

# **Werkzeug Objekt**

- Kybernetik und Objektorientierung -

Dissertation zur Erlangung der Würde eines Doktors der  
Philosophie an der Universität Flensburg

vorgelegt von  
Diplom-Pädagoge Wolfgang Runge  
aus Flensburg

Flensburg 2001

## **Erklärung!**

Hiermit versichere ich, dass die Dissertation in dieser Form in keinem anderen staatlichen oder akademischen Prüfungsverfahren ausserhalb der Universität Flensburg vorgelegt worden ist oder vorliegt.

Ich habe in meiner Laufbahn keine anderen Promotionsversuche unternommen!

Ich versichere weiterhin, dass ich die Promotionsordnung vom 1.Juli 1998 und die Satzung zur Änderung der Promotionsordnung vom 24.November 2000 zur Kenntnis genommen habe.

Donnerstag, 26. April 2001

Wolfgang Runge

## **Versicherung**

Ich versichere, dass ich diese vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe.

Die benutzten Hilfsmittel sind vollständig angegeben und sämtliche, dem Wortlaut der dem Inhalt nach aus anderen Schriften übernommenen Stellen, sind unter Angabe der Quellen als solche kenntlich gemacht.

Flensburg, 26. April 2001

Wolfgang Runge

1. Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang F. Schmid

2. Gutachter: Prof. Dr. Helmar Frank

3. Gutachter: Prof. Dr. Rainer Brödel

# Inhalt

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Einleitung</b>  | <b>3</b>  |
| <b>1. Kybernetische Grundlagen</b>                                 | <b>11</b> |
| 1.1 Begriffsgeschichte   | 11        |
| 1.2 Information und Nachricht                                      | 14        |
| 1.3 Regelkreis   | 16        |
| 1.4 Objektivation geistiger Arbeit                                 | 19        |
| 1.4.1 Phänomenologie   | 25        |
| 1.4.2 Kalkül   | 32        |
| 1.4.3 Algorithmus  | 34        |
| 1.4.4 Objektivation und Simulation                                 | 36        |
| 1.4.5 Der kybernetische Abbildungsweg                              | 37        |
| 1.5 Modell   | 39        |
| 1.6 Zusammenfassung  | 43        |
| <b>2. Objektorientierung – Paradigmenwechsel in der Informatik</b> | <b>44</b> |
| 2.1 Softwarekrise  | 44        |
| 2.2 Strukturierte Analyse und Design - das abgelöste Paradigma     | 48        |
| 2.3 Objektorientierung   | 52        |
| 2.3.1 Grundlagen der Objektorientierung                            | 55        |
| 2.3.1.1 Grundbegriffe  | 56        |
| 2.3.1.2 Prinzipien der Objektorientierung                          | 63        |
| 2.3.2 Prozessbeschreibung objektorientierter Modellierung          | 68        |
| 2.3.3 Objektorientierte Darstellungsmittel                         | 73        |
| 2.3.4 Unified Modeling Language                                    | 83        |
| 2.3.5 CASE-Tools – Unterstützungsprogramme                         | 84        |
| 2.3.6 Abschluss  | 85        |
| <b>3. UML – Modellierung eines virtuellen Haustieres</b>           | <b>86</b> |
| 3.1 Vorgehensweise   | 86        |
| 3.2 Technische Unterstützung: Rational Rose Modelor 4.0            | 87        |
| 3.3 Implementation in Java   | 90        |
| 3.4 Entwicklungsabschnitte des Modells                             | 90        |
| 3.4.1 Anforderungen aufnehmen                                      | 90        |
| 3.4.2 3.4.2 Erste Folgerungen aus der Beschreibung                 | 93        |
| 3.4.3 Use-Case-Typen benennen                                      | 95        |
| 3.4.4 Analyse – Modellierung der Use-Cases                         | 98        |
| 3.5 Beobachtungen bei der Implementation                           | 118       |
| 3.6 Erfahrungen  | 119       |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>4.</b> | <b>Objektorientierung – ein natürliches Abbildungsverfahren</b> | <b>121</b> |
| 4.1       | Grundbausteine menschlicher Nachrichtenverarbeitung             | 122        |
| 4.2       | Grenzen menschlicher Nachrichtenverarbeitung                    | 127        |
| 4.3       | Mittel menschlicher Nachrichtenverarbeitung                     | 131        |
| 4.4       | Repräsentation von Welt   | 134        |
| 4.4.1     | Semantische Netze   | 135        |
| 4.4.2     | Operatoren der Modellbildung                                    | 141        |
| 4.5       | Objekte als Abbildungsmittel                                    | 145        |
| 4.6       | Zusammenfassung   | 148        |
| <br>      |   |            |
| <b>5.</b> | <b>Objekte als Werkzeuge des Denkens</b>                        | <b>150</b> |
| 5.1       | Kybernetik und Werden   | 151        |
| 5.2       | Denken und der gestalterische Grundtrieb                        | 154        |
| 5.3       | Phasen des Denkens  | 156        |
| 5.4       | Informationelle Kräfte und Objektorientierung                   | 159        |
| 5.4.1     | Ästhetische Kräfte  | 160        |
| 5.4.2     | Logische Kräfte   | 161        |
| 5.4.3     | Kategorien  | 163        |
| 5.5       | Objekte und Denken  | 168        |
| 5.5.1     | Module  | 169        |
| 5.5.2     | Algorithmen   | 171        |
| 5.6       | Intuition   | 174        |
| 5.7       | Schlussfolgerungen  | 177        |
| <br>      |   |            |
| <b>6.</b> | <b>Abschluss</b>  | <b>180</b> |
| <br>      |   |            |
|           | <b>Literaturverzeichnis</b>                                     | <b>189</b> |
|           | Bildverzeichnis   | 198        |
| <br>      |   |            |
|           | <b>Anlagen: Quellcode Lunatic Java</b>                          | <b>200</b> |

## Einleitung

*„Dass man in sich sitzt und heraussieht, dies Einfache geht zwar früh an. Doch halten es Kinder nicht nur so, auch nachdem sie wissen, dass sie Iche sind. Nicht nur sie selber sehen die Dinge an, diese sehen sie gleichfalls an; das Wasser blinkt her, der Schrank hat ihnen ein Auge, viel Angst kommt von daher. Und wenn wir nach etwas greifen, woran die Oberfläche zu glatt ist, so erscheint diese Glätte als abweisend, während anders Beschaffenes, Griffiges in die greifende Hand einschlägt. Insofern wird dann Inneres nicht nur von außenher benannt und getauft, sondern es leiht, was Gefühle angeht, auch dem Draußen Sprache.“*

*Ernst Bloch<sup>1</sup>*

Wenn man der Beschreibung von E. Bloch folgt, dann unterscheiden sich die Modelle, die sich Kinder von der sie umgebenden Welt machen, von denen der Erwachsenen. Die Grenzen zwischen Subjekt und Objekt, zwischen innen und außen, zwischen der belebten und unbelebten Natur, spielen zu diesem Zeitpunkt noch keine Rolle. Die Distanz zwischen dem jungen „Ich“ und seiner Umwelt ist gering. Gedanken und Sprache sind eng mit den Gegenständen verbunden, mit denen sich Kinder auseinandersetzen. Diese Unterschiede voraussetzend, bin ich der festen Überzeugung, dass diese Arbeit erheblich einfacher und kürzer ausgefallen wäre, wenn man sie für Kinder geschrieben hätte, weil die Abbildungsmethode, die im Mittelpunkt dieser Arbeit steht, durch die kindliche Sichtweise leichter zu erlernen und anzuwenden ist.

In der Softwareentwicklung wird alles, was mit diesem Abbildungsverfahren zusammenhängt, unter dem Begriff „Objekt-

---

<sup>1</sup> Bloch, Ernst: Tübinger Einleitung in die Philosophie. 2. Aufl. Bd.1. Frankfurt: Suhrkamp, 1964. S. 38f

orientierung“<sup>2</sup> zusammengefaßt. Er leitet sich aus dem Abbildungsmittel oder auch Werkzeug „Objekt“ ab. Die Anwendung verlangt vom Benutzer, sich der kindlichen Vorstellung anzunähern, indem ein Objekt bewußt als Bestandteil eines Modells erzeugt und als belebt beschrieben wird. Objekte sind Dinge, über die wir reden und die wir verändern können. Sie treten miteinander in Kontakt und tauschen Nachrichten aus und sind aktive Teilnehmer in einem Zusammenspiel, das dazu dient, das geforderte Systemverhalten zu realisieren.<sup>3</sup>

Durch die Anwendung des Werkzeugs Objekt wird das Denken auf besondere Art und Weise gefordert, angeregt und angeleitet, mit dem Ziel, programmierbare Modelle entstehen zu lassen. Um den Zusammenhang zur Beschreibung E. Blochs herzustellen, setzt die erfolgreiche Anwendung des Werkzeugs Objekt das kindliche Spiel mit den Grenzen voraus. Mit dieser Arbeit biete ich einen Weg an, um Erwachsene „Iche“ in die Verwendung von Objekten einzuführen und um die Vorteile zu verdeutlichen.

Mit den Beobachtungen über die Art und Weise, wie sich Kinder ein Bild von der sie umgebenden Welt machen, streift E. Bloch den Bereich der Kybernetik. Es handelt sich um Prozesse der Nachrichtengewinnung, Nachrichtenspeicherung und Nachrichtenübertragung, die jeweils Gegenstände der Kybernetik sind.<sup>4</sup> Damit wird die Standortbestimmung dieser Arbeit möglich. Sie ist der Kybernetik zuzuordnen, weil sich keine andere Disziplin mit der Objektivierung menschlichen

---

<sup>2</sup> Vgl. Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung – Analyse und Design mit der Unified method language. 1997. S. 17ff. Mit dem Begriff „Objektorientierung“ verbindet sich eine Entwicklung von Programmier- und Abbildungsmitteln, die bereits vor 30 Jahren eingesetzt hat. Das Objekt ist dabei der universelle Baustein für Modelle und Programme. Objektorientierung ist der Oberbegriff für Entwicklungen in diesem Bereich der Softwareentwicklung.

<sup>3</sup> Vgl. Booch, G., Rumbaugh, J. und Jacobsen, I.: Das UML-Benutzerhandbuch. 1999. S. 11f.

<sup>4</sup> Wiener, N.: Mensch und Menschmaschine. 1966. S. 32

Denkens und den damit verbundenen informationellen Prozessen befasst.<sup>5</sup>

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, das Werkzeug Objekt, das aus der Softwareentwicklung stammt, vorzustellen, anzuwenden und in Beziehung zur Kybernetik zu setzen. Es stellt für die Kybernetik einen alternativen Weg zur Objektivierung menschlichen Denkens dar. Dabei zeichnet es sich dadurch aus, dass es das menschliche Denken auf besondere Art und Weise fordert und fördert.

Der Gedankengang, der dieser Arbeit die Struktur gibt, lässt sich grob in zwei Abschnitte unterteilen. Im ersten Teil geht es im wesentlichen um die Einführung des Werkzeugs Objekt und seiner Anwendung. Im zweiten Teil stehen dann die Abbildungsmethode selbst und die Prozesse, die dabei in dem nachrichtenverarbeitenden System Mensch ablaufen, im Mittelpunkt.

Nach dieser Orientierung wird jetzt eine Vorstellung der Feinstruktur der Arbeit möglich. Es werden dazu die Inhalte und Funktionen der einzelnen Kapitel kurz erläutert. Den Auftakt im ersten Kapitel bildet eine Einführung in kybernetische Begriffe. Dadurch wird ein Bezugsrahmen aufgebaut und ein Begriffsinventar geschaffen. Eine besondere Rolle nimmt dabei der kybernetische Abbildungsweg nach H. Frank in diesem Kapitel ein, weil er damit als Grundlage für einen Vergleich mit der objektorientierten Vorgehensweise dient.

H. Frank schlägt vor, die Objektivierung menschlichen Denkens in drei Schritten durchzuführen. Weil es sich bei den nachrichtenverarbeitenden Prozessen um humanwissenschaftliche Themen handelt,

---

<sup>5</sup> Vgl. Frank, H. G.: Was ist Kybernetik. 1964. S. 26. F. verbindet mit der Kybernetik das Ziel, den „wahrnehmenden, denkenden und planmäßig handelnden Menschen (...) in diesen Funktionen zu objektivieren“. Es geht sicher nicht darum, festzustellen, wer die älteren Rechte an diesem Forschungsgegenstand der informationellen Prozesse hat. Dennoch möchte ich festhalten, dass meiner Meinung nach durch die Kybernetik der Boden für die Objektorientierung vorbereitet worden ist.

helfen Mittel der Philosophie, um sich einem solchen Phänomen anzunähern. Er verwendet dazu die „phänomenologische“<sup>6</sup> Beschreibung. Im zweiten Schritt werden naturwissenschaftliche Vorgehensweisen mit dem Ziel eingesetzt, ein „Kalkül“<sup>7</sup> zu entwickeln und durch den Einsatz der Mathematik Komplexität zu reduzieren. Eine solche Formel stellt dann die Grundlage für den dritten Schritt der technischen Objektivierung dar. Die Ergebnisse werden dadurch von der Person des Untersuchenden gelöst und erhalten einen anderen Grad der Objektivität. Diese drei Schritte ermöglichen es, humanwissenschaftliche Themen mit naturwissenschaftlichen Mitteln zu untersuchen.<sup>8</sup>

Dieser Abbildungsweg sieht den Einsatz von Mitteln aus der Softwareentwicklung erst in der dritten Phase als „gestaltende Technik“<sup>9</sup> vor. Das universelle Denkzeug Computer bietet sich für die Simulation an.<sup>10</sup> Das Interesse der Softwareentwickler hat sich aber erweitert und führt heute über diese Schnittstelle hinaus, indem es sich auf das menschliche Denken selbst richtet.

---

<sup>6</sup> Frank, H. G. und Meder, Brigitte S.: Einführung in die kybernetische Pädagogik. 1971. S. 20

<sup>7</sup> Frank, H. G.: Philosophische und kybernetische Aspekte der Pädagogik. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1958- 1972. Bd. 1. 1974. S. 521. F. zeichnet in diesem Artikel sein Verständnis einer kybernetischen Pädagogik, die sich an naturwissenschaftlichen Vorgehensweisen orientiert. Dabei spielt das Kalkül für die Exaktheit der Wissenschaft eine zentrale Rolle.

<sup>8</sup> Vgl. Frank, H. G.: Bildungskybernetik. 1996. S. 15ff. „Kennzeichen der modernen (d.h. nach-galileischen) Naturwissenschaft ist die Anwendung der cartesischen Methode. Für die Kybernetik (speziell die Bildungskybernetik) ist die Anwendung derselben Methode auf Gegenstände der Humanwissenschaften (...) kennzeichnend, also auf Information statt auf Materie und Energie.“

<sup>9</sup> Vgl. Frank, H. G. und Meder, B. S.: Einführung in die kybernetische Pädagogik. 1971. S. 21. F. unterscheidet zwischen der „konstruierenden“ Technik, die zum Kalkül führt, und der „gestaltenden“ Technik, die der Umsetzung des Kalküls in ein technisches Modell dient.

<sup>10</sup> Vgl. Mainzer, K.: Computer –Neue Flügel des Geistes? 1995. S. 1ff. M. beschreibt die Entwicklung der Computertechnik und ihren Einfluß auf die verschiedenen Wissenschaftsgebiete. Der Computer wird zu einem universellen Werkzeug, das in jeder Wissenschaft eingesetzt wird und diese in ihren Arbeitsweisen beeinflusst.

Es hat sich in der Softwareentwicklung ein Paradigmenwechsel von dem „Rohstoff Information“<sup>11</sup> zum nachrichtenverarbeitenden System Mensch vollzogen. Man könnte von einer kybernetischen Orientierung sprechen. Das Interesse richtet sich auf die vorangehenden Phasen der Modellentwicklung selbst und die damit verbundenen Prozesse. Das Motiv ergibt sich aus dem Problem der Komplexitätsbewältigung, das Softwareentwickler bei der Herstellung ihrer Programme erleben. Eine alltägliche Beobachtung macht diesen Zusammenhang deutlich: Hard- und Softwareprodukte werden in immer schnelleren Zyklen weiterentwickelt. Menschliches Denken und die davon abhängigen technischen Möglichkeiten schaukeln sich in einer positiven Kopplung zu immer neuen Höhen auf. Dabei nimmt die Komplexität der abzubildenden Prozesse und die Leistungsfähigkeit der Programme permanent zu. Es liegt deshalb im Interesse der Softwareentwickler, mehr über das nachrichtenverarbeitende System Mensch zu erfahren, um Abbildungsverfahren zu entwickeln, die auf den Menschen optimiert sind und Höchstleistungen in der Komplexitätsbewältigung zulassen. Mit anderen Worten geht es darum, menschliches Denken so zu strukturieren und in Abbildungen zu überführen, dass gute Programme entstehen. Dabei führt der Abbildungsweg nach wie vor von dem Auftrag oder einer Idee zum Modell und schließlich zu einem Programm. Die Meinung, dass der Schlüssel für die Bewältigung von zunehmender Komplexität nicht in der Technik zu finden ist, sondern in den Grenzen des nachrichtenverarbeitenden Systems (kurz: NVS) Mensch, hat sich durchgesetzt.<sup>12</sup> Der Mensch setzt der Technik einen Rahmen. Eine Schlüsselrolle für die Bewältigung von Komplexität spielt in der Softwareentwicklung das Werkzeug Objekt. Die Beschreibung des Abbildungsweges und der dabei verwendeten Mittel sind Gegenstand des zweiten Kapitels.

Die Anwendung der Abbildungsmittel wird im dritten Kapitel durchgeführt. Die Modellierung eines Haustieres dient zur

---

<sup>11</sup> Quibeldey-Cirkel, K.: Das Objektparadigma in der Informatik. 1994. S. 2

Veranschaulichung der entsprechenden Prozesse. Aus einer Beobachtung und einer damit verbundenen Systembeschreibung wird in sich zunehmend verfeinernden Schritten ein Modell eines Haustieres bis zu einem programmierbaren Algorithmus entwickelt.<sup>13</sup>

Der Vergleich der beiden Abbildungswege zeigt, dass sowohl das Ziel der Objektivierung menschlichen Denkens als auch die Aufgabe, Komplexität zu bewältigen, Kybernetiker und Softwareentwickler miteinander verbindet. Auch der Blick in die erste Phase macht Gemeinsamkeiten deutlich. Beide setzen mit Beobachtungen und Systembeschreibungen ein, die die Grundlage für die Modellierung bilden. Unterschiede werden dadurch deutlich, dass H. Frank beim Durchlaufen der drei seriell miteinander verbundenen Abbildungsschritte auf Mittel unterschiedlicher Disziplinen zurückgreift. Jede Phase zeichnet sich durch die Verwendung der für sie typischen Repräsentationsmittel aus. Die Objektorientierung kommt dagegen mit ein und demselben Abbildungsmittel in allen Phasen des Abbildungsprozesses aus. Informationsverluste, die bei einem Wechsel der Repräsentationsformen eintreten, können dadurch ausgeschlossen werden. Die Anwendung der gleichen Begriffe und Objekte ermöglicht damit sowohl einen engen Kontakt zwischen einzelnen Modellierungsschritten, als auch Rückschritte, um Verbesserungen und Veränderungen jederzeit einbauen zu können. Beide Abbildungswege dienen der Objektivierung menschlichen Denkens und erreichen das Ziel mit unterschiedlichen Mitteln. Es geht dabei um die Bewältigung von Komplexität, dem durch die „Enge des Bewusstseins“<sup>14</sup> Grenzen gesetzt sind. H. Frank löst das Komplexitätsproblem durch die Kalkülisierung und den Einsatz der Mathematik. In der Objektorientierung steht dagegen das Werkzeug

---

<sup>12</sup> Vgl. ebd. S. 2f.

<sup>13</sup> Das Programm ist im Anhang der Arbeit abgelegt.

<sup>14</sup> Frank, H. G.: Informationspsychologie. 1964. S. 248. F. beschreibt den menschlichen Kurzzeitspeicher im Rahmen eines informationstheoretischen Modells als Flaschenhals. Aus der Vielzahl sensorischer Daten wird nur eine geringe Zahl für die weitere Verarbeitung im menschlichen Bewußtsein ausgewählt. Die Beschreibung dieser Prozesse ist Gegenstand des Kapitels 4.2.

Objekt. Die Gemeinsamkeiten lassen es geeignet erscheinen, um in den Werkzeugkoffer der Kybernetik gelegt zu werden. Die Unterschiede stellen die Erweiterung dar und eröffnen neue Möglichkeiten.

Im zweiten Abschnitt der Arbeit geht es dann um die Modellmethode, aber aus einer veränderten Perspektive. Nicht die Anwendung von Modellen hebt die Kybernetik von anderen Wissenschaften hervor, sondern die Reflektion über die Modellmethode selbst und die damit verbundenen Prozesse. Kybernetiker und Softwareentwickler teilen nach dem Paradigmenwechsel das Interesse an Prozessen menschlicher Nachrichtenverarbeitung, die das Abbilden ermöglichen.

In der Softwareentwicklung ist vor dem Hintergrund der Neuorientierung eine Modellierungssprache entwickelt worden, von der behauptet wird, dass sie „natürlich“ und „intuitiv“ sei.<sup>15</sup> Um diesem Gedanken nachzugehen und ihn zu überprüfen, steht im Bereich der Kognitionswissenschaften eine Vielzahl von Modellen zur Verfügung, in denen wesentliche Eigenschaften und Prozesse menschlicher Nachrichtenverarbeitung beschrieben werden. Hier finden sich zahlreiche Anknüpfungspunkte zwischen dem, was über die menschliche Nachrichtenverarbeitung bekannt ist, und den Eigenschaften, die die Objektorientierung kennzeichnen. Sie werden im Verlauf des vierten Kapitels dargestellt. Dabei kann keine vollständige Übersicht über alle Modelle gezeichnet werden, weil es den Umfang der Arbeit sprengen würde. Es handelt sich um eine exemplarische Auswahl von Modellen, die jeweils bestimmte Aspekte menschlicher Nachrichtenverarbeitung verdeutlichen.<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> Quibeldey-Cirkel, K.: Das Objektparadigma in der Informatik. 1994. S.160

<sup>16</sup> Es fehlt den verschiedenen Modellen, die sich mit der menschlichen Nachrichtenverarbeitung befassen, ein integrierendes Modell, das die einzelnen Bausteine zu einem Ganzen zusammenfügt. Es klafft beispielsweise eine Lücke zwischen den Vorgängen zwischen Neuronen und den höheren, komplexen Hirnfunktionen. Der Anspruch, ein integrierendes Gesamtmodell zu schaffen, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht erhoben.

Diese Modelle liefern zahlreiche Bausteine für ein Verständnis menschlicher Nachrichtenverarbeitung, sie beantworten aber nicht die Fragen nach dem Wesen menschlichen Denkens. Deshalb wird im fünften Kapitel der Gedankenverlauf erweitert, indem die Frage nach dem Wesen menschlicher Nachrichtenverarbeitung in den Mittelpunkt gestellt wird. Die metaphysisch-kybernetischen Untersuchungen von W. F. Schmid machen deutlich, dass der Aspekt des Werdens für das menschliche Denken eine besondere Rolle spielt. Die Möglichkeit zur Gestaltung ist im menschlichen Denken angelegt. Die Anwendung des Werkzeugs Objekt schafft dazu Bedingungen, die es wahrscheinlich machen, dass sich diese gestaltenden Kräfte entfalten können. Im Idealfall sorgen sie dafür, dass ein Anwender diese Kräfte erfährt, die in der Kindheit selbstverständlich zur Verfügung gestanden haben.<sup>17</sup> Das Werkzeug Objekt stellt für die Kybernetik eine Erweiterung dar, weil es die Prozesse des Werdens fordert und fördert.

