modellierung (Entsprechung der menschlichen Denkweise); Wiederverwendbarkeit, Wartbarkeit, Erweiterbarkeit, Änderbarkeit von Programmen; Lokalisieren von Änderungen; Modellierbarkeit der komplexen Objekte, schneller Zugriff auf Objekte; Reduzierung der Entwicklungszeit und des Entwicklungskostens des Programms; Reduzierung der Komplexität des Problems; zentrales Konzept vieler Anwendungen; drahtloser Übergang zwischen Phasen der Softwareentwicklung usw. Alle diese Vorteile ergeben sich aus dem Klassenkonzept.

Natürlich birgt der objektorientierte Ansatz auch Nachteile: Verlust der Laufzeit-Effizienz des Programms wegen dynamischer Bindung, des Sendens von Botschaften und der Vielzahl von Methoden; großes Anfangskosten wegen neuer Technologie.

## 6 Literaturverzeichnis

[Albrecht 1978] Albrecht, A. [u.a.] (Hrsg.)

Wörterbuch der Logik

Leipzig: VEB Bibliographisches Institut, 1978

[Anderson 1989] Anderson, J. R.

Kognitive Psychologie: eine Einführung

Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft, 1989

[Aristoteles]

Kategorien, Hrsg. Von Klaus Öchler

Darmstadt, 1983

Metaphysik Z. Text, Übersetzung und Kommentar, 2Bde, hrsg von Michael Frede und Günther Patzig

München, 1988

[Banyard 1995] Banyard, P. [u.a.]

Einführung in die Kognitionspsychologie

München; Basel: E. Reinhardt, 1995

[Bunge 1979] Bunge, M.

Treatise on Basic Philosophy: Vol. 3: Ontology I: The Furniture of the World und Vol. 4: Ontology II: A World of Systems.

Reidel, Boston, 1979

[Booch 1994] Booch, G.

Object Oriented Analysis and Design with Applications

Redwood City, California: Benjamin Cummings, 1994

[Brugger 1992] Brugger, W.

Philosophisches Wörterbuch

Freiburg im Breisgau: Verlag Herder KG, 1992

[Chen 1976] Chen, P. P.

The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data, in ACM Transactions on Database Systems, Vol 1, No. 1, pp. 9-36, 1976

[Coad 1991] Coad, P. & Yourdon E.

Object-Oriented Analysis

Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1991

[Dux 1990] Dux, G.

Die Logik der Weltbilder

Frankfurt a.M.: Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, 1990

[Engel 1990] Engel, R.

Objektorientierte Programmierung: eine Einführung

Haar bei München: Markt & Technik Verlag 1990

[Esser 1997] Esser, H. /Klenovitz, K./Zehnpfennig, H.  
Wissenschaftstheorie 1, Grundlage und Analytische Wissenschaftstheorie  
Stuttgart: Teubner, 1997

[Ferber 1998] Ferber, R.  
Philosophische Grundbegriffe: Eine Einführung  
München: Verlag C. H. BECK, 1998

[Gabriel 1994] Gabriel, R. & Röhrs, Heinz-Peter  
Datenbanksysteme: konzeptionelle Datenmodellierung und Datenbankarchitekturen  
Berlin; Heidelberg: Springer Verlag 1994

[Görz 1993] Günther Görz, G.  
Einführung in die künstliche Intelligenz  
Bonn; Paris; Reading; Mass; [ u.a]: Addison Wesley, 1993.

[Hammer 1995] Hammer, T.  
Philosophie  
München: Wilhelm Hayne Verlag 1995

[Heuer, 1997] Heuer, A.  
Objektorientierte Datenbanken: Konzepte, Modelle, Standards und Systeme  
Bonn: Addison-Wesley-Longman 1997

[Heym 1995] Heym, M.  
Prozess- und Methoden- Management für Informationssysteme: Überblick und  
Referenzmodell  
Berlin; Heidelberg; New York; London: Springer 1995.

[Hohenstein 1996]: Hohenstein, U. & u.a.  
Objektorientierte Datenbanksysteme  
Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH 1996.

[Hoffman 1986] Hoffmann, J.  
Die Welt der Begriffe  
Weinheim: Psychol. Verlags Union-Beltz

[Hughes 1992] Hughes, J. G.:  
Objektorientierte Datenbanken  
München; Wien; Hanser; London: Prentice- Hall 1992

[Jacobson 1992] Jacobson, I. [u.a]  
Object-Oriented Software Engineering – A Use Case Driven Approach  
Wokingham: Addison Wesley, 1992

[Janßen 1993] Janßen, H.  
Objektorientierte Softwareentwicklung  
München; Wien: Oldenbourg, 1993

[Kant]  
Kritik der reinen Vernunft

Leipzig: Verlag Philipp Reclam , 1979

Kants Kritik der reinen Vernunft: Anleitung zur Lektüre, hrsg von Baumgartner, H., M.  
Freiburg, München 1985