---

<sup>17</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 18f. S. benutzt den Begriff „basic instinct“, um zu verdeutlichen, dass menschliches Denken nicht allein dem Anwenden von Mustern dient, sondern darüber hinaus über die Fähigkeit verfügt, Muster zu entwickeln. Diese Fähigkeiten verbindet er mit dem Hemisphärenmodell des menschlichen Gehirns. Er hält sie für unterentwickelt. Ihm geht es darum, alle im Menschen angelegten Kräfte zur Entfaltung zu bringen.

# 1. Kybernetische Grundlagen

## 1.1 Begriffsgeschichte

Der Begriff Kybernetik ist griechischen Ursprungs. Er führt in die Welt der Antike, in der der Steuermann eines Schiffes als „Kybernétes“ bezeichnet wird. Seine „Steuermannskunst“ oder „Kybernetike-techne“ genießt in der Welt der Antike ein hohes Ansehen. Während der Kapitän sich um die Waren und die Finanzierung kümmert, ist der Kybernétes für die Navigation während der Seereise verantwortlich. Neben technischem Verständnis und Geschick im Bedienen der verschiedenen nautischen Instrumente sind mathematische Kenntnisse für seine Funktion notwendig. Auf See hängt alles von seinen Fertigkeiten ab. Diese besondere Rolle an Bord von Schiffen hat nach E. Lang, der sich ausführlich mit der Begriffsgeschichte auseinandergesetzt hat, zu einer ungewöhnlichen Begriffsentfaltung geführt.<sup>1</sup>

Scheinbar geht von der Seefahrt, dem Instrument Schiff, den Rollen an Bord und der Auseinandersetzung mit den Elementen eine Faszination aus, die zu einer Anwendung des Bildes auf verschiedensten Zusammenhängen führt. Die Seefahrtsmetapher wird verwendet, um sowohl die Vorgänge des Lenkens und der Führung im allgemeinen als auch Regelungsprozesse im besonderen zu beschreiben. E. Lang stellt zur Verwendung dieser Metapher fest: „Von der ursprünglichen Bedeutung ‚Steuermann‘ [kybernétes; d. Verf.] und ‚ein Schiff steuern‘ [kybernáo; d. Verf.] dringen diese beiden Worte innerhalb der griechischen Literatur zuerst in Vergleichen vor, dann als Bild, um schließlich immer mehr zu abstrakteren Bedeutungen von ‚Lenker und Leiter‘ beziehungsweise ‚Lenken und Leiten‘ zu gelangen.“<sup>2</sup> Er macht

---

<sup>1</sup> Lang, E.: Zur Geschichte des Wortes Kybernetik. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Beiheft zu Band 9. 1968. S. 37

<sup>2</sup> Ebd. S. 27

diese Verschiebung an dem Beispiel Platons fest.<sup>3</sup> Im Dialog zwischen Sokrates und Glaukon verwendet er z. B. das Gleichnis eines Schiffes, um zu beschreiben, wie die Mannschaft aus Mangel an Vertrauen in ihren unfähigen Schiffsherrn die Leitung einem Besseren überträgt. Dieses Bild wird dann auf die politischen Verhältnisse im Staat und damit auf die Lenkung des Staates übertragen.

Der zweite Aspekt der Regelungsprozesse an Bord eines fahrenden Schiffes führt zur Analyse der Funktionsabläufe. Wesentlich an diesen Vorgängen ist die Kreisstruktur von Befehl, Maßnahme, Wirkung, Meldung und einem neuen Befehl. Dabei handelt es sich um ein komplexes Zusammenspiel von psychischen und physischen Vorgängen auf dem System Schiff. Die Betrachtung dieser Prozesse setzt H. Frank graphisch in „kybernetische Instanzen“ um:

---

<sup>3</sup> Platon: Sämtliche Werke. 1957. In den Dialogen wird das Bild des Schiffes in verschiedenen Zusammenhängen benutzt. Im Dialog „Protagoras“ (Bd. 1, S. 60) geht es um die Frage, ob Tugend lehrbar sei. Hier wird mit der Analogie zur Zunft der Schiffbauer verdeutlicht, dass ein Mensch, der auf diesem Gebiet einen Ratschlag geben will, ein „Fachmann“ sein muss, wenn sein Wort Gewicht haben soll. Im Dialog des „Kratylos“ (Bd. 2, S. 133) wird die Analogie des Schiffbaus auf das Handwerk der Wortbildung und der Gesetzgebung übertragen. Im Buch der „Politiea“ (Bd. 3, S. 203) benutzt Sokrates das Bild eines Schiffes, um zu verdeutlichen, welche Rolle die Philosophen in der Gesellschaft seiner Zeit spielen. Ein Schiffsherr wird von Interessenten für eine Kapitänsstelle umworben. Die Eignung der Bewerber besteht aber darin, dass sie, trotz geringer fachlicher Qualifikation, bereit sind, sich mit allen Mitteln gegen Konkurrenten durchzusetzen. Der wahre Steueremann erfüllt zwar die fachlichen Bedingungen am besten, aber er kann sich in diesem Beispiel nicht gegen die Konkurrenz behaupten und wird zu einem Gehilfen degradiert, der sein Fachwissen in Fragen der Tide oder Gestirne einbringen kann. Als letztes Beispiel dient der Dialog, den Sokrates mit einem Fremden in „Politikos“ führt (Bd. 5, S. 56 ff). Im Mittelpunkt steht das Thema der Einrichtung der politischen Verhältnisse in einem Staat. Ein Fremder verwendet die Bilder des Arztes, des Steuermanns und des Bürgers, um die Bedeutung von notwendigen Erfahrungen und Regeln zu beschreiben, die zur Erfüllung der Ämter notwendig sind (Bd. 5, S. 61).

Diese Textstellen, in denen Bilder von der Seefahrt verwendet werden, werden auf die politischen Verhältnisse im Staat übertragen. Damit wird die Bedeutung dieser Metapher in der antiken Gesellschaft deutlich. Die Aussage E. Langs kann bestätigt werden.

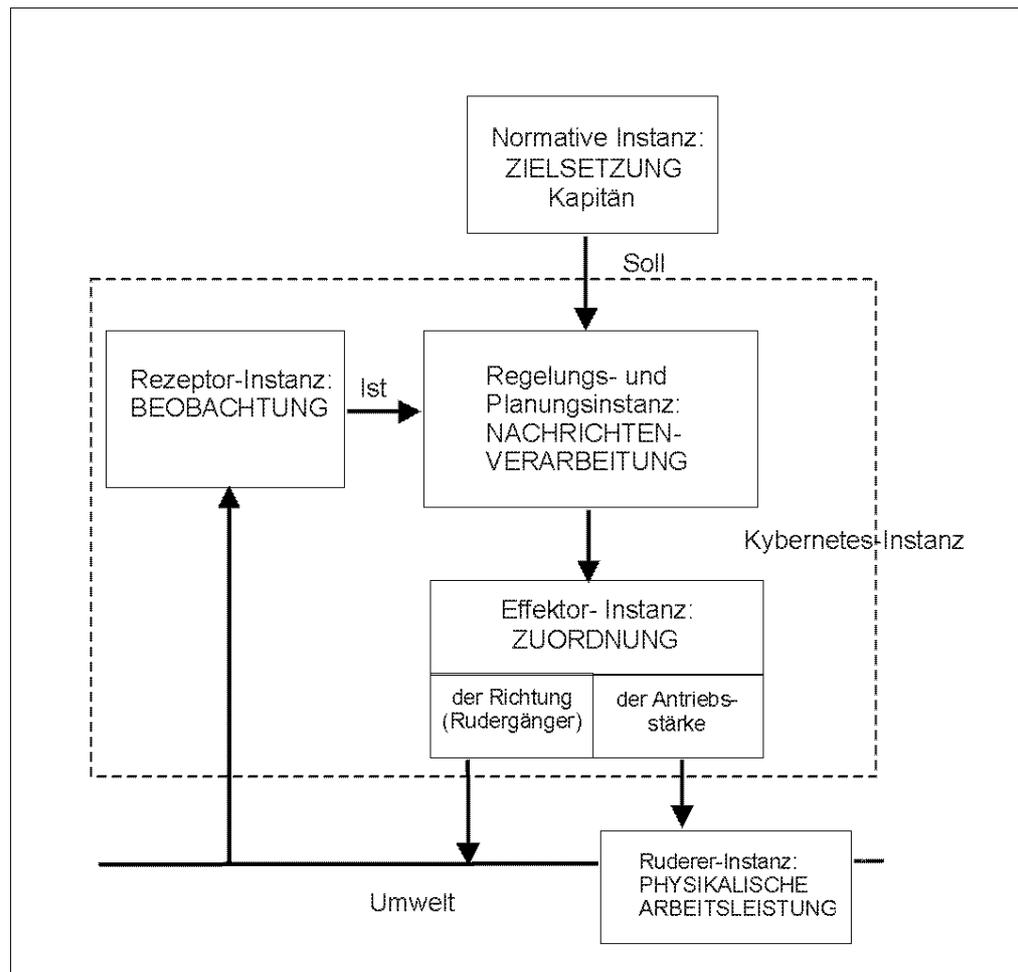


Bild 1.1: Kybernetische Instanzen<sup>4</sup>

Der Kapitän legt als „normative Instanz“ das Ziel der Reise fest, das mit der Ankunft im Bestimmungshafen erreicht ist. Er setzt die Norm und gibt dem Steuermann damit das „Soll“ vor. Um dieses Ziel zu erreichen, wird dieser eine Planung der Reise vornehmen. Er wird aufgrund seiner Erfahrung und Berechnungen den Kurs festlegen. Als Effektoren stehen dem Steuermann Ruderer für den Antrieb und das Steuer zum Kurshalten zur Verfügung. Die Kurswahl erfolgt in Abhängigkeit von den Umwelteinflüssen, wie Wind, Strom, Wellengang und den navigatorischen Bedingungen in dem jeweiligen Seegebiet. Sie werden über die Beobachtungen eines Mannes am Bug des Schiffes oder durch den

<sup>4</sup> Erstellt nach Frank, H. G.: Was ist Kybernetik. In: Kybernetik – Brücke zwischen den Wissenschaften. 1964. S. 16

Steuermann selbst erfasst und stellen den Istwert dar. Der Steuermann bildet durch einen Vergleich zwischen Soll- und Istwert die Differenz und leitet entsprechende Maßnahmen durch Veränderungen der Ruderkraft oder der Kurswahl ein. Erneute Beobachtungen der Folgen seiner Vergleiche und der Umsetzung und Ausführung seiner Befehle zeigen dann, ob seine Regelung erfolgreich war. Die Prozesse der Nachrichtenverarbeitung, der Zuordnung und der Beobachtung bilden die Kybernètes-Instanz, die eine Funktion, wie z. B. das Erreichen eines Zielhafens, organisiert.

Die besondere Rolle des Steuermanns und die damit verbundenen Prozesse an Bord haben auch N. Wiener, J. Biegelow und A. Rosenblueth inspiriert. Sie greifen auf den Begriff und das Bild des „Kybernètes“ zurück, um ihrer Vorstellung einer Wissenschaft der Nachrichtenverarbeitung einen Namen zu geben. Sie „haben beschlossen, das ganze Gebiet der Nachrichtentheorie, ob in der Maschine oder dem Tier, mit dem Namen ‚Kybernetik‘ zu benennen, den wir aus dem griechischen ... ‚Steuermann‘ bildeten ... Wir wollen damit auf die Tatsache verweisen, dass die Steuermaschinen eines Schiffes tatsächlich eine der ersten und am besten entwickelten Formen von Rückkopplungsmechanismen sind.“<sup>5</sup>

Die drei Wissenschaftler legten damit nicht nur einen Namen, sondern auch den Gegenstandsbereich der Kybernetik, die Nachrichtentheorie im weitesten Sinne, fest: die Nachrichtengewinnung, die Nachrichtenspeicherung und die Nachrichtenübermittlung stehen im Mittelpunkt.

## **1.2 Information und Nachricht**

Um die kybernetischen Schlüsselbegriffe „Information“ und „Nachricht“ vorzustellen, dient wiederum das Beispiel des antiken Schiffes. Es handelt sich um ein komplexes System, das sich aus physischen Din-

---

<sup>5</sup> Wiener, N.: Mensch und Menschmaschine. 1966 S. 32

gen wie Menschen, Schiffsrumpf, Planken, Segeln, Rudern, Tampen und vielem mehr zusammensetzt. Sie stellen aber lediglich einen Teil des Systems Schiff dar. Die Vorgänge an Bord zur Bestimmung des Kurses und die damit verbundenen Vergleichs-operationen werden durch Übermittlung und Verarbeitung von Nachrichten geregelt. Den Zuruf oder die Meldung des Ausgucks, dass das Wasser vor dem Schiff flacher wird, setzt der Steuermann in entsprechende Ruder- und Kursbefehle um.

Sind es Nachrichten oder Informationen, die den Steuermann handeln lassen? Der Begriff der Information wird umgangssprachlich mit dem der Nachricht gleichgesetzt. Folgt man aber der Definition von C. Shannon und beschreibt Information als ein „bit“<sup>6</sup>, dann wird deutlich, dass der Überraschungswert eines Ereignisses zugrunde gelegt wird.

Auf das Schiffsbeispiel angewendet, wird die Meldung des Ausgucks erst dann zu einer Information für den Steuermann, wenn er mit der Abnahme der Wassertiefe in diesem Moment nicht gerechnet hat und von der Meldung über dieses Ereignis entsprechend überrascht ist. Diese flache Stelle in diesem Seegebiet ist ihm möglicherweise neu.<sup>7</sup> Das Schiff ist in Gefahr und eine schnelle Reaktion ist erforderlich. Ist ihm dieses Ereignis auf dieser Position dagegen vertraut, handelt es sich um eine Nachricht mit einem geringen Informationsgehalt, weil sie

---

<sup>6</sup> Vgl. Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. S. 88. „Vom Standpunkt der Kybernetik aus ist die Information stets eine skalare Größe, die einer Nachricht oder einem Wahrnehmungsgehalt zukommt, aber von der Nachricht selbst auch noch vom Empfänger und von der Situation abhängig ist, in der sich dieser befindet.“ Für F. reicht die Bestimmung des Begriffs „Information“ vor dem mathematischen Hintergrund C. Shannons nicht aus, um ihn auf die menschliche Nachrichtenverarbeitung zu übertragen. Er fügt deshalb die Begriffe des „subjektiven Informationsgehalts“, der Möglichkeit des Zusammenfassens und Auflösens von Zeichen, der Lernprozesse, der Bedeutung und der Leistungsgrenzen menschlicher Nachrichtenverarbeitung ein, um den Informationsbegriff auf den Menschen anwenden zu können. F. macht damit den Unterschied zwischen einer technischen und einer humankybernetischen Sichtweise deutlich.

<sup>7</sup> Vgl. Bateson, G.: Geist und Natur. 1997. S. 87f. Der Unterschied, der in diesem Fall einen Unterschied und damit die Information ausmacht, ist die Differenz zwischen der Vorstellung des Steuermanns von diesem Seegebiet und der Meldung des Ausgucks.

seine Erwartungen bestätigt. Nachricht steht in diesem Beispiel für die Übermittlung einer Meldung. Was der Steuermann aus dieser Nachricht macht, wie er sie bewertet und auf welche Art und Weise sie seine Entscheidungen und Handlungen beeinflusst, ist eine Frage des Informationsgehalts. Ein hoher Überraschungswert oder eine geringe Wahrscheinlichkeit des Ereignisses, das mit dieser Nachricht verbunden ist, führt zu einem hohen Informationsgehalt.

Von welcher Natur Nachrichten sind, lässt sich nur über ein ausschließendes Verfahren einengen, in dem man feststellt, was Nachrichten nicht sind. Sie sind „nicht etwas ausschließlich Materiell-Energetisches“.<sup>8</sup> Sie bedürfen zwar eines Trägers und sie wirken auf den Energiefluss, aber sie sind weder das eine noch das andere. Sie stellen für N. Wiener eine dritte Art von Objektklassen dar.<sup>9</sup> „Daher haben wir die Nachricht (ebenso ihre Prozesse ihrer Verarbeitung und die Systeme, welche dieses leisten) als informationelle Gegenstände zum Objekt einer neuen Wissenschaft, nämlich zur wissenschaftlichen Kybernetik erklärt.“<sup>10</sup>

### 1.3 Regelkreis

Das Seefahrtsbeispiel mit seinen kybernetischen Instanzen zeigt, wie die verschiedenen Prozesse der Nachrichtengewinnung, -speicherung und -übermittlung zu einem dynamischen System miteinander verbunden werden. Das dabei beschriebene Prinzip ist eine „Rück-

---

<sup>8</sup> Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. S. 61

<sup>9</sup> Vgl. Wiener, N.: Kybernetik. S. 166. „Information ist Information, weder Materie noch Energie“, lautet die deutsche Übersetzung.

Vgl. Völz, H.: Grundlagen der Information. 1991. S. 553. V. weist auf einen Übersetzungsfehler des Originalzitats von N. Wiener und der Übersetzung hin. „Matter“ entspricht in der deutschen Version dem Begriff Materie, sollte aber seiner Meinung nach mit Stoff übersetzt werden. „Somit existieren im Einklang mit ... Wiener drei Objektklassen: Stoff, Energie und Information.“

<sup>10</sup> Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. S. 61

kopplung“<sup>11</sup>, oder ein Regelkreis, der in der Kybernetik eine besondere Rolle spielt.

Um die historische Dimension dieser Begriffe darzustellen, greift K. Steinbuch in „Automat und Mensch“<sup>12</sup> auf eine tabellarische Darstellungsform zurück. Sein erster Eintrag führt in das Jahr 230 v. Chr. Der Grieche Philon baut einen Niveauregler für eine Öllampe. Die überwiegende Nutzung im technischen Bereich führt zur Ausbildung „einer Spezialdisziplin der technischen Wissenschaften, der Regelungstechnik“.<sup>13</sup> Aus dieser stammt die Terminologie für die Bezeichnung der Glieder und Größen. Das Bild 1.2 zeigt das Regelkreismodell, das im 20. Jahrhundert von technischen Zusammenhängen zunehmend auf physiologische, psychologische und soziologische Vorgänge übertragen worden ist. Das Regelkreismodell ist universell.<sup>14</sup>

---

<sup>11</sup> Vgl. Küpfmüller, K.: Einführung in die theoretische Elektrotechnik. 1959. S. 494. K. beschreibt, wie in einem elektrischen System, z. B. einem Röhrengenerator, „positive“ und „negative“ Rückkopplungen entstehen können. Die erste Veröffentlichung in der ersten Auflage erfolgte 1932. Das Entstehen des Begriffes der Rückkopplung wird mit seinem Namen verbunden.

<sup>12</sup> Steinbuch, K.: Automat und Mensch. 1965. S. 151

<sup>13</sup> Klaus, G. und Liebscher, H.: Wörterbuch der Kybernetik. 1976. S. 652

<sup>14</sup> Schmidt, H.: Regelungstechnik. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Beiheft zu Band 6. 1965. S. 10. „Über diese mannigfachen technischen Regelungsaufgaben hinaus finden wir die Regelung in der Pflanze, beim Tier und beim Menschen ... Wenn wir von einer nahen Verwandtschaft der organischen und technischen Regelung überzeugt sind, so braucht diese Verwandtschaft sich nicht in der anatomischen und baulichen Gestaltung der beiderseitigen Regeleinrichtungen zu offenbaren, sondern vielmehr in der Analogie der Wirkungszusammenhänge, also der Dynamik der Regelung.“

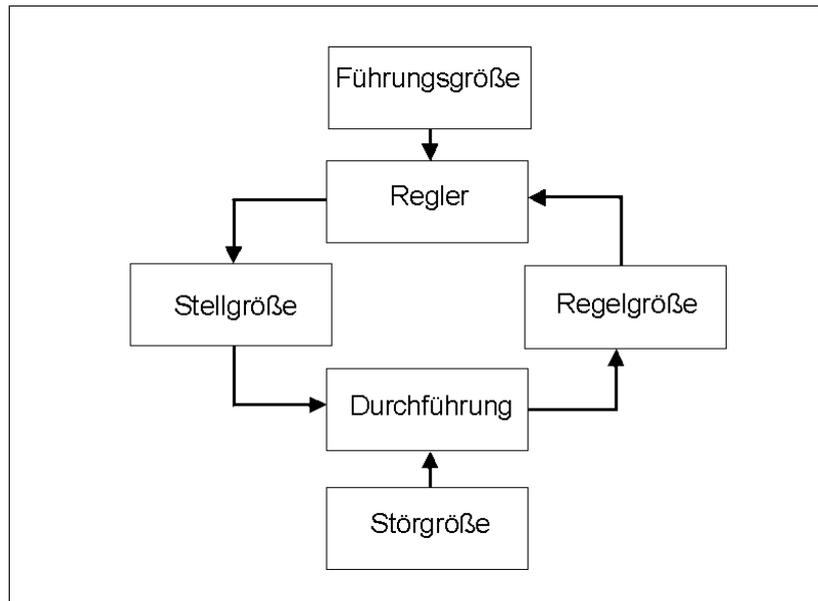


Bild 1.2: Schematischer Regelkreis<sup>15</sup>

Der Regelkreis stellt die einfachste Struktur eines kybernetischen Systems dar.<sup>16</sup> Die besondere Rolle spielt in diesem System der Regler, oder auch die Kybernetes-Instanz. Er erhält eine Führungsgröße, die das Ziel der gesamten Regelung darstellt. Der Regler verfügt zur Erreichung dieses Ziels über ein Repertoire von Möglichkeiten, um in bestimmten Grenzen auf das System einzuwirken. Die einzelnen Maßnahmen, die als Stellgröße vom Regler weitergegeben werden, ergeben sich aus der Differenz zwischen der Führungsgröße, dem Sollwert und der Regelgröße. Eine andere Bezeichnung für Regelgröße lautet Istwert. Die Maßnahmen wirken sich über ein Stellglied auf die Durchführung aus und verändern diese. Die Veränderung des Istwertes ergibt sich nach der Durchführung und dient zu einem Vergleich mit der Führungsgröße. Dabei können negative oder positive Rückkopplungen auftreten. Dem ersten Typ liegt das Prinzip der Abnahme, dem zweiten das der Verstärkung zugrunde.

<sup>15</sup> Kolloquium Universität Bielefeld Fakultät Theologie, Geographie, Kunst und Musik mit der Bildungswissenschaftlichen Hochschule Flensburg-Universität Fachbereich Schulpädagogik vom 13. bis 15.01.1999 in Oerlinghausen: Dem Arbeitsgruppenvorschlag folgend, wird der Begriff der „Regelstrecke“ aus der Regelungstechnik durch den Begriff „Durchführung“ ersetzt, weil sich das Regelkreismodell dadurch einfacher auf nichttechnische Zusammenhänge übertragen lässt.

<sup>16</sup> Vgl. Klaus, G. und Liebscher, H.: Systeme, Information, Strategien. 1974. S. 40

Die Abläufe, die in dem antiken Beispiel durch Umwelteinflüsse die Entscheidungen des Steuermanns beeinflussen können, werden in diesem Regelkreismodell als Störung beschrieben, die von außen auf die Regelstrecke einwirken können. Durch diesen äußeren Einfluss verändert sich der Istwert. Die Differenzbildungen des Reglers und die daraus resultierenden Maßnahmen werden beeinflusst. Das System reagiert im Rahmen seiner Möglichkeiten sowohl auf interne als auch auf externe Störungen und versucht, diese zu minimieren oder abzuwehren.

Das System kann sich unter dem Einfluss von Störungen in zwei Richtungen entwickeln. Im ersten Fall werden nach einigen Pendelbewegungen sowohl die Differenzen zwischen Führungsgröße und Istwert als auch die daraus resultierende Stellgröße sich zunehmend verringern. Das System gewinnt zusehends an Stabilität. Die Schwingungen werden immer kleiner, bis ein Ruhezustand erreicht ist. Die Regelung findet dann ein Ende, wenn die Differenz den Wert Null beträgt. Es geht dann von einem schwingenden System in eine „Steuerung“.<sup>17</sup> Im entgegengesetzten Fall nehmen die Schwingungen zu. Der Regelkreis wird zunehmend instabil, was bis zur Zerstörung oder einem neuen Gleichgewicht auf einer anderen Ebene führen kann.

Der Regelkreis dient hier als Beispiel, um das Prinzip der Rückkopplung zu erklären, das für die Kybernetik und damit für nachrichtenverarbeitende Prozesse eine besondere Rolle spielt.

#### **1.4 Objektivierung geistiger Arbeit**

Dabei wirken sich Nachrichten sowohl auf die Zielsetzung, die Zielkontrolle als auch auf die abgeleiteten Maßnahmen aus. An dieser Stelle setzt H. Schmidt ein, um sich dem Zusammenhang zwischen menschlicher Nachrichtenverarbeitung und Technik zu nähern. Er verwendet

---

<sup>17</sup> Klaus, G. und Liebscher, H.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 652

den Begriff des menschlichen Denkens und untersucht den Einfluss auf die technische Entwicklung. Er unterscheidet dabei drei Stufen technischer Objektivierung menschlichen Denkens:

- „ 1. die des Werkzeuges,
2. die der Kraft- und Arbeitsmaschine und
3. die des geregelten Systems und Automaten.“<sup>18</sup>

„Mit jeder Stufe schreitet die Objektivierung der Zweckerfüllung mit technischen Mitteln fort, bis der gesetzte Zweck schließlich durch den Automaten allein ohne unser körperliches und geistiges Zutun erreicht wird.“<sup>19</sup> Auf der dritten Stufe technischer Entwicklung wird die Arbeit schließlich an eine Maschine delegiert. H. Schmidt verbindet die Technikgeschichte als Folge menschlichen Denkens mit einem technisch-anthropologischen Zusammenhang zu einem „Handlungskreis“.<sup>20</sup> Ordnet man das Beispiel des antiken Schiffes in seine Dreiteilung ein, dann entspricht es der zweiten Stufe. Mit dem Eintritt in das Informationszeitalter ist seine dritte und letzte Stufe erreicht. Es sind vermutlich noch weitere Stufen in dieser Unterteilung nach H. Schmidt notwendig, wenn die Vision der „Künstlichen Intelligenz“<sup>21</sup> oder „artificial intelligence“ (kurz: KI oder AI), den Maschinen das Denken beizubringen, erfüllt ist.

Auf die Entwicklung der Kybernetik in Deutschland nimmt H. Frank einen besonderen Einfluss. Er bezieht sich auf die Position H. Schmidts

---

<sup>18</sup> Schmidt, H.: Regelungstechnik. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Beiheft zu Band 6. S. 29

<sup>19</sup> Schmidt, H.: Der Mensch in der technischen Welt – Die anthropomorphe Bedeutung der Kybernetik. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Beiheft zu Band 6. 1965. S. 39

<sup>20</sup> Ebd. S. 41

<sup>21</sup> Vgl. Mainzer, K.: Computer – Neue Flügel des Geistes. 1995. S. 115. M. beschreibt, dass auf der Dartmouth-Konferenz im Jahre 1956 die Forschung zur KI an Kontur gewinnt. Die zu der Zeit bekannten Experten auf diesem Gebiet waren vertreten, so dass die Leitfrage, die bereits 1950 von Alan Turing gestellt worden war, ob Maschinen denken können, für diese Gruppe zum Programm werden konnte. Auch für diese Wissenschaftler führt der Weg zum Programm und zur Simulation über die menschliche Nachrichtenverarbeitung.

Vgl. auch Frank, H. G.: Kybernetik und Philosophie. S. 220.

und verbindet mit der Kybernetik das Ziel, den „wahrnehmenden, denkenden und planmäßig handelnden Menschen (...) in diesen Funktionen zu objektivieren“.<sup>22</sup>

Der Mensch wird in diesem Ansatz nicht nur zum nachrichtenverarbeitenden System, sondern auch zu einem nachrichtenerzeugenden System. Der Gedanke, den Menschen in seinem Denken zum Gegenstand der Forschung zu machen und die Phasen eines Entstehens von Nachrichten in den Prozess wissenschaftlichen Arbeitens zu integrieren, zeichnet diesen Versuch aus. Dabei gilt es die gleiche Paradoxie auszuhalten, die auch den Neurowissenschaften eine Grenze aufzeigt. Das Gehirn als das Organ, in dem sich menschliches Denken vollzieht, ist gleichzeitig Forschungsmittel und Forschungsgegenstand. Dieser Paradoxie versucht H. Frank durch die technische Objektivierung zu entgehen.<sup>23</sup> Sein Abbildungsweg führt vom Gedanken über Abbildungen bis zur technischen Umsetzung.

Die Objektivierung geistiger Arbeit erfolgt in drei aufeinander aufbauenden Schritten. Den Anfangspunkt eines wissenschaftlichen Projekts bildet eine Frage, ein Gedanke oder eine Idee. Unabhängig davon, für welchen Begriff die Entscheidung fällt, scheint sich dieser Prozess eines systematischen Zugriffs zu verschließen. Dieses „Gedachte“ zu erkennen und zu verfolgen ist bereits eine Herausforderung, es abzubilden eine zusätzliche. Für diese Phase greift H. auf die Philosophie zurück. Wenn wissenschaftliche Methoden genutzt werden können, um diese Phase zu erschließen, dann sind sie seiner Meinung nach in der Philosophie zu finden. Kybernetisches Vorgehen und Philosophie verbindet in dieser Phase menschlicher Nachrichtenverarbeitung die Su-

---

<sup>22</sup> Frank, H. G.: Was ist Kybernetik. S. 26

<sup>23</sup> Vgl. Roth, G.: Das Gehirn und seine Wirklichkeit. 1994. S. 19 f. R. geht von der erkenntnistheoretischen Paradoxie aus, dass der Mensch sein Gehirn und die damit verbundenen Prozesse zugleich als Gegenstand und als Forschungsmittel verwendet. Für die Neurowissenschaften heißt das, Gehirnzustände mit Gehirnzuständen zu untersuchen, um Gehirnzustände zu erklären. Sein Ausweg führt über die Position, dass das Gehirn die uns umgebende Welt nicht abbildet, sondern konstruiert.

che nach Begriffen und die Aufgabe des Beschreibens. Diese im Subjekt ablaufende Prozesse sind auf ein „Denkobjekt“ gerichtet und dienen allein dem Zweck des Verstehens. H. Frank bezeichnet sie als „phänomenologische Phase“<sup>24</sup>.

Der Gedanke wird in dieser Phase beschrieben und in Sprachzeichen umgesetzt. Sie bilden die Grundlage für eine Überführung in eine Zeichnung oder sogar einer mathematischen Formel, die in der zweiten Abbildungsphase erfolgt. Dabei werden die Ergebnisse dieser Phase zu einem mathematischen Ausdruck oder einem exakten Ablaufplan der Handlungsorganisation verdichtet. Dabei besteht nach wie vor eine enge Verbindung zwischen dem erzeugenden Subjekt und den Formen der Abbildung. H. Frank bezeichnet diese zweite Phase als analytische Phase. Dabei kommen mathematische, graphische Abbildungen zum Einsatz.

Die Loslösung vom Subjekt erfolgt schließlich auf der dritten Stufe, der Objektivierung. Die Abbildung wird in ein technisches System übersetzt. Damit löst sich die Abbildung vom Subjekt. Die technische Lösung kann unabhängig vom Entwickler für sich bestehen. Die Kybernetik bedient sich bei diesem Schritt der Technik.

Die Suche nach Objektivität beschreibt H. Frank als zunehmende Loslösung vom Subjekt beim Durchlaufen der drei Phasen. Objektivität wird durch Objektivierung erreicht, weil z. B. ein Programm unabhängig von seinem Entwickler funktioniert. Es kann wiederum selbst zu einem

---

<sup>24</sup> Frank, H. G. und Meder, B. S.: Einführung in die kybernetische Pädagogik. 1971. S. 20f. „Bevor das zu Objektivierende auf ein selbständiges Außenweltobjekt (die „Objektivatio“) übertragen wird, erscheint es als Gedachtes (Denk-Objekt) und meist anschließend noch als Nachricht, z. B. in Form einer technischen Zeichnung oder einer anderen ‚Formulierung‘. Dem Prozess der Objektivierung gehen damit zwei Phasen voraus, die mit der Aneignung durch ein Subjekt als Gedachtes und als Nachricht beginnt und schließlich zur Loslösung vom Subjekt in Form einer Objektivierung oder Simulation führt.“

Objekt und zu einem Forschungsgegenstand werden.<sup>25</sup> Die technische Objektivierung geistiger Arbeit dient H. Frank als Prüfstein im wissenschaftlichen Zusammenhang.

Kybernetik lässt sich an diesem Punkt nach H. Frank wie folgt definieren: „Zunächst verstehen wir also unter Kybernetik allgemeine, mathematische Theorie informationsumsetzender Prozesse und Systeme, darüber hinaus ihre Konkretisierung auf physikalisch, physiologisch oder psychologisch zu kennzeichnende informationsumsetzende Prozesse und Systeme und schließlich die technische Verwirklichung oder Veränderung solcher Prozesse und Systeme. Kurz: Die Kybernetik ist die Theorie oder Technik der Nachrichten und der nachrichtenumsetzenden Systeme.“<sup>26</sup> Sie nimmt eine Mittelstellung zwischen Philosophie und „klassischer Technik“ ein. Das Verhältnis zur Philosophie beschreibt H. Frank als „komplementär“.<sup>27</sup> In folgender Tabelle macht er den Zusammenhang deutlich:

---

<sup>25</sup> Schmid, W. F.: Zum Stellenwert der Kybernetik in der Lehrerausbildung. In: Grundlagen aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Bd. 15. 1974. S. 100. S. greift diesen Gedanken auf und führt aus: „Wird nun die Geschichte des Menschen unter dem speziellen Aspekt der Geschichte seiner Technik betrachtet, dann zeigt sich eine Objektivität, die nicht der metaphysischen Absicherung bedarf. Diese Objektivität ist der Bereich der sich verselbständigenden Tätigkeiten des Menschen, d. h. etwas erweist sich erst dann und nur dann als wahr, wenn es sich als ein für sich Bestehen-Können ausweist. Die Subjektivität wird gleichsam in Objektivität versetzt.“

<sup>26</sup> Frank, H. G.: Kybernetik und Philosophie. S. 220

<sup>27</sup> Vgl. ebd. S. 236. F. zieht eine Bilanz über das Verhältnis zwischen Philosophie und Kybernetik: „Philosophie und Kybernetik sind einander also komplementär, sie setzen Verschiedenheit im Denkverhalten voraus. Während die Philosophie eher die Verhaltensweisen des ‚homo contemplativus‘ ausdrückt, entspricht die Kybernetik mehr dem ‚homo faber‘.“ Dem Verstehen der Philosophie setzt die Kybernetik das quantifizierende Vorgehen entgegen.

|                   | <b>Naturwissenschaft<br/>und klassische<br/>Technik</b> | <b>Kybernetik und<br/>kybernetische<br/>Technik</b> | <b>Geisteswissen-<br/>schaftlich-<br/>verstehende Diszi-<br/>plinen</b> |
|-------------------|---|---|---|
| <b>Gegenstand</b> | Materiell-<br>energetisch                               | INFORMATIONELL                                      | INFORMATIONELL  |
| <b>Methode</b>    | KALKÜLHAFT<br>(konstruierend)                           | KALKÜLHAFT<br>(konstruierend)                       | Phänomenologisch-<br>verstehend<br>(gestaltend)                         |
| <b>Ziel</b>       | OBJEKTIVATION<br>körperlicher Arbeit                    | OBJEKTIVATION<br>GEISTIGER<br>ARBEIT                | Wesenserhellung<br>GEISTIGER<br>ARBEIT<br>(„Eigentlichkeit“)            |

Bild 1.3: Kybernetik zwischen Technik und Geisteswissenschaft<sup>28</sup>

Die Graphik verdeutlicht die Stellung der Kybernetik zwischen Philosophie und Naturwissenschaft. Die Hervorhebungen dienen der Verdeutlichung der Gemeinsamkeiten. Der Gegenstand auf den sich die Kybernetik richtet ist weder energetisch noch materiell, sondern informationell. Philosophie und Kybernetik setzen am selben Gegenstand an. Philosoph und Kybernetiker können einen Abbildungsprozess gemeinsam beginnen und einander begleiten, ehe sich der Kybernetiker abwendet und den Philosophen seinen Weg zur „Wesenserhellung“ gehen lässt. Sein neuer Begleiter, ist ein Naturwissenschaftler, mit dem er sich über Methoden verständigen kann. Im Ziel ergeben sich jedoch

<sup>28</sup> Erstellt nach Frank, H. G.: Philosophische und kybernetische Aspekte der Pädagogik. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1958- 1972. Meder, B. und Schmid, W.F. (Hrsg.). 1974. Bd. 1. S. 521

Schwierigkeiten, weil der Naturwissenschaftler sich auf die Objektivati-  
on „körperlicher Arbeit“ und der Kybernetiker auf die Objektivati-  
on „geistiger Arbeit“ konzentriert.

Der kybernetische Abbildungsprozess beginnt in der Philosophie und  
führt über die Naturwissenschaft zum Ziel der „Objektivati-  
on geistiger Arbeit“. Die einzelnen Schritte des Abbildungsweges von H. Frank sind  
Gegenstand der sich anschließenden Abschnitte.

### 1.4.1 Phänomenologie

Das Abbilden nachrichtenverarbeitender Prozesse beginnt nach H.  
Frank mit einer verstehenden Phase. Hier ist eine Schnittstelle zur Phi-  
losophie, die die Möglichkeit eröffnet, sich mit ihren Methoden einem  
„Phänomen“<sup>29</sup> anzunähern. Sein Verständnis von Wissenschaft ist kar-  
tesisch geprägt, d. h. das Zerlegen von Zusammenhängen in Elemente  
und die Untersuchung ihrer Relationen. Eine zentrale Rolle spielt dabei  
für ihn die Mathematik, die die Möglichkeit zur größtmöglichen Redukti-  
on von Komplexität bietet. Es geht ihm um einen Weg, der das Einset-  
zen messender Verfahren ermöglicht.<sup>30</sup> Er sucht nach Methoden und  
Begriffen, die das systematische Arbeiten in diesem Bereich erlauben,  
der seiner Meinung nach vor der

---

<sup>29</sup> Vgl. Heidegger, M.: Gesamtausgabe. Bd. 2: Sein und Zeit. 1977. S. 38ff. H. führt  
den griechischen Wortstamm und die Bedeutungen in der Antike an, um sein Ver-  
ständnis von dem Begriff „Phänomen“ abzuleiten. „Erscheinung und Schein sind  
selbst in verschiedener Weise im Phänomen fundiert. Die verwirrende Mannig-  
faltigkeit der ‚Phänomene‘, die mit den Titeln Phänomen, Schein, Erscheinung,  
bloße Erscheinung genannt werden, lässt sich nur entwirren, wenn von Anfang an  
der Begriff von Phänomen verstanden ist: das Sich-an-ihm-selbst-zeigende.“ Vor  
diesem Hintergrund bestimmt Heidegger Phänomenologie als eine Methode. Den  
Begriff im Sinne „deskriptiver Phänomenologie“ nur auf das Zugängliche zu richten,  
greift aber seiner Meinung nach zu kurz. Er beschreibt Phänomenologie als eine  
Methode, um Phänomene zu entbergen, weil sie vergessen oder verschüttet wor-  
den sind.

<sup>30</sup> Grathoff, R.: Metaphorik und Apriori lebensweltlicher Forschung. In: Phäno-  
menologie der Praxis. Kojima, H. (Hrsg.). 1989. S. 53. G. nimmt Bezug auf die Un-  
terscheidung in kartesische und nichtkartesische Wissenschaften. Er beschreibt,  
dass man, um zu einem Begriff zu kommen, die „sicheren Ufer des Selbst-  
verständnisses der traditionellen empirischen Forschung“ verlassen muss. H.  
Frank bedient sich der Phänomenologie, um genau dieses Ufer zu erreichen.

Wissenschaft liegt. Die Philosophie bietet mit der Phänomenologie eine Methode, die in diesem vorwissenschaftlichen Bereich eingesetzt werden kann.

Ist die Phänomenologie auf eine knappe Formel zu bringen und in eine eindeutige Anwendungsvorschrift zu fassen? Die Nachforschungen führen in die Geschichte der Philosophie. Mit der Phänomenologie ist der Name E. Husserls unzertrennlich verbunden. Er hatte sich zur Lebensaufgabe gemacht, die Phänomenologie als Methode in der Philosophie zu etablieren. Sie wird durch ihn zu einem komplexen Wissenschaftssystem ausgebaut. Das Schlagwort, mit dem die Phänomenologie verbunden ist, lautet: „Zurück zu den Sachen selbst!“<sup>31</sup>

E. Husserl entwirft die Phänomenologie als einen Forschungsweg, der sich von den positiven Wissenschaften unterscheidet. Die Phänomene werden aufgesucht und untersucht, dort wo und wie sie entstehen, im Bewusstsein. „Das heißt vereinfacht: die Frage ist, wie ‚Welt‘ in unserem Bewusstsein entsteht und wie sie für uns somit ist – denn eine andere Welt, als sie für uns ist, gibt es (für uns) nicht.“<sup>32</sup> Gegenstand seiner Philosophie sind damit nicht die Phänomene einer physischen, äußeren Welt, sondern auch Phänomene des Bewusstseins. „Bewusstsein ist, wie Husserl sagt, stets Bewusstsein von etwas, es ist immer nur in eins mit seinem Gegenstand.“<sup>33</sup> Diese „Intentionalität“<sup>34</sup> kennzeichnet sein Verständnis von Phänomen. Alles was sich dem Bewusstsein darstellt, ist eine „Rechtsquelle der Erkenntnis“ in diesem

---

<sup>31</sup> Ebd. S. 17

<sup>32</sup> Ebd. S. 123

<sup>33</sup> Marx, W.: Die Phänomenologie E. Husserls. 1987. S. 14

<sup>34</sup> Ebd. S. 14

Moment und in der Begrenzung dieser Situation.<sup>35</sup>

E. Fink bezeichnet diese Grundeinstellung als „Generalthese der natürlichen Einstellung“.<sup>36</sup> Sie bezeichnet die Naivität des täglichen Lebens, in dem das Subjekt sich den Dingen zuwendet und auf sie hin-lebt. In der Phänomenologie wird diese „natürliche Weltansicht (...) nicht übersprungen, sondern überwunden. Sie wird nicht weggeworfen als das nur Falsche, sondern erkannt in ihrer Notwendigkeit. Sie wird nicht beigesetzt, sondern als die natürliche und nunmehr fragwürdig gewordene Weltansicht das erste Thema der Besinnung.“<sup>37</sup> Der erste Schritt des Phänomenologen besteht deshalb nicht im begrifflichen Denken, sondern im Schauen.<sup>38</sup> Dabei geht es um ein Freilegen von den alltäglichen Abschattungen. Erkenntnis wird zu einem Prozess, der sich von einem ersten flüchtigen Eindruck und seinem Festhalten, über ein „Heranzoomen“ und der Betrachtung unter verschiedenen Perspektiven entwickelt. Der Eindruck im Bewusstsein wird festgehalten und gleichzeitig mit den Möglichkeiten des Bewusstseins untersucht. Gegenstand und Methode sind dabei unauflösbar miteinander verbunden. Aus dem Betrachten einer Sache selbst kann sich Erkenntnis entwickeln.

E. Husserl will die Phänomenologie als „strenge Wissenschaft“ begründen. Er sieht in ihr ein Gegengewicht zu den positiven

---

<sup>35</sup> Husserl, E.: Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie. Schumann, K. (Hrsg.). Band III/1, erstes Halbbuch. 1976. S. 51. Mit diesem Zitat verbindet sich das Prinzip der Prinzipien, „dass jede originär gebende Anschauung eine Rechtsquelle der Erkenntnis sei, dass alles, was sich uns in der ‚Intuition‘ originär (sozusagen in seiner leibhaften Wirklichkeit) darbietet, einfach hinzunehmen sei als was es sich gibt, aber auch nur in den Schranken, in denen es sich gibt“.

<sup>36</sup> Fink, E.: Einleitung in die Philosophie. 1985. S. 36

<sup>37</sup> Ebd. S. 36

<sup>38</sup> Vgl. Wadenfels, B.: Einführung in die Phänomenologie. 1992. S. 30. „Vielfach wird behauptet, Phänomenologie sei eine Methode. Dies trifft nur dann zu, wenn man unter Methode kein neutrales Werkzeug versteht, das auf vorgegebene Sachen anzuwenden ist, sondern buchstäblich einen Weg, der den Zugang zur Sache eröffnet. Die Verklammerung von Sachgehalt und Zugangsart bewährt sich auch hier. Was Husserl ‚Reduktion‘ nennt, bedeutet Rückführung dessen, was sich zeigt, auf die Art und Weise, wie es sich zeigt.“

Erfahrungswissenschaften. Er versteht die Phänomenologie als Grundlagenwissenschaft für alle anderen Disziplinen.<sup>39</sup> Durch diese Aussage wird ihre Position vor der Erfahrungswissenschaft begründet. Ist damit aber der komplette Gang durch sein „fünfstufiges Verfahren“ gemeint, oder ist es möglich, sich nur des ersten Schrittes, der ersten „Epoche“<sup>40</sup> zur natürlichen Einstellung, zu bedienen, um von diesem Fundament ausgehend einen anderen Weg weiterzuverfolgen, der in dem entsprechenden wissenschaftlichen Zweig bevorzugt wird?<sup>41</sup> Er selbst liefert die Antwort durch die Unterscheidung in die „strenge Phänomenologie“<sup>42</sup> und die „angewandte Phänomenologie“. Sie macht deutlich, dass in seinem Konzept eine Weggabelung eingebaut ist, an der sich ein Anwender entscheiden kann, einen philosophischen oder einen anderen Weg zu gehen.

Die Entwicklung der Phänomenologie findet mit seinen Arbeiten keinen Abschluss. Sie motiviert andere Autoren, die Gedanken aufzugreifen und weiterzuentwickeln. Als ein Beispiel steht M. Merleau-Ponty stell-

---

<sup>39</sup> Danner, H.: Methoden geisteswissenschaftlicher Pädagogik. 1994. S. 134

<sup>40</sup> Vgl. Marx, W.: Die Phänomenologie E. Husserls. 1987. S. 24. Dass Menschen in ihrem alltäglichen Lebensvollzug auf die Dinge hinleben und in sie „verschossen“ sind, will Husserl ausblenden. „Der Gegenstand ist erstrebt, wird geliebt, gehasst, bearbeitet, positiv-wissenschaftlich analysiert, usw. Das aber heißt, dass er als ein von vornherein und selbstverständlich daseiender gilt ... Damit die Naivität des Verschossenseins überwunden werden kann, ist diese Meinung, dieser Glaube, dass die Gegenstände in einer existierenden Welt sind, außer Geltung zu setzen, ‚durchzustreichen‘ oder ‚einzuklammern‘, wie Husserl sagt ... vielmehr muss die Geltung der Welt als das Gesamt aller seienden Gegenständlichkeiten durchgestrichen werden. Diesen Vorgang, der mit einem Schlag die Welt, den ‚Universalglauben‘, dass die Welt ist, versinken lässt, bezeichnet Husserl mit dem aus der griechischen Skepsis stammenden Wort als Epoché.“

<sup>41</sup> Vgl. ebd. S. 122. Das Bild ist nach dieser Vorlage erstellt. E. Husserl unterscheidet in fünf Stufen seines phänomenologischen Vorgehens: aus einer „theoretischen Welt“ führt die erste Epoche zur „natürlichen Einstellung“. Hier geht es um das vorurteilslose Schauen, um eine Reinigung der Wahrnehmungen von Abschattungen und Verstellungen. Durch die phänomenologische Reduktion wird die „Phänomenologische Einstellung“ angestrebt, die die Grundlage für die „Wesensschau“ darstellt. Aus der „natürlichen Einstellung“ kann durch transzendente Reduktion die „Transzendente Subjektivität“ entwickelt werden. Jede neue Stufe in seinem Modell wird durch einen Reduktionsvorgang der Bewusstseinsinhalte gewonnen, um zum Wesen der Phänomene und damit seiner selbst zu gelangen. Die fünf Stufen stellen den gesamten philosophischen Abbildungsweg dar, an dem ein Forscher, der kein Philosoph ist, kein Interesse hat. Die erste Reinigung und Epoche aber, die den Anwender in die Welt der „Natürlichen Einstellung“ führt, kann dagegen von jedem Wissenschaftler, gleich welcher Disziplin, angewendet werden.