[Karge 1996] Karge, R.  
Real Objekts: Konzepte und Praxis objektorientierter Datenbanken.  
Bonn: Addison-Wesley 1996

[Khoshafian 1990] Khoshafian, S. & Abnous R.  
Object Orientation  
Concepts, Languages, Databases, User Interfaces  
New York: John Wiley & Sons, 1990

[Klaus 1975] Klaus, G.; Buhr, M.(Hrg)  
Philosophisches Wörterbuch  
Leipzig: VEB Bibliographisches Institut, 1975

[Klimesch 1981] Klimesch, W.  
Die Encodierung von Begriffen auf der Basis von Merkmalsstrukturen  
Zeitschr. Für exp. u. angew. Psychologie 1981

[Lausen 1996] Lausen, G.  
Objekt-orientierte Datenbanken: Modelle und Sprachen  
München; Wien: Oldenbourg, 1996

[Leisegang 1973]  
Einführung in die Philosophie  
Berlin, New York: Walter de Gruyter 1973

[Lerch 1992] Lerch, H.-J.  
Informationsverarbeitung durch die Begriffe  
Göttingen: Verlag für Psychologie

[Lunze 1991] Lunze, J.  
Künstliche Intelligenz: Einführung und technische Anwendungen  
Berlin: Verlag Technik, 1991

[Meier 1988] Meier, B  
Object-oriented Software Construction  
New York, London: Prentice Hall 1988

[Menne 1992] Menne, A.  
Einführung in die Methodologie  
Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1992

[Neumann 1995] Neumann, H. A.  
Objektorientierte Entwicklung von Software- Systemen  
Bonn; u.a.: Addison- Wesley, 1995

[Odell 1994] Odell, J

six different kinds of composition  
Journal of Objekt-Oriented Programming, 1994

[Oestereich 1997] Oestereich, B.  
Objektorientierte Softwareentwicklung: mit der Unified modeling language  
München; Wien: Oldenbourg 1997

[Quibeldey-Cirkel 1994] Quibeldey-Cirkel, K.  
Das Objekt-Paradigma in der Informatik  
Stuttgart: Teubner, 1994

[Quillian, 1968] M.R. Quillian, M. R.  
Semantic memory. In: M. Minsky (Hg.) Semantic information Processing  
Cambridge, MA, 1968

[Quillian 1969] Quillian, M. R. & Collias, A.M  
Retrieval time from semantic memory.  
Journal of verbal learning and verbal Behavior, 1969

[Rahm 1997] Rahm, E. & Müller, R.  
OO-Datenbank-Praktikum  
Wintersemester 1997/1998

[Rehm 1992] Rehm, Simone:  
Komplexe Objekte und Anfragen in der Programmierung.  
Deutscher Universitätsverlag Wiesbaden 1993.

[Rosch 1973] Rosch, E.  
On the internal structure of perceptual and semantic categories  
In T. E. Moore (Hrsg.) Cognitive development and the acquisition of language  
New York: Academic Press 1973

[Rumbaugh 1991] Rumbaugh, J.  
Object-Oriented Modelling and Design  
Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1991

[Schäfer 1994] Schäfer, S.  
Objektorientierte Entwurfsmethoden: Verfahren zum objektorientierten Softwareentwurf im  
Überblick  
Bonn [u.a.]: Addison-Wesley, 1994

[Schefe 1991] Schefe, P.  
Künstliche Intelligenz : Überblick und Grundlagen  
Mannheim; Wien; Zürich: BI-Wissenschaft-Verlag, 1991

[Smith 1993] Smith, D. N.  
Konzepte der objektorientierten Programmierung  
London; Hamburg [u.a.]: McGraw-Hill, 1993

[Stroustrup 1991] Stroustrup, B.  
The C++ Programming Language

Massachusetts: Addison-Wesley, 1991

[Tayler 1992] Tayler, D. A.  
Objektorientierte Technologien  
Bonn [u.a.]: Addison-Wesley, 1992

[Tegtmeier, 1992] Tegtmeier, E.  
Grundzüge einer kategorialen Ontologie: Dinge, Eigenschaften, Beziehungen, Sachverhalte  
Freiburg, München: Karl Alber GmbH, 1992

[Ulfig 1993] Ulfig, A.  
Lexikon der philosophischen Begriffe  
Eltville am Rhein: Bechtermünz Verlag GmbH, 1993

[Vollmer 1990] Vollmer, G.  
Evolutionäre Erkenntnistheorie  
Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1990

[Vossen 1994] Vossen, G.  
Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbank-Management-Systeme  
Bonn; Paris; [u.a.]: Addison-Wesley 1994

[Wand 1989] Wand, Y.  
A Proposal for a Formal Modell of Objects  
In Kim & Lochosky (Hrsg.), 1989