<sup>42</sup> Danner, H.: Methoden geisteswissenschaftlicher Pädagogik. 1994. S. 120.

vertretend für die Entwicklungen in der französischen Philosophie.<sup>43</sup> Die Arbeiten in Frankreich stehen unter dem Motto Jean Wahls der „Wende zum Konkreten“<sup>44</sup>. Damit tritt eine Neuinterpretation der These „Zu den Sachen selbst“ ein. E. Husserl geht es um den Akt der An-eignung. Die Tatsachen aus dieser Beziehung können Gegenstand der Erfahrungswissenschaften werden. Von diesem Verständnis geht M. Merleau-Ponty zwar auch aus, er setzt aber in der Phänomenologie einen anderen Akzent. Der Mensch ist seiner Überzeugung nach in seine ihn umgebende Welt eingebunden. Dieses Verhältnis bildet die Grundlage aller weiteren Stufen der Erkenntnis.

Seine Interpretation der These „Zu den Sachen selbst“ stellt diese Beziehung in den Mittelpunkt. Dadurch überwindet er die Trennung in Subjekt und Objekt, die seiner Meinung nach auf R. Descartes zurückzuführen ist. Dieser setzt das reflektierende Subjekt voraus. M. Merleau-Ponty stellt diese Prämisse in Frage und wendet den Zweifel Descartes' gegen seine Ausgangsposition an.<sup>45</sup> „Das ‚wahre‘ Subjekt ist nicht diese unmittelbare Gegenwärtigkeit für sich selbst; im Gegenteil,

---

<sup>43</sup> Vgl. Marx, W.: Die Phänomenologie E. Husserls. 1987. S. 9. W. führt aus, dass die „Phänomenologie“ durch E. Husserl zum Durchbruch gelangte. Er bezeichnet sie als eine „Arbeitsphilosophie“, die, anstatt auf Schulen zu setzen, eine Vielzahl von Autoren zu Weiterentwicklungen und Interpretationen anregt.

<sup>44</sup> Vgl. Grön, A.: Der Aufbruch zum Konkreten: Philosophie im 20. Jahrhundert. Hügli, A. (Hrsg.). 1994. S. 407ff. „Der Aufbruch kann mit dem Titel eines Buches von Jean Wahl aus dem Jahre 1932 als Wende ‚hin zum Konkreten‘ ... bezeichnet werden. Was meint diese Rückbesinnung?“ Diese These wird zum Programm, das durch H. Bergson, G. Marcel, J. P. Sartre und M. Merleau-Ponty ausgearbeitet wird. G. unterscheidet dabei zwei Phasen: „Die erste Auslegung läuft darauf hinaus, dass das Konkrete das Unmittelbare ist, verstanden als das, was vor aller Reflexion gegeben ist ... Nach der zweiten Auslegung ist das Konkrete der Vermittlungszusammenhang, den das menschliche Subjekt durchlebt, nämlich die soziale, geschichtliche und sprachliche Welt, in der es existiert.“

<sup>45</sup> Merleau-Ponty, M.: Phänomenologisch-psychologische Forschung: Phänomenologie der Wahrnehmung. 1966. Bd. 7. S. 346. „Es gibt absolute Gewissheit der Welt überhaupt, doch nicht für irgend etwas in Sonderheit. Das Bewusstsein ist vom Sein und seinem eigenen Sein entfernt und in eins mit dem Sein und seinem eigenen Sein vereint durch die Dichtigkeit der Welt. Das wahre cogito ist nicht das intime Zusammensein des Denkens mit dem Denken dieses Denkens: beides begegnet sich allererst durch die Welt hindurch. Nicht ist das Weltbewusstsein gegründet auf das Selbstbewusstsein, sondern beide sind gleichursprünglich: Eine Welt ist für mich da, weil ich nicht ohne Wissen von mir selbst bin; und ich bin mir selbst nicht verborgen, weil ich eine Welt habe.“

es erreicht sich selbst nur durch diese Welt. Dies bedeutet, dass Subjektivität eng mit der Welt verbunden ist ... Das wahre Subjekt ist ein In-der-Welt-sein".<sup>46</sup> Mit dieser Perspektive wird die Trennung in ein reflektierendes Subjekt und eine äußere Welt aufgehoben.

Die „Lebenswelt“<sup>47</sup> ist gegeben und das Subjekt ist mit seiner Körperlichkeit so eng mit ihm verwoben, dass die Unterscheidung in Subjekt und Objekt nicht haltbar ist. Im Verhalten zur Welt dient der Leib als Werkzeug und wird so zu einem festen Bestandteil des Bewusstseins von der Welt.<sup>48</sup> Sein Verständnis von Phänomenologie zielt auf ein vorurteilsfreies Schauen auf die Phänomene, bevor sich der Blick durch wissenschaftliche Begriffe und Methoden verändert. Wissenschaft ist eben nicht die Fortsetzung und Vervollkommnung der Wahrnehmung, sondern ihr Gegenteil.<sup>49</sup>

M. Merleau-Ponty rehabilitiert damit die Rolle der Wahrnehmung auf seine Weise. Er stellt die Angewiesenheit auf die Sinne heraus und bindet den Leib, im Sinne des menschlichen Körpers, fest in das Konzept von der Welt ein. Er macht deutlich, dass dieser Prozess der Wahrnehmung jedem wissenschaftlichen Vorgehen vorausgeht und damit die Grundlage für jede Art der Untersuchung bildet. Die Befangenheit des Menschen in seinem Verständnis von Welt zeigt, dass jede quantifizierende Methode z. B. in einem kybernetischen Verfahren auf diesen Umstand aufbaut und ihn als Grundlage akzeptieren muss.

---

<sup>46</sup> Grön, A.: M. Merleau-Ponty: Wahrnehmung und Welt. In: Philosophie im 20. Jahrhundert. Hügli, A. (Hrsg.). 1994, S. 475

<sup>47</sup> Vgl. Merleau-Ponty, M.: Phänomenologie der Wahrnehmung. 1966. S. 80. Als „Lebenswelt“ bezeichnet M. die Welt, die „diesseits der objektiven Welt“ der Wissenschaft liegt und das eigentliche Feld der Philosophie sei. Die objektiven Wissenschaften haben diesen Bezug seiner Meinung nach verloren.

<sup>48</sup> Vgl. ebd. S. 167f. „Bewusstsein ist Sein beim Ding durch das Mittel des Leibes. Erlernt ist eine Bewegung, wenn der Leib sie verstanden hat, d. h. wenn er sie seiner ‚Welt‘ einverleibt hat. Und seinen Leib bewegen heißt immer, durch ihn hindurch auf die Dinge abzielen, ihn einer Aufforderung entsprechen lassen, die an ihn ohne den Umweg über irgendeine Vorstellung ergeht.“

<sup>49</sup> Vgl. ebd. S. 80. „Die Wahrnehmung ist nicht der Anfang der Wissenschaft.“ M. macht deutlich, dass Wahrnehmung vor Wissenschaft liegt und damit eine andere Qualität aufweist. Er will diese Verhältnisse korrigieren.

H. Frank bezieht sich nicht unmittelbar auf M. Merleau-Ponty oder andere Vertreter der Phänomenologie. Aber auch sein Bemühen, einen Abbildungsweg zu entwickeln, der alle Aspekte eines Forschungsprozesses abdeckt, wird ihn zu der Frage geführt haben, was dem Einsetzen kartesischer, quantifizierender Methoden vorausgeht. Die Schnittstelle führt ihn zu der Beziehung zwischen Philosophie und Kybernetik. Er übernimmt den Begriff der phänomenologischen Beschreibung für diese verstehende Phase und macht aber sogleich deutlich, dass hier die kartesischen Forderungen als Leitlinie dienen können. Die Beachtung der Grundsätze der Vorurteilsfreiheit, der Zerlegung eines Zusammenhangs in seine Elemente, den Prinzipien, vom Leichten zum Schweren fortzuschreiten, und die Vollständigkeit schaffen die Voraussetzungen für die Kalkülisierung. Die Vorstellungen R. Descartes' sind maßgebend für H. Franks Verständnis einer exakten Wissenschaft.<sup>50</sup> Seiner Meinung nach ist die Anwendung der kartesischen Methode nicht nur das Kennzeichen der „modernen (d. h. nachgalileischen) Naturwissenschaft“, sondern auch für die Kybernetik und die Anwendung auf die Gegenstände der Humanwissenschaften.<sup>51</sup>

---

<sup>50</sup> Descartes, R.: Discourse de la methode. 1990. S. 33. Zu den „Hauptregeln der Methode“ führt R. Descartes aus: „... ebenso glaubte ich statt jener großen Anzahl von Vorschriften, aus denen die Logik besteht, an den vier folgenden genug zu haben, vorausgesetzt, ich fasste den festen und unabänderlichen Entschluss, sie nicht ein einziges Mal zu übertreten.“ Im einzelnen lauten die Forderungen:

„Übereilungen und Vorurteile sorgfältig zu vermeiden.“

„Jedes Problem ... in so viele Teile zu teilen, wie es angeht und wie es nötig ist, um es leichter zu lösen.“

„Mit den einfachsten und am leichtesten zu durchschauenden Dingen zu beginnen, um so nach und nach, gleichsam über Stufen, bis zur Erkenntnis der zusammengesetztesten aufzusteigen, ja selbst in Dinge Ordnung zu bringen, die natürlicherweise nicht aufeinander folgen.“

„Die letzte, überall so vollständige Aufzählungen und so allgemeine Übersichten aufzustellen, dass ich versichert bin, nicht zu vergessen.“

<sup>51</sup> Vgl. Frank, H. G.: Bildungskybernetik. 1996. S. 15f. Die messende und nach mathematischen Gesetzen forschende Naturwissenschaft stellt sein Leitbild dar, das er auf die Humanwissenschaften übertragen möchte. Dieses Projekt erfährt von Seiten der Geisteswissenschaft Kritik.

Vgl. auch Schmid, W. F.: Mutmaßungen über ein Ereignis, das noch nicht stattgefunden hat: die Kybernetische Pädagogik in Deutschland. In: Europäische Kommunikationskybernetik. Lobin, G. [u. a.] (Hrsg.). 1998. S. 85- 90. S. zieht eine Bilanz über das Projekt H. Franks. Er benutzt, um den Erfolg dieses Projekts zu beschreiben, Begriffe aus der Wirtschaftssprache. Sein Resümee lautet, dass der Vertrieb nicht gestimmt habe, um seiner Vorgehensweise mehr Verbreitung und Anerkennung zu verschaffen.

Durch diesen Bezug auf die Anforderungen R. Descartes' legt H. Frank den Zweck der phänomenologischen Phase als vorwissenschaftlichen Arbeitsschritt fest: „Soll eine phänomenologische Analyse der Kalkülisierung dienen, dann wird sie sich zweckmäßig von den vier kartesischen Methoden leiten lassen.“<sup>52</sup> Dem vorurteilslosen Schauen und Beschreiben werden die kartesischen Hauptregeln als Leitlinie gegeben. Die verstehende Phase dient in diesem Modell der Beschreibung, Begriffsentwicklung und Vorbereitung für die Empirie.<sup>53</sup> Exakte Wissenschaft im kartesischen Sinne setzt dann erst auf der zweiten Stufe nach H. Frank mit der Entwicklung eines Algorithmus oder eines Kalküls ein. Der Kybernetiker verabschiedet sich, um das Bild aus Kapitel 1.3 aufzugreifen, vom Philosophen und wendet sich dem Naturwissenschaftler zu.

#### **1.4.2 Kalkül**

Der Naturwissenschaftler, der jetzt den Kybernetiker begleitet, wendet quantifizierende Methoden an und rechnet. Seine Vorgehensweise führt zur Entwicklung von Kalkülen. Sie stellen als Formeln die Regeln, Funktionen oder Gesetze dar, die z. B. aus einer Datenmenge abgeleitet worden sind. Im Sinne von H. Frank sind sie mathematisch formuliert, weil es seiner Meinung nach nur auf diese Art und Weise gelingen kann, die engen Grenzen des menschlichen Bewusstseins zu erweitern. Dabei ist nicht der Umstand der Übertragung in ein anderes Zeichensystem maßgebend, „sondern dass dadurch eine Vereinfachung des bewusst zu Verarbeitenden, also eine Informationsverringerng, auftritt, ohne welche wir wegen der Enge unseres Bewusstseins das

---

<sup>52</sup> Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 1969. S. 29

<sup>53</sup> Pietschmann, H.: Phänomenologie der Naturwissenschaften. 1996. S. 193. P. bindet die Phänomenologie in den Gang naturwissenschaftlichen Erkennens fest ein. Er entwickelt dazu ein fünfstufiges Phasenmodell, das mit der Feststellung eines Widerspruchs zwischen bereits Erforschtem und neuen Phänomenen einsetzt. Es geht ihm darum, darzustellen, ob es das neue Phänomen wert ist, genauer erforscht zu werden. Es wird eingeordnet in das bestehende System des Wissens. Erst nach dieser Überprüfung kann das Phänomen auf den Prüfstand gelangen, den P. als „phänomenologische Analyse“ beschreibt.

komplexe Problem gar nicht bewältigen können.”<sup>54</sup> Eine empirische Datenmenge kann z. B. durch eine Funktion re-präsentiert und komprimiert werden. Die Kalkülisierung, d. h. die Über-führung von Zusammenhängen in mathematische Ausdrücke, führt H. Frank als ein wesentliches Kennzeichen der Kybernetik an.

Damit ist der Prozess der Superierung verbunden, der den ökonomischen Umgang mit Information ermöglicht. Beim Superieren werden Zeichen verwendet, um eine Repräsentation auf einer neuen Ebene aus einer Vielzahl von Informationen zu erzeugen. Das Kalkül repräsentiert im Frankschen Sinne als mathematisches Zeichen eine Vielzahl empirischer Daten. Der Prozess der Superzeichenbildung schafft eine „höhere Ordnung.“<sup>55</sup> Die Summe aller Zeichen auf einer solchen höheren Ebene wird als „Superzeichenrepertoire“<sup>56</sup> bezeichnet. Superierung ermöglicht sowohl das Binden und Verdichten von Zeichen zu Superzeichen als auch das Auflösen in Zeichen einer niederen Ordnung.<sup>57</sup> Beide Wege stehen einem Empfänger von Nachrichten zur Verfügung. Superierungsprozesse finden dann Anwendung, wenn es

---

<sup>54</sup> Ebd. S. 33f

<sup>55</sup> Klaus, G. und Liebscher, H.: Wörterbuch der Kybernetik. 1976. S. 919. „Auf die Bildung von Zeichenreihen gründet sich ein für die höheren geistigen Leistungen des Menschen außerordentlich wichtiger Abstraktionsvorgang, die sog. Superierung (Superzeichenbildung). Man versteht darunter die Konstituierung eines Zeichens ‚höherer Ordnung‘ (eines Superzeichens).“

<sup>56</sup> Weltner, K.: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft. 1970. S. 27

<sup>57</sup> Vgl. Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 1996. Bd. 1. S. 45. F. unterscheidet zwei Arten der Superzeichenbildung: die Superierung durch Geflechtbildung (Komplexbildung) und die Superierung durch Klassenbildung (Invariantenbildung). Informationen lassen sich durch Komplexbildung reduzieren. Der Begriff „Schiff“ steht z. B. für ein System, das aus einer Vielzahl verschiedener Elemente besteht. Ihre Gemeinsamkeit besteht allein darin, dass sie auf einem Schiff verwendet werden. Es handelt sich dabei um die Ruder, den Rumpf, die Takelage, die Besatzung und die navigatorischen Hilfsmittel. Davon ist die Superierung durch Klassenbildung zu unterscheiden, bei der der Zusammenhang zwischen den einzelnen Elementen durch gemeinsame Merkmale gebildet wird. Im Unterschied zum komplexbildenden Superieren ist die Beziehung dieser Elemente unabhängig vom System. Sie zählen aufgrund ihrer Merkmale zu einer Gruppe. Es sind Schiffe z. B. Fahrzeuge, die sich auf dem Wasser bewegen. Dazu zählen Ausflugschiffe, Frachter und Fischereifahrzeuge. Beim klassenbildenden Superieren geht es um die Bildung hierarchische Strukturen durch gemeinsame Merkmale. Beide Möglichkeiten beschreiben grundlegende Mechanismen der Nachrichtenverarbeitung. Der Begriff Superzeichen steht für eine Informations-reduktion. Superieren ist ein Mittel der Komplexitätsbewältigung.

um die Formulierung mathematische Kalküle geht. Dass die Formulierung von Kalkülen im Zeichensystem der Mathematik nur einen Weg darstellt, zeigt z. B. W. F. Schmid. Er hat ein Zeichensystem entwickelt, um Denken in „Denkkalküle“ zu überführen. Mathematische Formeln stellen einen möglichen Weg zur Formulierung von Kalkülen dar.

Mit der Entwicklung von Kalkülen in der zweiten Phase kybernetischen Abbildens werden Grundlagen geschaffen, die der Algorithmierung und der späteren Modellierung oder auch Simulation dienen. „Wenn es gelingt, Kalküle zu formulieren, dann ist die Konstruktion von verschiedenen kybernetischen oder auch nachrichtenverarbeitenden Maschinen möglich, die die gleichen Ergebnisse hervorbringen.“<sup>58</sup> Kalküle dienen dazu die Modellparameter festzulegen, die dann im Modell oder in einem technischen Zusammenhang die Parameter bilden helfen, auf denen das Systemverhalten beruht.<sup>59</sup>

Der kybernetische Verfahrensweg nach H. Frank beginnt mit Gemeinsamkeiten zur Philosophie. Beide teilen den Gegenstand und das Verfahren als Vorstufe zur Kalkülisierung. Kalküle bilden die Grundlage für eine technische Umsetzung, d. h. die Objektivierung geistiger Arbeit.

### 1.4.3 Algorithmus

Wenn es darum geht, Prozesse abzubilden und darzustellen, kann

---

<sup>58</sup> Ebd. S. 38

<sup>59</sup> Frank, H. G.: Bildungskybernetik. 1969. S. 59. „Zum Methodenansatz der Kybernetik ... gehört über das Analysieren und das Modellieren (d. h. die theoretische Rekonstruktion) hinaus die Messung. Die Analyse zerlegt den Gegenstand in messbare Komponenten, aus denen das Modell aufgebaut wird. Die Messung dient der Festlegung von Modellparametern, ermöglicht also, mit dem Modell mathematische Kalküle für Voraussagen und Verfahrensvorschriften zu entwickeln, statt nur zur Einsicht in die Erscheinung (zu ihrem Verstehen) zu gelangen.“

man sich der Algorithmierung bedienen. Ein Algorithmus ist eine eindeutige Abfolge von Bearbeitungsschritten, die zu einem wiederholbaren Ergebnis führen.<sup>60</sup>

Ursprünglich stammt der Begriff „Algorithmus“ aus dem Bereich der Mathematik. H. Zemanek führt ihn auf den usbekischen Mathematiker Al Chorezmi ( 783- 850) zurück.<sup>61</sup> Trotz des mathematischen Ursprungs weist L. N. Landa darauf hin, dass sich der heutige Begriff „Algorithmus“ vom historischen dadurch unterscheidet, dass er nicht mehr allein dazu verwendet wird, intellektuelle, sondern auch praktische Tätigkeiten zu beschreiben. Es geht um die allgemeine Organisation von Handeln jedweder Art.<sup>62</sup> Mittlerweile spielen Algorithmen überall dort eine Rolle, wo nachrichtenverarbeitende Systeme eingesetzt werden. Sie bilden die Grundlage für jede Objektivierung geistiger Arbeit.

Algorithmen erzeugen nichts Neues. Sie dienen der Optimierung von wiederholbaren Prozessen. Algorithmen können entwickelt werden, sobald Erfahrungen und Ideen vorliegen, wie eine Tätigkeit zu organisieren ist, um einen Zielzustand zu erreichen. Am Anfang werden durch Versuch-und-Irrtum-Verhalten erste Erfahrungen gesammelt. Die Schritte, die zum Erfolg geführt haben, können als Bausteine für den Algorithmus aufgenommen werden. Auf diese Art und Weise kann sich ein zunehmend verfeinerndes System von Bearbeitungsschritten und damit verbundenen Zielen entwickeln. Algorithmen können überall dort eingesetzt werden, wo sich Tätigkeiten in Schritte zerlegen lassen. Algorithmen sind starr und eindeutig. Sie treten in verschiedenen kybernetischen Systemen, in organischen, gesellschaftlichen und maschi-

---

<sup>60</sup> Schmid, W. F.: Basis instinct. 1994. S. 28f. „Unter Algorithmus versteht man die eindeutige Abfolge von Regeln zur Organisation einer ganz bestimmten Handlung, wobei nach Anwendung einer jeden Regel stets eindeutig feststeht, welche Regeln aufgrund des (Zwischen-)Ergebnisses als nächste anzuwenden sind oder ob die Handlungsorganisation abzubrechen ist. Ein Algorithmus dient zur Lösung einer Klasse von Aufgaben, repräsentiert also gleichsam eine allgemeine Operation.“

<sup>61</sup> Zemanek, H.: Das geistige Umfeld der Informationstechnik. 1992, S. 52

<sup>62</sup> Vgl. Landa, L. N.: Algorithmierung von Unterricht. 1969. S. 21f. L. löst den Begriff von der Mathematik und überträgt ihn auf die menschliche Handlungsorganisation und das Phänomen Unterricht.

nellen Systemen auf. Ihr wesentliches Kennzeichen besteht in der kontinuierlichen und diskreten Abfolge einzelner, unterscheidbarer Prozessschritte, die zu einem bestimmten Ziel führen.

Algorithmen sind sprachliche Gebilde, wobei der Begriff der Sprache weit gefasst werden muss. Sie sind weniger Aussagen im Sinne der Aussagenlogik. Sie haben vielmehr den Charakter von Anweisungen oder Befehlen. Die einzelnen Anweisungen werden in Form eines Zeichensystems hinterlegt. Die Formulierung erfolgt sprachgebunden. Jeder Algorithmus besteht aus einer Folge von Umformungen bzw. solche Regeln ausdrückenden „Operatoren“, durch deren aufeinanderfolgende Anwendung bestimmte Objekte umgewandelt werden, bis ein definierter Zielzustand erreicht ist. Provokant formuliert, lässt sich jeder algorithmisch beschreibbare Prozess von einem Automaten bearbeiten.

#### **1.4.4 Objektivation oder Simulation**

Auf dem Spaziergang ist es jetzt auch für den Naturwissenschaftler an der Zeit, sich zu verabschieden. Der neue Begleiter ist schon da. Es handelt sich um einen Techniker. Gemeinsam geht es jetzt darum, die Ergebnisse der analytischen Phase, d. h. die Kalküle und Algorithmen in technische Modelle oder auch Simulationen zu überführen.

An dieser Stelle werden Gemeinsamkeiten zwischen den Gedanken H. Schmidts, der die technische Umsetzung menschlichen Denkens beschreibt und dem kybernetischen Vorgehen im Sinne H. Franks deutlich. Die Funktionen, die in einem Kalkül komprimiert sind, werden durch die Simulation wieder lebendig.

Als universelles Werkzeug für die Modellierung und Simulation hat sich der Computer erwiesen. Die technische Umsetzung menschlicher Nachrichtenverarbeitung erfolgt mit den Werkzeugen der nachrichtenverarbeitenden Technik, d. h. der Informatik.

Mit der Simulation wird der Einfluss des Kybernetikers ausgeschaltet und der Funktionsnachweis erbracht. Das funktionierende System tritt als technisches System auf und erweist sich damit als unabhängig von seinem Entwickler. Geistige Tätigkeit wird auf diese Weise objektiviert. Einerseits wird der kybernetische Prozess dadurch abgeschlossen, aber andererseits kann dieses erzeugte Objekt wiederum zum Gegenstand eines neuen Forschungsprozesses werden.

### 1.4.5 Der kybernetische Abbildungsweg

Graphisch stellt sich der Weg mit den drei Begleitern in den drei Phasen wie folgt dar:

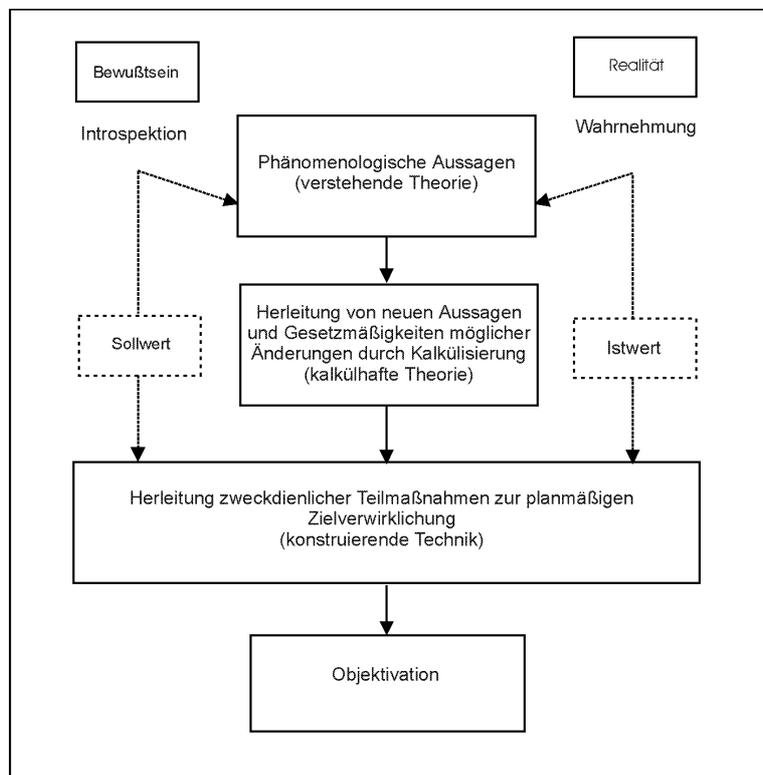


Bild 1.4: Der Weg zur Objektivierung<sup>63</sup>

Das Bild zeigt den Übergang von der Phänomenologie über das Kalkül zur konstruierenden Technik und damit zur Objektivierung. „Die phänomenologische Vorgehensweise stützt sich auf zwei Erkenntnisquellen:

<sup>63</sup> Erstellt nach Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 1969. Bd.1. S. 35

auf die Realität, insoweit sie uns im Akte der Wahrnehmung (äußere Anschauung) Informationen liefert, und auf das Bewusstsein des Erkennenden selbst, insofern seine Inhalte und Gesetze, denen sie unterworfen sind, sich im Akte der Selbstbeobachtung ... enthüllen."<sup>64</sup> Über das Kalkül wird dann eine Konstruktion und damit eine Objektivierung möglich. Der strukturierende Einfluss der Bewusstseinsorganisation drückt sich in der Führungsgröße „Sollwert“ aus, und der Gegenstand der Beobachtung stellt den „Istwert“ dar.

G. Klaus beschreibt die in der Graphik benannten drei Phasen als „drei Arten der Beschreibung der Außenwelt“<sup>65</sup> oder auch Realität. Er unterscheidet in: „Die verbale Beschreibung (Wortkonstruktion), die logisch-mathematische Beschreibung (Formeln) und die Erstellung eines Funktionsmodells.“<sup>66</sup>

Verbindet man diese Aussage mit den Phasen nach H. Frank, wird deutlich, dass in jeder Phase unterschiedliche Abbildungsmittel angewendet werden. Ein Gedanke, der im Funktionsmodell nicht abgebildet ist, lautet, dass die Objektivierung die Realität beeinflussen kann. Die technischen Ergebnisse dieser Arbeit können die Welt verändern, wie das Beispiel der Informationstechnologie zeigt. Auch sie rückt wiederum als Gegenstand in das Blickfeld kybernetischen Fragens, das mit der phänomenologischen Untersuchung einsetzt.<sup>67</sup>

Zwar wird mit der Objektivierung der kybernetische Abbildungsweg, an dessen Anfang eine Frage stand, abgeschlossen. Gleichzeitig ergeben sich aus der Verwendung einer Technik wiederum Folgen und damit neue Fragen. Der kybernetische Prozess kann an dieser Stelle erneut

---

<sup>64</sup> Ebd. Bd. 1. S. 34

<sup>65</sup> Klaus, G.: Kybernetik und Erkenntnistheorie. S. 397

<sup>66</sup> Ebd. S. 397

<sup>67</sup> Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 1969. Bd. 1. S. 36. „Auch die Erzeugnisse der konstruierenden Technik ... müssen im täglichen Leben, aber auch in der philosophischen Reflexion auf ihren ‚Sinn‘ ebenso phänomenologisch erfasst werden.“

einsetzen, indem diese durch die Technik veränderte Situation zum Gegenstand einer phänomenologischen Beschreibung wird. Die Abbildung von Zusammenhängen und deren Modellierung lösen gleichzeitig neue Fragen aus.

Die dabei verwendeten Abbildungsmittel führen immer wieder auf den Modellbegriff zurück, der in der Kybernetik eine besondere Rolle spielt.

### **1.5 Modell**

Um die Merkmale eines Modells zu entwickeln, dient noch einmal das Beispiel des Steuermanns: Ein angehender Steuermann hat sich mit der Schiffsorganisation in der Antike befasst. Sie gibt ihm das Vorbild, oder auch das Original, mit dem sich der Fragende auseinandersetzt. Er hat die Abläufe an Bord zunächst beobachtet und dann beschrieben. Dadurch hat er die notwendigen Begriffe entwickeln können, um die untersuchten Zusammenhänge in einen Algorithmus in Form eines Regelkreises zu überführen. Das Ziel seiner Arbeit besteht darin, Unterrichtsmittel für die Ausbildung an einer Seefahrtsschule zu erstellen.

Der Beobachter entwickelt durch diese Vorgehensschritte ein Modell aus dem Vorbild der antiken Schiffsorganisation. Er überführt Beobachtungen in Sprache und schließlich in eine graphisch-sprachliche Darstellungsform des Regelkreises. Modelle sind Abbildungen.

Er beschränkt sich dabei auf den Ausschnitt der Steuermannsfunktion, oder auch der „Kybernètes-Instanz“. Diese Einschränkung entbindet den Beobachter jedoch nicht von der Pflicht, sich umfassend über die Zusammenhänge zu informieren.<sup>68</sup> Aus dem gesamten Bordleben fällt damit eine Vielzahl von Prozessen aus der Betrachtung heraus, wie z.

---

<sup>68</sup> Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. 1973. S. 132. „Zu wissen, dass nicht alle Originalattribute von dem zugehörigen Modell erfasst werden, zum anderen, welche der Originalattribute vom Modell erfasst werden, setzt die Kenntnis aller Attribute sowohl des Originals wie die des Modells voraus.“

B. Segelsetzen, Positionsbestimmung, Trimm, Bordroutinen, Schiffspflege. Mit der Konzentration auf einen Ausschnitt findet eine Auswahl, eine Reduktion statt. In diesem Ausschnitt aus dem Bordleben werden Attribute ausgewählt, die von einem Beobachter als relevant und wichtig angesehen werden.<sup>69</sup>

Wenn aus den beobachteten Prozessen ein Modell entwickelt wird, hat es ein Verfallsdatum. Die Einführung von Neuerungen in der Schiffsführung kann es schnell veralten lassen. Die Ursachen können in der Welt des Originals liegen, aber auch durch das Modell verursacht sein. Wenn der Regelkreis zum Gegenstand eines Unterrichts an einer Seefahrtsschule gemacht wird, könnten Veränderungen in der Schiffsorganisation als notwendig erkannt und eingeführt werden. In diesem Fall hätte das Modell sein Verfallsdatum erreicht.

Warum sollten sich aber erfahrene Seeleute auf dieses Modell einlassen? Modelle machen die Zeit veränderbar. Wenn eine Situation an Bord in sehr kurzer Zeit verläuft, kann durch das Modell in einem Lehrsaal der Prozess beliebig gestreckt oder beschleunigt werden. Außerdem erhöht sich Anschaulichkeit und die Zugänglichkeit durch das Herausstellen bestimmter, ausgewählter Funktionen und Abläufe. In diesem Fall könnte den Seefahrern deutlich werden, dass die Befehls- und Meldesprache zu verfeinern ist, um Eindeutigkeit im Zusammenspiel verschiedener Besatzungsmitglieder in ihren Rollen zu erzeugen. Dabei können auch Kosten eine Rolle spielen. Die Arbeit am Modell erspart möglicherweise viele Versuchsstunden auf See. Je nach Art des Modells sind die Ergebnisse beliebig oft reproduzierbar.

Die Merkmale der Modellmethode, die in diesem Beispiel verdeutlicht werden sollten, heißen zusammengefasst:

---

<sup>69</sup> Ebd. S. 132.

- Modelle sind Modelle von etwas. Sie haben ein Vorbild oder ein Original, von dem durch Beobachtung die entsprechenden Attribute abgeleitet werden.
- Modelle dienen einem Zweck.
- Modelle sind nie vollständige Abbilder, sondern stellen nur einen Ausschnitt dar.
- Modelle haben ein Verfallsdatum. Ihre Gültigkeit hängt unmittelbar von den Veränderungen im Vorbild ab.
- Modelle ermöglichen die Variation der Zeit.
- Modelle sind ein Mittel der Veranschaulichung.
- Modelle liefern reproduzierbare Ergebnisse.
- Modelle helfen, Kosten zu sparen.

Kurz: „Eine pragmatische vollständige Bestimmung des Modellbegriffs hat nicht nur die Frage zu berücksichtigen, wovon etwas Modell ist, sondern auch, für wen, wann und wozu bezüglich seiner je spezifischen Funktion es ein Modell ist.“<sup>70</sup>

Die Anwendung der Modellmethode hebt die Kybernetik nicht von anderen Wissenschaften als Unterscheidungsmerkmal ab.<sup>71</sup> Abbildungen sind im Spiel, sobald in der menschlichen Nachrichtenverarbeitung aus einem Beobachten ein Wahrnehmen wird. Vertreter des Konstruktivismus gehen mit der Behauptung, dass unser Bild (Wirklichkeit) der äußeren, uns umgebenden Welt (Realität) ein Modell ist, noch einen

---

<sup>70</sup> Ebd. S. 132f

<sup>71</sup> Frank, H. G.: Kybernetik und Philosophie. 1974. Bd. 5. S. 311. „Jede Wissenschaft stellt ein begriffliches Modell ihres Gegenstandsbereiches dar.“

Schritt weiter.<sup>72</sup> Die Wirklichkeit wird dadurch zu einem Konstrukt. Damit ist jedes Abbilden und der Umgang mit Modellen ein natürlicher und alltäglicher Vorgang.<sup>73</sup>

Bis hierher ist nicht einzusehen, weshalb die Modellmethode in der Kybernetik eine besondere Rolle spielt. Die Besonderheit ergibt sich aus dem Untersuchungsgegenstand der informationellen Prozesse, denn die Anwendung der Modellmethode selbst ist ein informationeller Prozess. Nicht nur die Prozesse auf dem Schiff, die der Modellentwickler untersucht, sind Gegenstand der Kybernetik. Der Anwender selbst in seinem Denken und in dem Gebrauch seiner Werkzeuge ist wiederum ein Gegenstand der Kybernetik. Diese Sichtweise verdeutlicht die besondere Bedeutung der Modellmethode in der Kybernetik.

Die Kybernetik hebt sich von anderen wissenschaftlichen Disziplinen im Hinblick auf das Modell deshalb ab, weil die jeweilige Modellmethode zum Gegenstand der Forschung selbst wird. Modellmethoden können Verfahren zur Abbildung informationeller Zusammenhänge sein. Damit zählen sie zu den Gegenständen der Kybernetik. Die Anwendung der Modellmethode ermöglicht deshalb Aussagen über den zu modellierenden Realitätsausschnitt und über den Weg, den der Untersuchende durch die Anwendung der Modellmethode genommen hat.<sup>74</sup>

---

<sup>72</sup> Vgl. Roth, G.: Das Gehirn und seine Wirklichkeit. 1994. S. 288. R. unterscheidet in Wirklichkeit als Modell und der Realität der äußeren Welt. Ich schließe mich seiner Unterscheidung an, um im folgenden die Unterschiede hervorheben zu können.

<sup>73</sup> Vgl. Kahrmann, K.-O.: Organisation ästhetischer Prozesse. 1978. S. 61ff. K. gibt einen komprimierten Überblick zum Modellbegriff. Er hebt zu Beginn des Abschnittes hervor, dass die Anwendung der Modellmethode Bestandteil des menschlichen Alltags ist.

<sup>74</sup> Frank, H. G.: Kybernetik und Philosophie. 1974. Bd. 5. S. 311. „Nun aber ist das Fortschreiten der Erkenntnis selbst ein informationeller Prozess, also ein Gegenstand der Kybernetik. Das bedeutet: für die Kybernetik sind Modelle nicht nur Ausdrucksmittel und Hilfsmittel der Forschung, sondern sie erscheinen zugleich als Gegenstandsbereich dieser Forschung.“

## **1.6. Zusammenfassung**

Die Einführung in die kybernetischen Begriffe hat deutlich gemacht, dass informationelle Gegenstände im Mittelpunkt stehen. Es geht um die Prozesse der Nachrichtengewinnung, Nachrichtenspeicherung und Nachrichtenübermittlung. Weil sie die Grundlage jeder menschlichen Handlungsorganisation bilden, wie z. B. der Abbildungsprozesse, stehen sie aus kybernetischer Sicht immer in einem zweifachen Interesse: was wird abgebildet und welche Prozesse laufen dabei ab? Es verwundert deshalb nicht, dass H. Frank dem Abbildungsweg in diesem wissenschaftlichen Bereich, der sich durch Selbstreflexion auszeichnet, weil er sich selbst zum Gegenstand der Untersuchung machen kann, besondere Aufmerksamkeit schenkt. Die Mittel der Philosophie, Naturwissenschaft und der Technik kommen zur Anwendung, um informationelle Gegenstände oder Prozesse abzubilden. Der Versuch, Objektivität durch Objektivierung zu erreichen, zeichnet die Kybernetik aus. Ein Modell löst sich durch die Objektivierung und die technische Umsetzung endgültig vom Subjekt.

Diese Argumentation wird in den anschließenden Kapiteln im umgekehrter Reihenfolge besprochen. Es wird im nächsten Kapitel der Abbildungsweg aus der Softwareentwicklung beschrieben und angewendet.

## 2. Objektorientierung – Paradigmenwechsel in der Informatik

Kybernetik als Brücke zwischen den Wissenschaften verbindet Philosophie und Geisteswissenschaft auf der einen, mit technischen Disziplinen wie der „Informatik“<sup>1</sup> mit dem Teilgebiet der Softwareentwicklung auf der anderen Seite. Die Veränderungen auf dieser Seite der virtuellen Brücke stehen im Mittelpunkt dieses Abschnitts. H. Frank weist der Informatik als Technik der Nachrichtenverarbeitung in seiner kybernetischen Vorgehensweise die Rolle der Objektivierung menschlichen Denkens zu. Dass diese Rolle aus heutiger Sicht zu eng angelegt ist, zeigen Softwareentwickler, die besondere Abbildungsmittel einsetzen, um komplexe Zusammenhänge in ein Modell und schließlich in ein funktionierendes Programm zu überführen. Ihr Werkzeug „Objekt“ steht im Mittelpunkt dieses Kapitels. Softwareentwickler befassen sich nicht mehr allein mit den technischen Aspekten ihres Arbeitsgebietes, sondern haben den Weg über die kybernetische Brücke genutzt und sich den Prozessen menschlicher Nachrichtenverarbeitung zugewendet. Das Motiv für diese Umorientierung liegt in den Grenzen, die ihre Arbeit einschränken.

### 2.1 Softwarekrise

Die besondere Bedeutung von Abbildungen als Grundlage für die Softwareentwicklung wird in den 60er Jahren deutlich. Programm-entwickler erfahren Grenzen. Sie überschreiten ihre Budgets, sie halten ihre Termine nicht, und ihre Programme werden von den Kunden als

---

<sup>1</sup> Aho, A. V. und Ullmann, J. D.: Informatik. 1996. S. 19. Informatik ist die „Wissenschaft der *Abstraktion* – das richtige Modell für ein Problem zu entwerfen und angemessene mechanisierbare Technik zu ersinnen, um es zu lösen“. Die Autoren schließen die Modellbildung in ihre Definition ein. Sie machen damit deutlich, dass Informatik mehr ist als eine technische Disziplin.

unzuverlässig eingeschätzt.<sup>2</sup> Diese Merkmale werden dem Schlagwort „Softwarekrise“<sup>3</sup> zusammengefaßt. Die Mängel in den Bereichen Organisation, Abbildungsmethoden, Abbildungsmittel und Technik werden deutlich. Dabei wird der Begriff der Komplexitätszunahme verwendet, um den raschen technischen Wandel und die sich ständig erweiternden Anforderungen an Programme zu beschreiben.

Die Ursachen für die zunehmende Komplexität liegen zum einen in den Aufträgen und den damit verbundenen Anforderungen, die Programme zu erfüllen haben. Andererseits sind die Programme und die damit verbundenen technischen Möglichkeiten selbst eine Ursache zunehmender Komplexität. M. Lehmann und L. Belady haben dieses Phänomen der Softwareentwicklung untersucht. Dabei sind sie auf zwei Gesetze gestoßen. Software ist einem stetigen Wandel unterworfen, weil eine Faszination von den Möglichkeiten dieser Technologie ausgeht, die Entwickler in ihrer Arbeit immer wieder aufs neue voran treibt.<sup>4</sup> Ihr zweites Gesetz lautet, dass die Programme selbst in der Gefahr sind, ihrer eigenen, steigenden Komplexität durch Erweiterungen

---

<sup>2</sup> Vgl. Cox, B. J.: Object-Orientated Programming. 1986. S. 3. Die Symptome der Softwarekrise lauten: „Überschreiten der Budgetgrenzen, Nichteinhaltung von Terminen, Unberechenbarkeit, geringe Qualität, Löschungen von Daten und negative Urteile über die Hersteller. (Übers. d. Verf.)

<sup>3</sup> Vgl. Pagel, B.: Software Engineering: Die Phasen der Software-Entwicklung. 1994. S. 19. „In der ersten Hälfte der 60er Jahre zeichnete sich bei der Softwareherstellung eine Situation ab, die 1965 zum Begriff der Softwarekrise führte: Programme taten nicht das, was sie sollten, oder taten das, was sie sollten, fehlerhaft. Software kostete, wenn sie überhaupt fertig wurde, ein Vielfaches dessen, was geplant war.“ Es entsteht ein hoher Veränderungsdruck.

<sup>4</sup> Vgl. Lehmann, M. M. und Belady, L. A.: Programm Evolution. 1985. S. 143f. „Software unterliegt nicht dem physikalischen Verfall wie die Hardware. Die Ursachen für die ständigen Veränderungen liegen in der Faszination, die von Computersystemen ausgeht, der mit ihnen verbundenen Flexibilität, den sich entwickelnden Möglichkeiten der Softwareentwicklung, der Möglichkeiten zur Fehleranalyse und -beseitigung, dem Druck, die neuen Programme bis an die Grenzen ausnutzen zu wollen, dem Mut der Entwickler, der ständigen Anpassung an das technisch Mögliche, um auf der Höhe der Zeit zu bleiben, dem Ehrgeiz, der Leidenschaft und Chancen.“ (Übers. d. Verf.) Diese Entwicklung wird ihrer Meinung nach nie enden.

und Anpassungen zu erliegen, obwohl die „Benutzerillusion“<sup>5</sup> einem Anwender das Gegenteil vortäuscht. Dem Anwachsen des Umfangs und der Komplexität der Programme setzt die Hardwareentwicklung keine Grenzen.<sup>6</sup> Die Ursachen für die steten Veränderungen und Anpassungen liegen in den eingeführten Systemen selbst. Sie verändern das Umfeld, in dem sie eingesetzt werden, und wecken neue Wünsche sowohl der Anwender wie der Auftraggeber.

Um der zunehmenden Komplexität Herr zu werden, richtet sich das Interesse auf drei miteinander verwobene Bereiche. Es geht um die Organisation von Projekten, die dabei verwendeten Abbildungsmittel und die Bedingungen, unter denen sich menschliche Nachrichtenverarbeitung vollzieht.

1. Jeder Softwareentwicklungsprozeß hat einen Ressourcenrahmen. Es geht dabei um die Faktoren Personal, Zeit und Ausstattung. Eine Maßnahme, um den Folgen der zunehmenden Komplexität mit organisatorischen Maßnahmen zu begegnen, besteht in der Entwicklung des „Software-Engineerings“<sup>7</sup>, bei dem die Prozeßabläufe im Mittelpunkt stehen.

2. Die Abbildungsmittel, die im Rahmen eines Projekts angewendet werden, spielen gleichfalls eine zentrale Rolle für den Erfolg oder Miss-

---

<sup>5</sup> Der Begriff „Benutzerillusion“ steht für den Trugschluß des Anwenders, dass Programme, die einfach zu bedienen sind, auch einfache Strukturen aufweisen. Programmierer versuchen diesen Eindruck zu erwecken, um möglichst viele Anwender für ihr Produkt zu gewinnen.

<sup>6</sup> Vgl. Schader, M. und Rundshagen, M.: Objektorientierte Systemanalyse. 1994. S. 1. Die Autoren stellen fest, dass sowohl die Anforderungen wie auch die Kosten für Softwareprodukte erheblich zugenommen haben.

<sup>7</sup> Vgl. Boehm, B. W.: Software Engineering. In: IEEE Transactions on Computers 25, 1976, 12, S. 1226. „Software engineering: Die praktische Anwendung wissenschaftlicher Methoden auf das Design und die Konstruktion von Computerprogrammen und die damit verbundene Dokumentation, die für die Entwicklung, die Herstellung und die Wartung erforderlich ist.“ (Übers. d. Verf.)