[Wedekind 1992] Wedekind, H.  
Objektorientierte Schemaentwicklung: ein kategorialer Ansatz für Datenbanken und  
Programmierung  
Mannheim; Wien; Zürich: BI-Wiss.-Verlag, 1992

[Wessells 1994] Wessells, M. G.  
Kognitive Psychologie  
Basel: E. Reinhardt, 1994

[Wiegert 1995] Wiegert, O.  
Änderbarkeit durch Objektorientierung  
Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft, 1995

[Wirfs-Brock 1990] Wirfs-Brock, R. [u.a.]  
Design Objekt-Oriented-Software  
Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990

## **Erklärung**

*Hiermit erkläre ich, daß ich die Arbeit selbständig verfaßt und andere als die hier angegebenen Quellen nicht benutzt habe.*

Leipzig, Januar 1999  
Nguyen Thanh Hai



## **Danksagung**

*An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich beim Herrn Professor Dr. Heinrich Herre für die Betreuung meiner Arbeit und für zahlreiche kritische Hinweise bedanken, die mir dabei sehr geholfen haben, die Probleme klarer zu fassen und diese Arbeit besser zu gestalten.*

<b>1 Einführung .....</b>	<b>2</b>
<b>2 Grundbegriffe der Gegenstandsebene .....</b>	<b>8</b>
2.1 Ontologie .....	8
2.2 Gegenstand.....	8
2.2.1 Der Begriff „Gegenstand“ .....	8
2.2.2 Klassifikation der Gegenstände nach der Existenzform.....	8
2.2.3 Klassifikation der Gegenstände nach der Struktur .....	9
2.3 Eigenschaft.....	10
2.3.1 Der Begriff „Eigenschaft“ .....	10
2.3.2 Klassifikation der Eigenschaften nach der Wesenheit .....	11
2.3.3 Klassifikation der Eigenschaften nach dem Grad der Abstraktion .....	13
2.3.4 Klassifikation der Eigenschaften nach dem Typ .....	13
2.3.5 Zusammenfassung .....	18
<b>3 Grundbegriffe der Begriffsebene .....</b>	<b>20</b>
3.1 Begriffsbildung, Erkenntniswege, Universalienstreit.....	20
3.1.1 Begriffsbildung.....	20
3.1.2 Erkenntniswege .....	22
3.1.3 Universalienstreit.....	24
3.2 Begriffsinhalt, Begriffsumfang, Reziprozitätsgesetz.....	25
3.2.1 Der Begriffsinhalt.....	25
3.2.2 Der Begriffsumfang.....	26
3.2.3 Reziprozitätsgesetz.....	27
3.3 Begriffsarten .....	29
3.3.1 Der konkrete Begriff .....	29
3.3.2 Der abstrakte Begriff.....	29
3.3.3 Der Allgemeinbegriff .....	29
3.3.4 Der Individualbegriff.....	30
3.3.5 Der Artbegriff.....	30
3.3.6 Der Gattungsbegriff.....	30
3.4 Die Begriffsabstraktion.....	31
3.4.1 Begriffsabstraktion .....	31
3.4.2 Grad der Abstraktion .....	33
3.4.3 Sichten auf einen Gegenstand .....	34
3.4.4 Formen der Abstraktion.....	36
3.4.5 Art-Gattung-Hierarchie .....	37
3.5 Die Begriffsdefinition .....	39
3.5.1 Definition von Begriffen .....	39
3.5.2 Regeln zur Begriffsdefinition über die nächste Gattung und den Artunterschied .....	40
3.6 Einteilungslehre von Gegenständen.....	41
3.6.1 Das Einteilungsganze .....	41
3.6.2 Der Einteilungsgrund .....	42
3.6.3 Die Anzahl der Einteilungsglieder .....	42
3.6.4 Einteilung des Begriffsumfangs .....	42
3.6.5 Regeln zur Einteilung eines Begriffsumfangs.....	44
3.6.6 Nebeneinteilung.....	45
3.6.7 Art-Gattung-Hierarchie .....	46
3.7 Subordination von Begriffen, Vererbung .....	47
3.7.1 Subordination von Begriffen .....	47
3.7.2 Vererbung.....	48
3.8 Klassifikation .....	53
3.9 Begriffshierarchie .....	53

<b>4 Grundbegriffe der Modellebene .....</b>	<b>58</b>
4.1 Bedeutung der Begriffsebene für die Modellebene .....	58
4.2 Objektmodell .....	58
4.3 Das Klassenkonzept.....	59
4.3.1 Gegenstand-Begriff-Klasse-Transformation .....	59
4.3.2 Klassenbildung .....	60
4.3.3 Zusammenfassung .....	78
4.4 Methodik der objektorientierten Datenmodellierung .....	80
4.5 Fallbeispiel.....	84
<b>5 Zusammenfassung .....</b>	<b>88</b>
<b>6 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>91</b>
<b>Erklärung .....</b>	<b>96</b>
<b>Danksagung.....</b>	<b>97</b>