Vgl. Pagel, B.: Software Engineering. S. 35. „Vor dem Hintergrund der Softwarekrise wurde der Begriff Software Engineering in den Jahren 1968/69 auf zwei Nato-Konferenzen zunächst als Schlagwort eingeführt.“ Damit verbunden waren die Ziele, Software von hoher Qualität kostengünstig innerhalb eines festen Budgetrahmens und innerhalb eines festgesetzten Zeitrahmens zu produzieren.

erfolg eines Softwareprojektes. Durch steigende Anforderungen der Aufträge nimmt die Komplexität, die von außen in das Projekt getragen wird, zu. H. A. Simon betont deshalb die Bedeutung der Modellentwicklung und der dabei verwendeten Mittel dadurch, dass er durch seine Vorlesungen eine „Wissenschaft vom Künstlichen“ begründen möchte, die sich dieser Fragen annimmt. Den Kern seiner Ausführungen bilden Grundsätze, die den Umgang mit komplexen Systemen im allgemeinen erleichtern können.<sup>8</sup> Er geht davon aus, dass sich die Systeme einer uns umgebenden Welt durch Redundanzen auszeichnen. Die Aufgabe der Modellentwickler besteht darin, diese Muster zu erkennen und zu nutzen, um ökonomisch mit Information umgehen zu können. Das Entdecken stellt nur den ersten Schritt dar, an den sich die Darstellung dieser Zusammenhänge anschließt. Vom Gelingen dieser Modellbildung ist der gesamte Abbildungsprozeß von der Idee bis zum Programm abhängig.<sup>9</sup>

3. Die Anforderungen an die Produkte scheinen kontinuierlich anzusteigen. Diese anwachsende Komplexität von Aufträgen und Softwareprodukten ist durch das nachrichtenverarbeitende System Mensch (kurz: NVS) zu bewältigen. Hier treten Probleme auf, die Gegenstand des vierten Kapitels sind. An dieser Stelle sei vorweggenommen, dass der Fähigkeit des nachrichtenverarbeitenden Systems Mensch enge Gren-

---

<sup>8</sup> Vgl. Simon, H. A.: Die Wissenschaft vom Künstlichen. 1994. S.146ff. Komplexe Systeme haben für S. eine hierarchische Struktur. Hierarchie oder hierarchisches System bezeichnet „ein System, das aus untereinander verbundenen Subsystemen zusammengesetzt [ist; d. Verf.]“. Der dabei angewandte Maßstab wird vom Untersuchenden bestimmt. Er legt fest, welche Hierarchieebene für sein System als „elementar“ gilt.

<sup>9</sup> Ebd. S. 171. „Wie komplex oder wie einfach eine Struktur ist, hängt entscheidend von der Art unserer Beschreibung ab. Die meisten in der Welt vorgefundenen komplexen Strukturen sind enorm redundant, und wir können diese Redundanz zur Vereinfachung ihrer Beschreibung nutzen. Aber um sie nutzen zu können, um eine Vereinfachung zu erreichen, müssen wir die richtige Repräsentation finden.“ Dabei geht es um die Beschreibung von den Prozessen, die bestimmte Systemzustände hervorrufen.

zen gesetzt sind, die G. Booch als „Dilemma“<sup>10</sup> und H. Frank als „Enge des Bewusstseins“<sup>11</sup> bezeichnet.

Diese Aufzählung macht deutlich, dass die Softwarekrise mehr ist als nur eine vorübergehende Erscheinung. Die Entwicklung schreitet, getrieben durch Faszination, technische Möglichkeiten und Kundenwünsche, rasch voran. Der Begriff markiert vielmehr einen Zeitpunkt des Umdenkens. Die Bewältigung der Softwarekrise wird als eine permanente Herausforderung begriffen, die es bei der Herstellung von Software jedes Mal aufs neue zu lösen gilt.<sup>12</sup>

Die Softwarekrise hat außerdem gezeigt, dass Lösungen für das Problem der Komplexitätsbewältigung im Bereich der menschlichen Nachrichtenverarbeitung zu finden sind. Die kognitiven Fähigkeiten des Menschen als Anwender, Entwickler und Auftraggeber setzen den Prozessen Grenzen.<sup>13</sup> Deshalb führt Softwareentwickler der Weg in die Psychologie bzw. über die kybernetische Brücke bis in die Geisteswissenschaften. Sie lösen einen Paradigmenwechsel in der Softwareentwicklung aus. Damit diese Veränderungen deutlich werden, steht aber zunächst das abgelöste Paradigma im Vordergrund.

## **2.2 Strukturierte Analyse und Design – das abgelöste Paradigma**

Eine Folge der Softwarekrise ist die Entwicklung des Software-Engineerings, das sich mit den einzelnen Phasen des Softwareentwicklungsprozesses befasst und damit Mittel zur organisatorischen Komplexitätsbewältigung zur Verfügung stellt. Dabei dient das „Was-

---

<sup>10</sup> Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. S. 32

<sup>11</sup> Frank, H. G.: Informationspsychologie. 1964. S. 248. F. beschreibt den menschlichen Kurzzeitspeicher im Rahmen eines informationstheoretischen Modells als Flaschenhals. Aus der Vielzahl sensorischer Daten wird nur eine geringe Zahl für die weitere Verarbeitung im menschlichen Bewußtsein ausgewählt.

<sup>12</sup> Vgl. Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design.1994. S. 23

<sup>13</sup> Vgl. Sommerville, I.: Software Engineering. S. 23. S. fordert, dass Elemente aus den Kognitionswissenschaften in den Lehrplan des Engineerings aufgenommen werden sollten.

serfallprinzip“<sup>14</sup> als Leitbild, um die Prozessfolge zu beschreiben. Alle Schritte, die in einem Entwicklungsprozess identifiziert worden sind, werden in diesem Modell seriell durchlaufen, wie die folgende Darstellung deutlich macht.

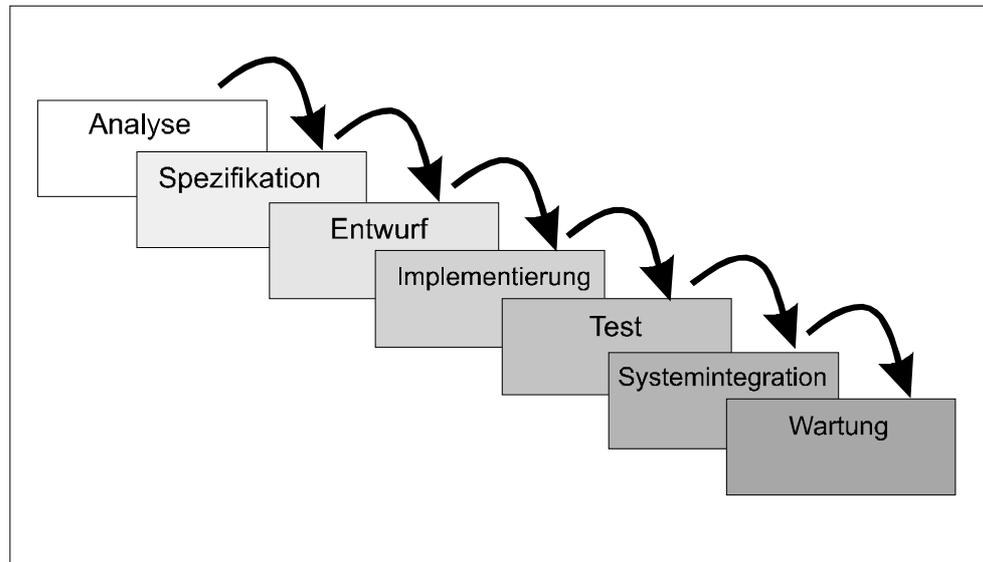


Bild 2.1: Softwarelebenszyklus oder Wasserfallmodell<sup>15</sup>

Die Wasserfallmetapher macht deutlich, dass es sich bei den einzelnen Schritten um abgeschlossene Phasen handelt, die nur einmal durchlaufen werden.<sup>16</sup> Nach Abschluß eines Bearbeitungsschrittes folgt der nächste, ohne dass Rückschritte in eine bereits durchlaufene Phase möglich sind. Weil die Prozessschritte von der Analyse über das Design bis hin zur Wartung reichen und damit die komplette Lebensdauer eines Programms von dem Auftrag bis zum Betrieb abdecken, wird die-

---

<sup>14</sup> Royce, W. W.: Managing the Development of Large Software Systems: Concepts and Techniques. In: Wescon Technical Papers Western Electronic Show and Conventions. S. A/1-2

<sup>15</sup> Erstellt nach Jacobsen, I.: Object-Oriented Software Engineering. 1998. S. 71

<sup>16</sup> Boehm, B. W.: Software Engineering. S. 1227. „Es schafft so vom Projektmanagement kontrollierbare Schnittstellen mit dokumentierbaren Zwischenergebnissen ... Konventionelle Phasen sind: Problemanalyse, Spezifikation der Anforderungen, Design, Implementierung ... Test, Systemintegration und Wartung.“ Es werden unterschiedliche Begriffe für die Bezeichnung der einzelnen Phasen verwendet. Das berührt aber nicht den seriellen Ablauf identifizierter Tätigkeiten.

ses Modell auch als „Software-Lebenszyklusmodell“ bezeichnet.

Um diese Makrostruktur der Softwareentwicklung lebendig zu machen, werden Vorgehensweisen eingesetzt, die mit den Begriffen „Strukturiertes Paradigma“<sup>17</sup> oder auch „Strukturierte Analyse/ Strukturiertes Design“<sup>18</sup> (kurz SA/SD) beschrieben werden. Mit der SA/SD ist die Idee verbunden, die zu modellierenden Prozesse als Datenfluss zu beschreiben. Daten werden erzeugt, verbraucht, gespeichert und als Material zwischen verarbeitenden Strukturen hin- und hergeschoben.<sup>19</sup> Datenflußorientierung ist ein wesentliches Merkmal der SA/SD.

Wendet man den Blick dann auf die Modellierungsmethoden, die mit SA/SD verbunden sind, wird deutlich, dass jede Phase eigene Repräsentationsformen besitzt.

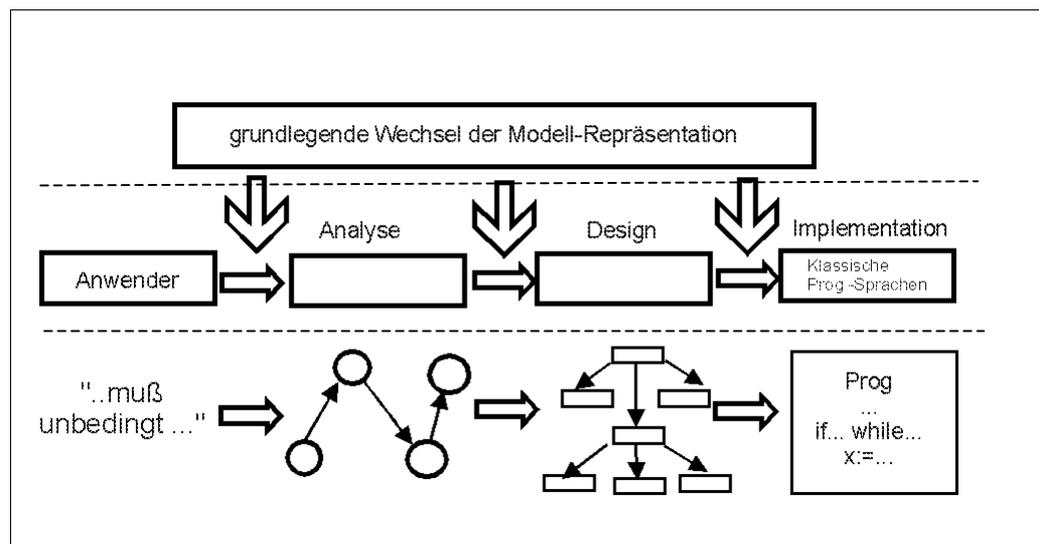


Bild 2.2: Modellrepräsentationen in SA/SD<sup>20</sup>

<sup>17</sup> Schach, S. R.: Classical and Object-Orientated Software Engineering. 1996. S. 268

<sup>18</sup> Stein, W.: Objektorientierte Analysemethoden. 1994. S. 18f

<sup>19</sup> Vgl. Neumann, H. A.: Objektorientierte Entwicklung von Software-Systemen. S. 9f. Datenflußorientierte Vorgehensweise „ist unter dem Namen *strukturierte Analyse (SA)* bekannt geworden“. Im Mittelpunkt stehen die Funktionen von datenerzeugenden und datenverbrauchenden Strukturen. Datenstrukturierte Vorgehensweise bezeichnet Neumann als eine Vorgehensweise, die sich auf dem Feld betriebswirtschaftlicher Zusammenhänge als Abbildungsverfahren etabliert hat. Es geht dabei um umfangreiche Manipulation großer Datenmengen, die in Zyklen erfolgt.

<sup>20</sup> Erstellt nach Raasch, J.: Systementwicklung mit strukturierten Methoden. S. 409

Die Grafik von J. Raasch ist in drei Ebenen zu unterteilen. Auf der obersten Ebene macht er den Zweck der Darstellung deutlich. Er möchte verdeutlichen, dass in dem Wasserfallmodell, dessen Phasen sich in der zweiten Ebene befinden, jeweils die Repräsentationsformen wechseln. Die senkrecht von oben nach unten gerichteten Pfeile weisen darauf hin. Die unterste und letzte Ebene macht deutlich, dass ein Anwender seine Forderungen in Form der Sprache formuliert. Dafür steht der Ausdruck „..... muss unbedingt“. In der Analysephase werden die ersten Abbildungen erzeugt, um die Systemanforderungen exakt zu definieren und damit die Grenzen für die Designphase festzulegen. Die Kreise repräsentieren die Darstellungsmittel in dieser Phase. Sie unterscheiden sich wiederum von denen in der Designphase. Deshalb stehen die Rechtecke für die dritte Darstellungsform, die in dem Abbildungsprozess verwendet wird. Diese Strukturen bilden schließlich die Grundlage für die Übersetzung in den Quellcode und die „Implementation“<sup>21</sup> des Programms. In vier Phasen der Softwareentwicklung werden vier verschiedene Darstellungsmittel eingesetzt. Die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen sind durch den Wechsel der Repräsentationsform scharf gegeneinander abgegrenzt. H. Neumann bezeichnet sie deshalb als „semantische Brüche“<sup>22</sup>, K. Quibeldey-Cirkel spricht von „Phasenbrüchen“<sup>23</sup>, die er für ein charakteristisches Merkmal dieser Vorgehensweise hält. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei diesen Übergängen Informationen verloren gehen, ist als hoch zu bewerten.

Darüber hinaus richtet J. Raasch seine Kritik auf die Art der Implementation. Er stellt fest, dass die SA/SD zu Redundanz führt. Der da-

---

<sup>21</sup> Eriksson, H. und Penker, M.: UML Toolkit. 1998. S. 284.

<sup>22</sup> Neumann, H. A.: Objektorientierte Entwicklung von Softwaresystemen. 1995. S. 12. „Eine Folge dieser Brüche sind zum einen Informationsverluste und die Gefahr von Missverständnissen bei Phasenübergängen, zum anderen die Notwendigkeit, eine Fülle unterschiedlichster Notationen und Diagramme für die einzelnen Phasen des Entwicklungsprozesses zu verstehen bzw. zu entwickeln.“

<sup>23</sup> Quibeldey-Cirkel, K.: Das Objektparadigma in der Informatik. 1994. S. 73

tenorientierte Ansatz führt zu Wiederholungen, zu mangelnder Modularität und zu Unklarheiten und Unübersichtlichkeiten.<sup>24</sup>

Aus dieser Kritik lassen sich folgende Anforderungen an eine neue Vorgehensweise bei der Softwareentwicklung ableiten:

- Eine durchgängige Verwendung der Darstellungsmittel ist erforderlich, um die semantischen Brüche und damit den Informationsverlust zu verhindern.
- Das Verfahren sollte Rückkopplungsmöglichkeiten enthalten, damit Fehler aus vorausgegangenen Arbeitsschritten mit wenig Aufwand behoben werden können.
- Die Darstellung des Systems aus verschiedenen Perspektiven ist erforderlich, um die verschiedenen Anforderungen an das System darstellen zu können.

Das Verfahren SA/SD hat nach Meinung von K. Quibeldey-Cirkel das Ende seiner Lebensdauer erreicht. Diesen Prozeß der Ablösung bezeichnet er als „Paradigmenwechsel“.<sup>25</sup>

### **2.3 Objektorientierung**

Die Erwartungen, die mit der Objektorientierung als neuem Paradigma

---

<sup>24</sup> Ebd. S. 410

<sup>25</sup> Vgl. Kuhn, T.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. 1989. S. 25ff. Die Übertragung dieses griechischen Begriffes von der Morallehre auf die Wissenschaft wird auf K. zurückgeführt. Er verwendet den Begriff, um eine wissenschaftliche Idee zu beschreiben, die durch ihre Ausstrahlung zu neuen Erklärungen und Fragen führt. „Ihre Leistung [des Paradigmas, d. Verf.] war neuartig genug, um eine beständige Gruppe von Anhängern anzuziehen, die ihre Wissenschaft bisher auf andere Art betrieben hatten, und gleichzeitig war sie offen genug, um der neuen Gruppe von Fachleuten alle möglichen ungelösten Probleme zu stellen...“ K. Beschreibt die Wissenschaftsgeschichte als einen ständigen, revolutionären Wechsel von Paradigmen, die er für Zeichen einer reifen Wissenschaft hält. Wissenschaftliche Ideen und Theorien haben nach seiner Erklärung nur eine begrenzte Lebensdauer.

verbunden werden, sind hoch gesteckt.<sup>26</sup> Es gilt nach wie vor, die Probleme der Softwarekrise zu bewältigen und die Mängel des SA/SD zu beseitigen.

Im Mittelpunkt der Objektorientierung steht dabei das Objekt, um das herum verschiedene Abbildungsmittel für den Softwareentwicklungsprozess entwickelt wurden. Um einen ersten Eindruck zu erhalten, soll folgende Arbeitsdefinition des Schlüsselbegriffs „Objekt“ dienen: Objekte sind aktive und selbständige Elemente in einem Programm. Sie können wie in einem Theaterstück verschiedene Rollen einnehmen und im Zusammenspiel miteinander Funktionen eines Programms realisieren.

Der Startschuß, d. h. der Zeitpunkt der Entstehung und Entwicklung der Objektorientierung, wird unterschiedlich festgelegt. Eine Entwicklungspur führt nach B. Meyer auf die Programmiersprache Simula 67 zurück.<sup>27</sup> K. Nygaard beschreibt sie als Entwickler dieser Programmiersprache rückblickend als Basis für die Entwicklung der Objektorientierung. Die hierarchische Struktur und die Verwendung von Objekten finden sich hier wieder.<sup>28</sup> Eine zweite Programmiersprache, von der Impulse für die Entwicklung der Objektorientierung ausgegangen

---

<sup>26</sup> Vgl. James, M.: Principles of Object-Orientated Analysis and Design. S. 5ff. J. stellt verschiedene Technologien zusammen, die im Zusammenspiel die Softwarekrise bewältigen helfen. In seiner Aufzählung spielt die Objektorientierung als Modellierungs- und Programmiersprache eine besondere Rolle. Er zählt sie zu den „Killer-technologien“ mit denen sich die Probleme der Softwarekrise lösen lassen.

Vgl. Brooks, Frederick P.: No Silver Bullet. In: IEEE Computer Vol. 20, April 1987, S. 10. B. verspricht sich von der Objektorientierung Fortschritte in der Komplexitätsbewältigung. Er warnt allerdings vor übertriebener Hoffnung, weil mit einer „Silver-bullet“ die Probleme nicht auf einen Schlag zu lösen sind.

<sup>27</sup> Vgl. Meyer, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung. 1990. S. 423f. M. bewertet Simula als „respektablen Vorläufer“ der Objektorientierung.

<sup>28</sup> Nygaard, Kristen: Basic Concepts in Object-Orientated Programming. ACM Sigplan notices vol. 21(10), 1986, S. 128ff. N. beschreibt, dass das Ziel in der Entwicklung einer Programmiersprache bestand, die sowohl zur Systembeschreibung wie zur Programmierung eingesetzt werden konnte. In den Notationen sind die Möglichkeiten hierarchische Strukturen zu bilden, Objekte und Klassen anzulegen und das Prinzip der Vererbung angelegt, wie in Kapitel 2.3.1 deutlich werden wird.

sind, ist „Smalltalk“.<sup>29</sup>

Die Objektorientierung entwickelt sich aus den Programmiersprachen. In einem Bottom-Up-Prozeß entwickelt sich aus dem Objekt als Element eines Programms die Objektorientierung. An ihrer Entwicklung haben sich zahlreiche Autoren beteiligt. Vor dem Hintergrund, der von Ihnen bevorzugten Programmiersprache haben sie Darstellungsmittel entwickelt, um die Programmierung durch die Modellentwicklung vorzubereiten. Jeder Autor steht für eine typische Art der Vorgehensweise.<sup>30</sup> Von diesen Ansätzen ausgehend entwickelt sich die Objektorientierung von einem ursprünglichen Konzept der Programmierung zu einem Mittel der Modellierung. Aus den Programmiersprachen entwickeln sich Modellierungs-Sprachen.<sup>31</sup> Der nächste bedeutende Schritt besteht in der Vereinheitlichung der verschiedenen Abbildungsmethoden und Notationen zu einem gemeinsamen Standard unter dem Namen „Unified Modeling Language“<sup>32</sup> (kurz: UML). Aus den verschiedenen Ansätzen

---

<sup>29</sup> Vgl. Cox, B. J.: Object-Orientated Programming. S. 30ff. C. beschreibt, dass ein Team um A. Kay aus Simula und der Programmiersprache LISP eine objektorientierte Programmiersprache entwickelt. Er führt weiter aus, dass sich Smalltalk nicht hat durchsetzen können, weil sich die Entwickler auf die Forschung und nicht auf die Produktion und Anwendung konzentriert haben.

<sup>30</sup> Stein, W.: Objektorientierte Analysemethoden. 1994. S. 98. S. geht in einer vergleichenden Studie auf die verschiedenen Ansätze ein. In seiner Methodenlandschaft werden „41 Analysemethoden [genannt; d. Verf.], die an sich selbst den Anspruch erheben, objektorientiert zu sein, und vor dem 1. August 1993 veröffentlicht wurden“.

<sup>31</sup> Eriksson, H. und Penker, M.: UML Toolkit. 1998. S. 7. Die Autoren definieren Methode und Modellierungs-Sprache: „Zwischen einer Methode und einer Modellierungs-Sprache bestehen wesentliche Unterschiede. Eine Methode ist ein eindeutiger Weg, das Denken und Handeln zu strukturieren. Eine Methode schreibt dem Anwender vor, was er, wie, wann und warum zu tun hat (der Zweck einer bestimmten Handlung). Methoden umfassen Modelle, die verwendet werden, um die Ergebnisse einer Methodenanwendung zu veranschaulichen und das Gespräch darüber zu ermöglichen. Der wesentliche Unterschied zwischen einer Methode und einer Modellierungs-Sprache besteht in den fehlenden Anweisungen, was, wie, wann und warum zu tun ist.“ (Übers. d. Verf.)

<sup>32</sup> Booch, G.: Unified Modeling Language, [http://www.rational.com/pst/tech\\_papers/uml\\_rt.html](http://www.rational.com/pst/tech_papers/uml_rt.html), 30.05.1997. B. Verständnis von UML lautet: „Die Unified Modeling Language, oder UML, stellt die dritte Generation Objektorientierter Modellierungssprachen dar. Sie basiert im wesentlichen auf den veröffentlichten Entwürfen von G. Booch, J. Rumbaugh und I. Jacobsen. Darüber hinaus sind Verbesserungen und Vorschläge von zahlreichen anderen Autoren integriert worden. UML ist der Object Management Group [kurz: OMG; d. Verf.] in der Hoffnung präsentiert worden, die Standard-Sprache der Objektentwicklung zu werden.“

werden die Gemeinsamkeiten herausgearbeitet, um einen Werkzeugkoffer mit Darstellungsmitteln und Regeln zur Herstellung von Modellen zu füllen. Die Abbildungen, die mit diesen Werkzeugen entwickelt werden, bilden dann die Grundlage, um in jede Programmiersprache übersetzt werden zu können.<sup>33</sup>

### 2.3.1 Grundlagen der Objektorientierung

Nach dieser Vorgeschichte der Objektorientierung geht es im folgenden Abschnitt um die Einführung in die Grundbegriffe. Um die Navigation zu erleichtern, soll die folgende Grafik dienen. Sie stellt wesentliche Elemente der Objektorientierung dar und veranschaulicht gleichzeitig die Gliederung des sich anschließenden Abschnitts. Dabei wird eine Ordnung unter verschiedenen Möglichkeiten geschaffen, die sich durch viele wechselseitige Bezüge auszeichnet. Die Begriffe finden sich als Überschriften im Text wieder. Deshalb wird die Grafik nicht weiter kommentiert.

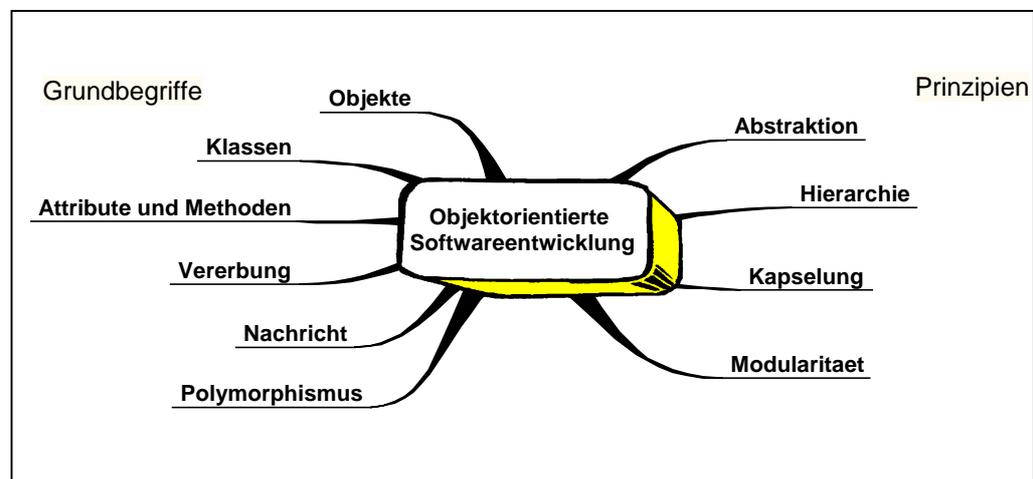


Bild 2.3: Grundbegriffe und Prinzipien objektorientierter Systementwicklung<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Vgl. Burkhardt, R.: UML – Unified Modeling Language. 1997. S. 1.

<sup>34</sup> Erstellt nach Schmid, U.: Objektorientierte Softwareentwicklung OOA-OOD-OOP. Erschienen 1996 für die VHS Stuttgart. S. 1-1

### 2.3.1.1 Grundbegriffe

#### Objekt

Am Anfang steht der Grundbegriff „Objekt“, weil er namensgebend für die Objektorientierung ist. Obwohl es sich in diesem Zusammenhang um einen Fachbegriff handelt, weckt er aufgrund der Vertrautheit eine Vielzahl von Assoziationen, die über dieses Spezialgebiet hinaus reichen. Z. B. führt der Begriff zur alltäglichen Unterscheidung in Subjekt und Objekt. Dieses Begriffspaar spielt in Abhängigkeit der Zeit und dem kulturellen Hintergrund eine zentrale Rolle für das „Verständnis einer lebendigen Welt“<sup>35</sup> und damit auch für die menschliche Nachrichtenverarbeitung. Diese Verbindungen sind Gegenstand des vierten und fünften Kapitels.

Objekte spielen in dem Abbildungsprozeß als Werkzeuge eine doppelte Rolle: Sie dienen zunächst als Mittel der Modellierung und dann bei der Umsetzung in ein technisches Modell der Programmierung.<sup>36</sup> Ein Objekt muss daher so definiert werden, dass es in beiden Phasen verwendbar ist. Nur so kann die Forderung nach Durchgängigkeit, die sich aus der Kritik an SA/SD ableiten läßt, erfüllt werden.

Um diese Definition zu entwickeln, kann zunächst festgehalten werden, dass zwischen den verschiedenen Autoren Übereinstimmung in der Beantwortung der Frage besteht, was als Objekt modellierbar ist. Ein Objekt steht als Variable für einen Gegenstand, gleich welcher Art, der

---

<sup>35</sup> Vgl. Capra, F.: Lebensnetz. 1996. S. 29ff. C. beschreibt, wie sich im Verlauf der Zeit das Verständnis der lebendigen Welt verändert. Er zeichnet die Entwicklung von Leitbildern nach. Eine zentrale Rolle für das Denken in der westlichen Hemisphäre spielt dabei das mechanistische Weltbild, das er im wesentlichen auf R. Descartes und G. Galileo zurückführt. Das Bild einer berechenbaren Natur setzt die Unterscheidung zwischen Geist und Körper voraus.

<sup>36</sup> Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. S. 22. „Wir definieren ein Objekt als Konzept, Abstraktion oder einen Gegenstand mit klaren Abgrenzungen und einer präzisen Bedeutung für das anstehende Problem. Objekte dienen zwei Zielen: Sie erleichtern es, die reale Welt zu verstehen, und sie sind ein praktikabler Ausgangspunkt für die Implementierung auf einem Computer.“

für eine Abbildung von Bedeutung ist.<sup>37</sup> Es kann sich dabei um körperliche Objekte einer den Menschen umgebenden Welt handeln oder um ideelle Dinge, die in einem Zusammenhang von Bedeutung sind.<sup>38</sup> Mit anderen Worten kann alles zu einem Objekt gemacht werden. Es besteht keine Grenze dafür, was Gegenstand der Abbildung ist. Das umgangssprachliche Verständnis von Objekt als Gegenstand einer uns umgebenden Welt ist für diesen Ansatz zu eng angelegt.

Alles kann zu einem Objekt werden, solange die Felder der Objektschablone ausgefüllt sind und damit eine Definition vorliegt. Drei Felder sind dazu vorgegeben. Sie heißen Identität, Eigenschaften und Verhalten. „Identität ist die Eigenschaft eines Objekts, die es von allen anderen Objekten unterscheidet.“<sup>39</sup> Sie mit dem Begriff Namen gleichzusetzen, reicht nicht aus. Die entsprechenden Eigenschaften, auf die sich die Identität begründet, sind deshalb im zweiten Feld als Eigenschaften oder Attribute anzugeben.<sup>40</sup> Um eine Rolle in einem System spielen zu können, werden Identität und Eigenschaften durch Verhalten vervollständigt. „Verhalten ist die Art und Weise, wie ein Objekt agiert und reagiert, in Form von Statusänderungen und der Übergabe von

---

<sup>37</sup> Rumbaugh, J.: Object-orientated Modeling and Design. 1991. S. 21. „Wir definieren Objekte als ein Konzept, Abstraktion oder Gegenstände mit scharfen Grenzen und einer praktischen Bedeutung für das zu lösende Problem.“ (Übers. d. Verf.)

Vgl. Shlaer, S. und Mellor, F. J.: Objektorientierte Systemanalyse. 1996. S. 17. „1. Reale (physische) Dinge, 2. Rollen, 3. Ereignisse, 4. Interaktionen, 5. Spezifikationen.“ (Übers. d. Verf.)

Vgl. Coad, P.: Object models. 1995. S. 492. „Ein Objekt ist eine Person, ein Ort oder ein Ding (auch konzeptuelles Ding).“ (Übers. d. Verf.) Auch bei der Suche nach einer Definition spiegelt sich die Art und Weise der Entwicklung der Objektorientierung wider. Jeder Autor, der sich an der Arbeit beteiligt, stellt seine Definition vor, die sich durch seine Wortwahl, seine Erfahrungen und seine bevorzugte Programmiersprache auszeichnet. Die Abweichungen zwischen ihnen sind nicht gravierend. Das Verbindende wird schnell deutlich, so dass die Unterschiede „kosmetischer“ Natur sind.

<sup>38</sup> Vgl. Rubin K. and Goldberg, A.: Object Behavior Analysis. In: Communications of the ACM. 1992 Vol. 35(9). S. 48. Die Autoren machen deutlich, dass der Einstieg über „anfassbare“ Gegenstände nur für kleine Anfängerprojekte geeignet ist. Sie schließen sich dieser Vorgehensweise nicht an. Sinnlich erfassbare Gegenstände verschleiern die Funktion abstrakter Datentypen in einem Programmierungszusammenhang. Nur ein kleiner Teil dessen, was ein Objekt sein kann, wird dadurch erfaßt.

<sup>39</sup> Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. S. 121

Nachrichten.“<sup>41</sup> Aktionen und Reaktionen werden als Operationen oder Methoden realisiert, die ein Objekt bei einem anderen aufrufen oder ausführen lassen kann.<sup>42</sup> Das aktive Element Objekt wird durch diese Angaben beschrieben und kann damit eine Rolle im Zusammenspiel mit anderen Objekten übernehmen. Sein virtuelles Leben kann beginnen.

Um das Muster anzuwenden und Objekte entwickeln zu können, gibt P. Coad einen praktischen Hinweis. Er rät, Objekte zu personifizieren: „Es gilt das Prinzip ‘Ich lebe’. Man kann Objekte besser verstehen, wenn man über sie in der ersten Person denkt und spricht.“<sup>43</sup> Diese Art, mit Objekten umzugehen, wird als „Anthropomorphismus“<sup>44</sup> bezeichnet. „Objekte werden zwar als unbelebte oder konzeptionelle Entitäten [im Sinne von existierend; d. Verf.] der wirklichen Welt modelliert, innerhalb ihres Systems sind sie jedoch agierende Bestandteile – ebenso wie ein Mensch Handelnder in seiner Welt ist.“<sup>45</sup> Dieser Hinweis aus der Praxis macht den Unterschied zum prozeduralen Vorgehen deutlich. Das Erzeugen von Objekten macht eine Beschreibung und die Klärung der Beziehung zu anderen Objekten notwendig.

Um zu zeigen, wie ein solches Objekt zum Leben erweckt wird, zeigt das Beispiel, wie auf einem modernen Schiff Funktionen des Steuer-manns durch ein Objekt wahrgenommen werden.

---

<sup>40</sup> Ebd. S. 112. „Eine Eigenschaft ist eine inhärente oder unverwechselbare Charakteristik, eine Qualität oder ein Merkmal, die bzw. das zur Einzigartigkeit des Objekts beiträgt.“

<sup>41</sup> Ebd. S. 115

<sup>42</sup> Vgl. ebd. S. 614. B. behauptet, dass die Begriffe Methode und Operation synonym verwendet werden.

<sup>43</sup> Coad, P. und Jill, N.: Objektorientated Programming. 1993. S. 27

<sup>44</sup> Wirfs-Brock, R.: Wilkerson, B. und Wiener, L.: Designing Object-Orientated Software. 1990, S. 7

<sup>45</sup> Ebd. S. 7 (Übers. d. Verf.)

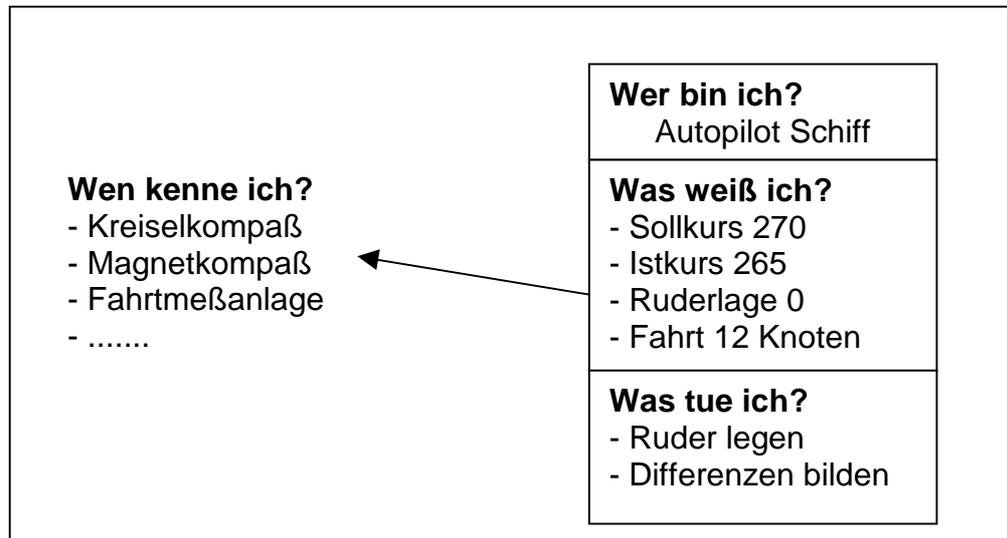


Bild 2.5: Objekt

Der Name des Objektes lautet „Autopilot Schiff“. Es kann wesentliche Funktionen des Steuermanns erfüllen. Seine Eigenschaften bezeichnen, was das Objekt kennt, um seine Aufgabe zu erfüllen. Es kennt seinen Sollkurs, der direkt zum Zielpunkt führt. Es kennt aber auch einen Istkurs, der sich durch die Umwelteinflüsse vom vorgegebenen Sollkurs unterscheiden kann. Und es kennt seine Effekten, d. h. die Ruderlage und die Fahrt, die über die Maschinenleistung gesteuert wird. Die Zahlen stehen hier als Beispiele für ihre aktuellen Werte. Das Verhalten wird unter „Was tue ich?“ beschrieben. Das Objekt kann Differenzen bilden und entsprechend Ruder legen, um die Differenz zu verringern. Auf die Frage „Wen kenne ich?“ werden die Verbindungen zu anderen Objekten deutlich, die in dieser Darstellung als Aufzählung angedeutet werden. Die Nachrichten über das Schiff und seine Umwelt wurden in der Antike vom Steuermann und seinem Ausguck erkannt. Hier liefern technische Systeme, wie die Fahrtmeßanlage oder der Kreiselkompass, die entsprechenden Daten. Diese Fragen von P. Coad dienen als Anleitung für die Erzeugung von Objekten. Die Untersuchung des Umfelds führt automatisch zur Erzeugung und Vernetzung eines Objekts mit anderen.

Zusammenfassend stelle ich fest, dass Objekte existierende oder ideale Dinge aus dem Ausschnitt der Realität sind, der modelliert werden

soll. Sie können eine physische Gestalt haben oder aber abstrakt sein. Objekte sind Bestandteile eines Systems, in dem sie eine Funktion zu erfüllen haben. Damit ist das erste wesentliche und zugleich namensgebende Darstellungsmittel beschrieben.

## **Klasse**

Um ökonomisch mit lebendigen Objekten umgehen zu können, sieht die Modellierungssprache das Bilden von statischen Klassen vor, die als abstrakte Beschreibung für eine Gruppe von Objekten dienen. Die Frage, welches Muster oder welche Vorschrift dazu dienen kann, um diese Objekte zu erzeugen, sobald das Programm läuft, steht dabei im Mittelpunkt. Klassen beschreiben den statischen Zustand des Systems. Sobald das Programm lebendig wird, werden die einzelnen Objekte gebildet, so wie es in der Klasse beschrieben ist. Klassen weisen deshalb dieselbe Struktur wie Objekte auf. Sie haben Namen, Attribute oder Merkmale und Operationen. Sie repräsentieren eine Gruppe von Objekten, die sich durch Gemeinsamkeiten auszeichnen.

Wenn z. B. in einem Modell die einzelnen Besatzungsmitglieder auf einem Schiff jeweils als einzelne Objekte dargestellt werden, lassen sie sich aus einer statischen Perspektive als Klasse der Besatzungsmitglieder zusammenfassend beschreiben. Die Gemeinsamkeiten, die als Grundlage für die Klassenbildung dienen können, bestehen darin, dass es sich um Besatzungsmitglieder eines Schiffes handelt. Die Nutzung von Gemeinsamkeiten zur Zusammenfassung wird komplettiert durch die Möglichkeit, Unterklassen zu bilden und die Unterschiede hervorzuheben. In diesem Beispiel könnte eine Unterscheidung nach Funktionen innerhalb der Besatzung notwendig werden. In Unterklassen würden ein Steuermann und ein Koch unterschieden. Die notwendige Bedingung lautet, dass aus jeder Klasse mindestens ein Objekt im

laufenden Programm gebildet wird.<sup>46</sup> Das Beispiel macht deutlich, dass sich auch aus Klassen hierarchische Systeme bilden lassen. Die Prozesse des Superierens sind in der Klassenstruktur möglich.<sup>47</sup>

## **Vererbung**

Die Gemeinsamkeiten zwischen Klassen ermöglichen die Bildung von Hierarchien. Diese verbindenden Eigenschaften müssen nur einmal in der übergeordneten Klasse definiert werden, um für alle untergeordneten Klassen Gültigkeit zu besitzen.<sup>48</sup> Diese Beziehung wird als „Vererbung“ bezeichnet.<sup>49</sup> Verhalten oder Eigenschaften werden auf eine hierarchisch untergeordnete Klasse übertragen. Das bedeutet nicht, dass mit dieser Vererbung das Verhalten der untergeordneten Klasse automatisch hinreichend beschrieben ist. Es gibt die Möglichkeiten der Vererbung aus verschiedenen Klassen oder auch die Spezifikation innerhalb einer Klasse. Vererbungen stellen ein wirksames Mittel dar, um Redundanzen zu vermeiden und Übersichtlichkeit zu schaffen.

## **Nachricht**

Das Verhalten eines Systems wird durch die Kommunikation zwischen seinen Objekten realisiert. Objekte tauschen Nachrichten oder Botschaften im Rahmen ihrer Rollen und Beziehungen miteinander aus. Objekte können miteinander kommunizieren, d. h. Informationen aus-

---

<sup>46</sup> Vgl. Meyer, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung. S. 72. „Es ist wichtig, die Unterscheidung zwischen Klassen und Objekten im Gedächtnis zu behalten: Objekte sind Elemente eines laufenden Programms und werden während der Laufzeit erzeugt und ausgeführt; Klassen sind die reine statische Beschreibung einer Menge möglicher Objekte.“ (Übers. d. Verf.)

<sup>47</sup> Vgl. Kapitel 1.3.2 Kalkül

<sup>48</sup> Vgl. Brachmann, R.: What Is-A and Isn't: An Analysis of Taxonomic Links. In: Semantic Networks. IEEE Computer Vol. 16(10). 1983. S. 30. B. weist darauf hin, dass die Darstellung der Vererbung aus dem Bereich semantischer Netzwerke stammt.

Vgl. Kapitel 4.4.1

<sup>49</sup> Vgl. ebd. S. 618. „Beziehung zwischen Klassen, in der eine Klasse die Struktur oder das Verhalten teilt, das in einer (Einfachvererbung) oder mehreren (Mehrfachvererbung) anderen Klassen definiert wurde. Vererbung definiert eine ‚is-a‘-Hierarchie zwischen Klassen, in denen eine Unterklasse von einer oder mehreren allgemeineren Oberklassen erbt. Eine Unterklasse spezialisiert in der Regel ihre Oberklasse, indem sie die existierende Struktur und das Verhalten erweitert oder neu definiert.“

tauschen und Operationen bei anderen auslösen. Die Begriffe „Client“ und „Server“ werden von G. Booch benutzt, um diese Beziehungen zu beschreiben. „Ein Client ist ein Objekt, das die Ressourcen eines anderen Objekts verwendet (das man auch server nennt).“<sup>50</sup> K. Quibeldey-Cirkel bezeichnet die „Client-Server-Metapher“<sup>51</sup> als grund-legende Beziehung zwischen Objekten. Die Regeln für den Nach-richtenaustausch zwischen Objekten werden in Verträgen oder Verein-barungen festgelegt.

## **Polymorphismus**

Der letzte Grundbegriff heißt „Polymorphismus“, was wörtlich übersetzt „viele Erscheinungsformen“ heißt. Es stellt eine Möglichkeit dar, Verhalten von Objekten so zu gruppieren, dass eine einfache Programmstruktur erreicht werden kann. Wenn ein Objekt an andere Objekte dieselbe Nachricht sendet, können die dazugehörenden Aktionen in den angesprochenen Objekten durchaus unterschiedlich umgesetzt werden. Jedes Objekt modifiziert im Rahmen seiner Implementation die entsprechende Nachricht.<sup>52</sup> Damit bleibt die Integrität der Objekte bewahrt und die Möglichkeit, mit nur einer Nachricht differenziertes Programmverhalten zu erzielen.

### **2.3.1.2 Prinzipien der Objektorientierung**

#### **Abstraktion**

Abstraktion ist ein Vorgang menschlicher Nachrichtenverarbeitung, der dazu dient, Nachrichten zu ordnen und durch Zeichen höherer Ordnung

---

<sup>50</sup> Vgl. Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. S. 62. „Das Grundmodell objektorientierter Kommunikation bezieht sich auf ein Objektpaar, das in einem Dienstleistungsverhältnis zueinander steht: ein Objekt fordert einen Dienst an („Dienst“ ist ein Platzhalter für ein Programmmodul mit Datenzugriff) und das aufgeforderte Objekt führt den Dienst aus oder delegiert ihn auf andere Objekte.“

<sup>51</sup> Quibeldey-Cirkel, K.: Das Objektparadigma in der Informatik. S. 101

<sup>52</sup> Vgl. Yourdon, E. N. [u. a.]: *Mainstream Objects*. 1995. S. 16f. Y. benutzt zur Erklärung ein Beispiel, in dem er von einer Klassenstruktur ausgeht, in der Tierarten beschrieben werden. Die Nachricht „bewegen“ wird dann von den Unterklassen umgesetzt als schwimmen, laufen oder fliegen, je nachdem, zu welcher Spezies sie zählen.

zusammenzufassen. Abstraktion ist ein Prozeß, um Komplexität in jedem Zusammenhang zu verringern.<sup>53</sup> Im Rahmen der Kybernetik werden beispielsweise diese Prozesse der Klassenbildung als Superieren beschrieben. Dabei werden Zeichen zu Zeichen höherer Ordnung zusammengefaßt.<sup>54</sup> Diese Möglichkeit ist z. B. in der Sprachstruktur angelegt. Was bewegt die Autoren aus dem Bereich der Softwareentwicklung dazu, die Abstraktionsprozesse besonders hervorzuheben? Die Entwicklung eines Modells und die damit verbundenen Abstraktionsprozesse von einem Vorbild auf das Modell, wird als die entscheidende Phase eines Software-Entwicklungsprozesses beschrieben. Hier werden die Weichen für das Projekt gestellt. Das Modell, das die Grundlage für ein Programm darstellt, ist der Abschnitt, der für das Gelingen oder den Fehlschlag eines Projekts eine entscheidende Rolle spielt. Die Konzentration auf die Modellbildung ist ein Kennzeichen der Objektorientierung.<sup>55</sup>

Was zeichnet eine gelungene Modellierung aus? Diese Frage bleibt unbeantwortet. Jede Abbildung hängt von den individuellen Wegen eines Abbilders oder eines Teams ab. Auch hier führen viele verschiedene Wege zum Ziel.<sup>56</sup> Es gibt dabei keinen richtigen Weg, um einen komplexen Zusammenhang abzubilden. Die Auswahl der Merkmale bei der Abbildung kann nicht starr, im Sinne eines Kriterienkatalogs erfol-

---

<sup>53</sup> Aho, A. V. und Ullmann, J. D.: Informatik. S. 22. „Die Abstraktion wie wir sie hier verwenden, führt dagegen häufig zu Vereinfachungen; sie ersetzt komplexe und detaillierte Situationen der realen Welt durch ein verständliches Modell, in dem wir Probleme lösen können.“

<sup>54</sup> Vgl. Kapitel 1.3.2. Der Prozeß der Superierung wird im Zusammenhang mit der Kalkülisierung beschrieben.

<sup>55</sup> Yourdon, E. N.: *Mainstream Objects*. S. 16. „Abstraktion ist ein Mechanismus, der uns erlaubt, einen Bereich der Realität ... in einem vereinfachten Modell ... auszudrücken und irrelevante Details zu unterdrücken, um ein Verständnis des gesamten Systems zu ermöglichen. Natürlich verwenden alle Software-Entwicklungsverfahren auf irgendeine Art und Weise Abstraktionen ... Objektorientierte Methoden basieren aber hauptsächlich auf dem Vorgang der Abstraktion von Objekten auf Klassen.“ (Übers. d. Verf.)

<sup>56</sup> Booch, G.: *Objektorientierte Analyse und Design*. S. 61. „Eine Abstraktion gibt die wesentlichen Charakteristika eines Objekts an, die es von allen anderen Arten von Objekten unterscheidet, wobei klar definierte konzeptionelle Grenzen gesetzt werden, und zwar mit Bezug auf die Perspektive des Betrachters.“ Vgl. Simon, H. A.: *Die Wissenschaft vom Künstlichen*. S. 146. S. beschreibt, dass

gen, weil damit der kreative Anteil bei der Abbildung erstickt werden würde.<sup>57</sup> Der Erfolg eines Programms hängt wesentlich von den ersten Schritten bei der Modellierung und den daraus hervorgehenden Strukturen und nicht allein von den Fertigkeiten eines Programmierers im Umgang mit einer Programmier-sprache ab.

### **Kapselung**

Ein wesentliches Element bei der Modellierung von Klassen und Objekten ist ihre Identität. Sie zeichnen sich durch Grenzen gegenüber ihrem Umfeld ab. In der grafischen Darstellung werden sie z. B. in der Form des Rechtecks sichtbar. „Wie Menschen verfügen auch Objekte über eine Privatsphäre. Sie gibt vor, wie es seine Aufgaben erledigt und wieso es zur Erledigung dieser Aufgaben in der geforderten Weise in der Lage ist. Wie Operationen ausgeführt oder Informationen berechnet werden, ist dabei für andere Systemteile irrelevant.“<sup>58</sup> Diese „Privatsphäre“ wird mit dem Prinzip der „Kapselung“ beschrieben. Objekte machen vom „Geheimnisprinzip“<sup>59</sup> Gebrauch, indem sie gewisse Dinge für sich behalten. Die Möglichkeit, Operationen anderen Objekten zu verheimlichen, führt gleichzeitig zu der Frage an ein Objekt, wie es denn mit anderen zusammenarbeiten möchte und

---

der Forscher seine Perspektive und seine Maßstäbe soweit verkleinert, wie es sein spezielles Interesse in diesem Kontext erfordert.

<sup>57</sup> Vgl. Sommerville, I.: Software Engineering. S. 25. „Softwareentwicklung ist ein individueller, kreativer Akt.“ (Übers. d. Verf.)

<sup>58</sup> Ebd. S. 6 (Übers. d. Verf.)

<sup>59</sup> Vgl. Parnas, D.: On the Criteria to be used in Decomposing Systems into Modules. In: Communications ACM 15 (2), Dezember 1972. S.1058. P. wendet das Prinzip der „verborgenen Information“ auf die Zusammenfassung von Klassen zu Modulen an. Er gilt als Urheber dieses Begriffs. Dieses Prinzip wird erst in den achtziger Jahren im Rahmen der Entwicklung der Objektorientierung genutzt.

welche Dienste es für andere leisten kann. Diese Schnittstellendefinition führt, trotz der Ansprüche auf ein Privatleben, zu einem klar umrissenen Beitrag zum Systemverhalten.

Mit der Kapselung sind folgende Vorteile verbunden:

- effektives Projektmanagement, d. h. die Vergabe von Teilaufgaben innerhalb eines Entwicklungsteams wird möglich;
- Flexibilität, d. h. der modulare Aufbau führt durch die Aufteilung des Programms in übersichtliche Abschnitte, die sich einfacher testen, warten und austauschen lassen;
- Übersichtlichkeit, d. h. die Komplexität des Programms wird durch die Kapselung vermindert, weil nur die wesentlichen Eigenschaften eines Moduls sichtbar werden, ohne in Mengen von Details unterzugehen.<sup>60</sup>

## **Hierarchie**

Das Prinzip der Hierarchiebildung wird in der Objektorientierung auf verschiedene Art und Weise genutzt, wie es bereits bei der Klassenbildung und in dem Abschnitt Vererbung beschrieben worden ist. Weil Eigenschaften und Methoden in Richtung einer höheren Ordnung generalisiert und in die andere Richtung spezialisiert werden, heißt die Vererbung „Generalisierungs-Spezialisierungs-Hierarchie“.<sup>61</sup>

Die Idee für diesen hierarchischen Aufbau von Strukturen durch Gemeinsamkeiten, findet sich auch in der Biologie. C. Darwin hat damit ein strenges Klassifizierungssystem für die Biologie geschaffen, das als Bezugspunkt für Autoren wie G. Booch dient.<sup>62</sup> Darüber hinaus bestehen Parallelen zum Modell semantischer Netze, die in Kapitel 4 behan-

---

<sup>60</sup> Quibeldey-Cirkel, K.: Das Objektparadigma in der Informatik. S. 55 ff

<sup>61</sup> Stein, W.: Objektorientierte Analysemethoden. S. 173

<sup>62</sup> Vgl. Darwin, C.: The Origin of Species. 1958. S. 34ff und 386f. (Übers. d. Verf.) Darwin beschreibt, dass alle organischen Wesen in Vererbungslinien und Klassen unterschieden werden können. Diese Klassen dienen der Vereinfachung und zeigen die Effekte der natürlichen Auslese und Ökonomie. „Die Gesetze, die diese Vererbung regeln, sind weitestgehend unbekannt.“

delt werden.<sup>63</sup> Das Prinzip wird auf die Strukturierung von Objekten und Klassen übertragen. Der Nutzen der Vererbung besteht darin, dass sich Gruppen von Klassen und Objekten zu Abstammungslinien verbinden lassen. Außerdem wird durch diese Beziehung die Programmierung vereinfacht, weil Methoden oder Attribute von anderen Objekten benutzt werden können. Die Programmierung wird durch diese Möglichkeit der Wiederverwendung vereinfacht.<sup>64</sup> Auf diese Art und Weise wird das Klassenbildende Superieren nach H. Frank lebendig.

Um dieses Prinzip der „ist ein“-Vererbung zu illustrieren, dient wiederum ein Beispiel aus der Seefahrt:

---

<sup>63</sup> Brachmann, R.: What Is-A and Isn't. S. 30ff. B. untersucht den Zusammenhang zwischen der Rolle der Vererbung (is-a-Beziehung) in semantischen Netzwerken und der Verwendung im Bereich der Softwareentwicklung. Sein Fazit lautet, dass die Bedeutung der Vererbung in beiden Anwendungsfällen unterschiedlich ist. Er fordert, dass das Vererbungsprinzip in der Softwareentwicklung zu überprüfen und zu spezifizieren ist.

<sup>64</sup> Ebd. S. 38. Für den Bereich der Softwareentwicklung stellt B. fest: „Es ist oft nicht ganz einfach, die Hierarchien innerhalb eines komplexen Software-Systems zu erkennen, weil dazu die Muster entdeckt werden müssen, die sich aus vielen Objekten zusammensetzen und die unter Umständen ein sehr komplexes Verhalten aufweisen. Wenn wir die Hierarchien jedoch ausgemacht haben, wird die Struktur eines komplexen Systems und damit auch unser Verständnis dafür stark erleichtert.“

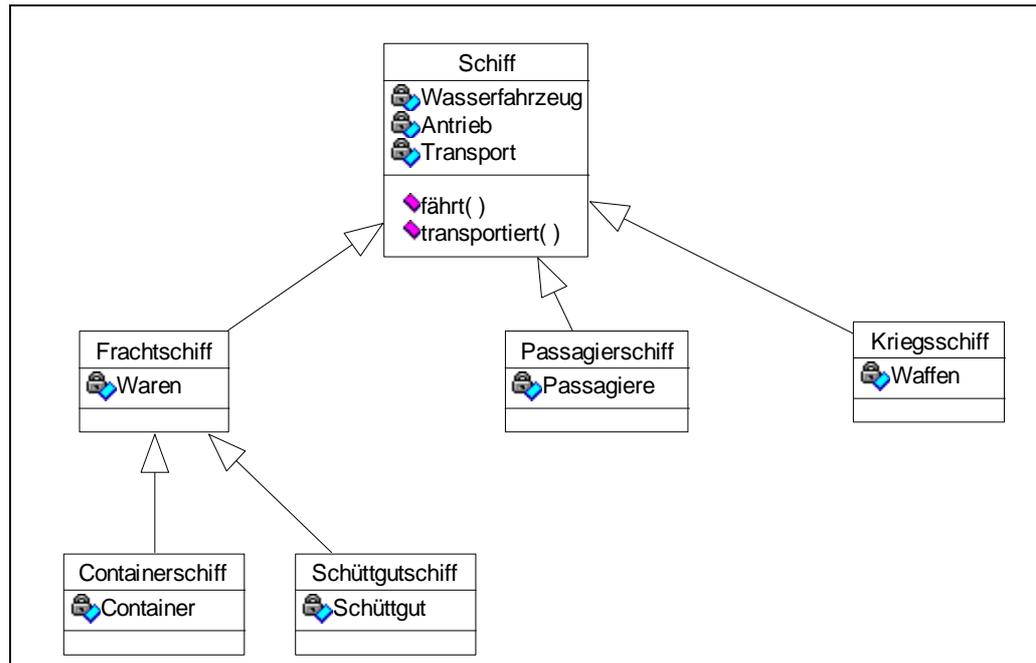


Bild 2.5: Vererbung

In diesem Beispiel werden Schiffstypen in einer Klassenstruktur abgebildet. Schiffe sind „Wasserfahrzeuge“, die einen „Antrieb“ haben und dem „Transport“ dienen. Sie „fahren“ und „transportieren“. Die Klasse der Schiffe lässt sich weiter spezifizieren. Diese Eigenschaften erfüllen auch „Frachtschiffe“, „Passagierschiffe“ und „Kriegsschiffe“. Sie unterscheiden sich jedoch durch die Art der transportierten Güter. Ihre Gemeinsamkeiten sind in der übergeordneten Klasse festgehalten und bedürfen deshalb nicht einer weiteren Aufzählung. Exemplarisch ist unterhalb des „Frachtschiffes“ eine weitere Ebene dargestellt. „Containerschiffe“ und „Schüttgutschiffe“ stellen zwei weitere besondere Typen dar, die sich durch die transportierten Waren unterscheiden. Das Ordnungsprinzip der Hierarchie findet auch in der Objektorientierung Anwendung, um Komplexität zu verringern. Redundanzen werden vermieden und verschiedene Ebenen mit unterschiedlichen Auflösung eingeführt.

### Modularität

Abschließend wird die Modularität als Prinzip objektorientierter Systeme angeführt. Module bezeichnen selbständige Abschnitte oder Komplexe

innerhalb eines Programms. „Modularität ist die Eigenschaft eines Systems, das in eine Menge von in sich geschlossenen und lose gekoppelten Modulen zerlegt wurde.“<sup>65</sup> Modularität richtet sich auf die Implementierung und gewährleistet Übersichtlichkeit. Sie stellt die Voraussetzung für einen Ausbau oder Umbau eines Software-Programms dar. Module können in verschiedenen Zusammenhängen wiederverwendet werden.<sup>66</sup> Auch Modularität ist ein Mittel zur Minimierung von Komplexität. Das Prinzip der Kapselung ist eng mit der Modularisierung verbunden. Hier wird das Prinzip komplexbildenden Superierens angewendet.

### **2.3.2 Prozessbeschreibung objektorientierter Modellierung**

Die Objektorientierung wurde als Bottom-Up-Entwicklungsprozeß beschrieben, bei dem sich aus den Programmiersprachen eine Modellierungssprache entwickelt. Die Grundbegriffe und Prinzipien bilden das Fundament. Es fehlt noch die Organisation der Abbildungsprozesse und die Beschreibung der Abbildungsmittel, um einen Überblick über die Objektorientierung zu erhalten.<sup>67</sup> Der erst genannte Bereich steht in diesem Abschnitt im Mittelpunkt.

Die Kritik am abgelösten Paradigma SA/SD richtete sich u.a. auf den strengen seriellen Ablauf des Prozesses und die fehlenden Möglichkeiten der nachträglichen Korrektur oder Nachbesserung. Wie wird dieser Prozeß im Rahmen der Objektorientierung abgedeckt?

---

<sup>65</sup> Ebd. S. 80

<sup>66</sup> Vgl. Yourdon, E.: *Mainstream Objects*. S. 80f. Die Einführung von Modulen stellen für Y. den Schlüssel für die Erhaltung und die Ausbaufähigkeit eines Programms dar. Entwicklung und Wartung werden durch einen modularen Aufbau wesentlich erleichtert.

<sup>67</sup> Booch, G.: *Objektorientierte Analyse und Design*. S. 10. B. erklärt das Ziel seiner Arbeit: „Wir wollen, dass Projekte mit Hilfe objektorientierter Technologie erfolgreich werden ... deshalb haben wir versucht, das Beste aus all diesen Methoden in unsere Arbeit aufzunehmen ... Es liegt natürlich im Interesse der Softwareindustrie ... dass Standard-Notationen für die Entwicklung geschaffen werden.“ Die Unterschiede zwischen den einzelnen Vorschlägen anderer Autoren hält er für „kosmetisch“.

In der Objektorientierung werden folgende drei Phasen unterschieden:

- Objektorientierte Analyse (kurz: OOA)

Bei der OOA geht es um das Identifizieren von Klassen und Objekten. „Während der Analyse müssen wir die folgenden zentralen Fragen beantworten: Was ist das gewünschte Verhalten des Systems? Was sind die Rollen und Verantwortlichkeiten der Objekte, die dieses Verhalten realisieren?“<sup>68</sup>

- Objektorientiertes Design ( kurz: OOD)

Das OOD führt zu der Entwicklung einer Architektur. OOA verfolgt die Beantwortung der Frage nach dem, „Was“ ein System leisten soll, und OOD die Frage nach dem, „Wie“ ein System das Verhalten realisieren soll. Beide dienen der Vorbereitung einer Programmierung, die den dritten Abschnitt darstellt.<sup>69</sup>

- Objektorientierte Programmierung ( kurz: OOP).

Durch die OOP wird die Architektur in ein Programm umgesetzt.<sup>70</sup>

Aus den Erläuterungen entsteht der Eindruck, dass auch diese Phasen seriell aufeinander aufbauen. Dennoch gibt es Unterschiede, die sich an dem Bild P. Coads verdeutlichen lassen.

---

<sup>68</sup> Ebd. S. 221

<sup>69</sup> Ebd. S. 58. In der Phase des objektorientierten Designs geht es um die Darstellung der Ergebnisse aus einer objektorientierten Analyse in Modellen, die das Systemverhalten aus verschiedenen Perspektiven beschreiben.

<sup>70</sup> Ebd. S. 57

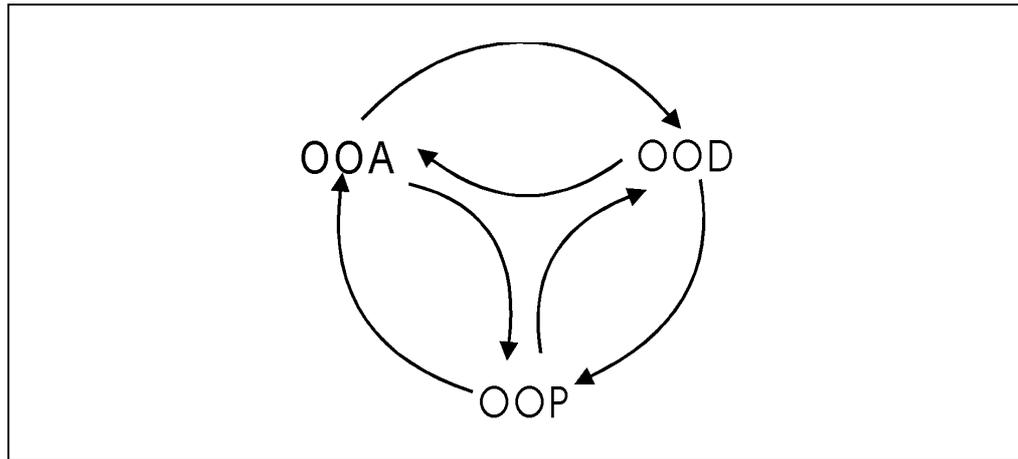


Bild 2.6: Entwicklungsprozeß nach P. Coad und N. Jill <sup>71</sup>

P. Coad verbindet alle drei Phasen zu einem rückgekoppelten Prozeß.<sup>72</sup> Er fordert den Entwickler auf, ein Element einer Beobachtung aufzugreifen und in der OOA als Objekt oder Klasse abzubilden. Hier ist Raum für das kreative Entdecken und Erfinden. Im zweiten Schritt geht es um das Ausfüllen der Objektschablone. Dabei können sich Strukturen und Muster erschließen, die wiederum Hinweise auf Zusammenhänge und damit auf einfache Lösungen bieten können. In einem solchen Moment sind möglicherweise Veränderungen an dem entstehenden System notwendig. Es geht um ein Ausprobieren der neuen Strukturen. Der Entwickler kann mit den Objekten spielen, indem er Attribute und Methoden spezifiziert, verändert, wegnimmt oder ergänzt. Ob und wie sich diese Klasse dann programmieren läßt, kann er in der OOP ausprobieren. Der Wechsel zwischen den einzelnen Phasen ist jederzeit ohne Probleme möglich, wie durch die Pfeile in der Grafik verdeutlicht werden soll. Sie stehen für die Möglichkeit, bei Fehlern oder Verbesserungen zu jedem Zeitpunkt reagieren zu können,

<sup>71</sup> Erstellt nach Coad, P. und Jill, N.: Objectorientated Programming. S. 35

<sup>72</sup> Coad, P. und Jill, N.: Objectorientated Programming. S. 37. „Machen Sie etwas OOA: Fügen Sie diese Klassen in die Komponenten für den Anwendungsbereich ein. Machen Sie etwas OOD: Entwurf der Komponenten für den Anwendungsbereich. Fügen Sie Attribute, Dienste und Klassen ein, die zur Umsetzung der OOA-Ergebnisse notwendig sind. Machen Sie etwas OOP: schreiben Sie es ... Wiederholen Sie OOA, OOD, OOP wie benötigt, wieder und wieder.“ Auf diese Art und Weise kann ein Programm in sich verfeinernden Schleifen wachsen. Diese Vorgehensweise setzt voraus, dass alle drei Rollen des Analysten, des Designers und des Programmierers in einer Person zusammenfallen.

indem Objekte oder Klassen zur Überarbeitung in eine andere Phase zurückgeschickt werden. Die Möglichkeit zur Rückkopplung ist immer gegeben. Hierin unterscheidet sich dieses Verfahren wesentlich von den strukturierten Methoden. Über die Möglichkeit der Korrektur hinaus können sich Abbildungen entwickeln, die sich zunehmend verfeinern. In einem bereits existierenden Modellausschnitt lassen sich mühelos Objekte, Klassen, Attribute, Verhaltensweisen oder Beziehungen ergänzen oder verändern. Das Vorgehen wird als „iterativ“<sup>73</sup> bezeichnet, weil sich das entwickelnde System mit jedem Bearbeitungsgang zunehmend verfeinert.<sup>74</sup> Der Charakter einer rückgekoppelten Entwicklung wird in dieser Grafik nicht deutlich.

Für P. Coad verschmelzen die drei Rollen Analyse, Design und Programmierung in einem rückgekoppelten Prozeß. Die Frage, wie ein Ziel entwickelt und wann es erreicht wird, berührt er dabei nicht. Er möchte das objektorientierte Denken auf anschauliche Art und Weise vermitteln. Seine Darstellung deckt die Arbeit eines Softwareentwicklungsteams ab. Es fehlt dieser Mikrostruktur, die die Arbeit der Programmierer und Entwickler beschreibt, eine Führungsgröße, die der Entwicklung einen Rahmen setzt, damit die Schleifen nicht endlos durchlaufen werden. Grafisch lässt sie sich eine Makrostruktur wie folgt darstellen:

---

<sup>73</sup> Vgl. Klaus, G. und Liebscher, H.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 297. „Iteration: wiederholte Anwendung des gleichen Verfahrens, speziell zur sukzessiven Approximation (schrittweisen Annäherung). Bei der iterativen Lösung einer Gleichung geht man z. B. von einer Näherungslösung aus, und das Ergebnis eines Lösungsschrittes geht als Ausgangswert in den nächsten Schritt ein.“

<sup>74</sup> Vgl. Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. S. 294. „Der Mikro-Prozess ist enger verwandt mit Boehms Spiralmodell der Entwicklung und dient als Gerüst für einen iterativen und inkrementellen Entwicklungsansatz.“  
Vgl. Boehm, B. W.: A Spiral Model of Software Development and Enhancement. In: ACM Sigsoft, Software Engineering Notes 11(4), 1986, S. 22ff. Der Begriff des „Spiralmodells“ ist durch B. in die Softwareentwicklung eingeführt worden.

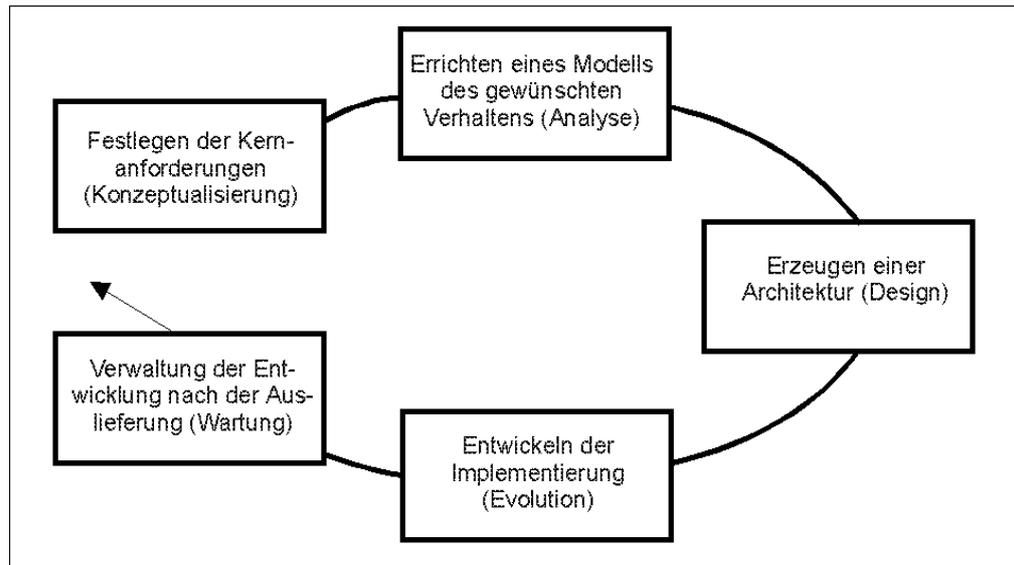


Bild 2.8: Makroentwicklungsprozeß<sup>75</sup>

Diese Darstellung verbirgt, dass sich der Makroentwicklungsprozeß am seriellen Lebenszyklusmodell orientiert, d. h. das eine Phase auf den Ergebnissen der vorangehenden aufbaut. Der Reihe nach: In der „Konzeptualisierung“ geht es um die „Festlegung der Kernanforderungen“. Sie stellt für jede Form der Entwicklung den ersten Schritt dar. Es geht um die verbindliche Festlegung eines gemeinsamen Grobziels, das der weiteren Arbeit eine Richtung geben soll. In der „Analyse“<sup>76</sup> geht es um die Festlegung dessen was das Programm können soll, und im „Design“<sup>77</sup> „um den Weg, wie die bisherigen Ergebnisse umgesetzt werden. Diese Entscheidungen bilden die Grundlage für die Entwicklung des Programms. „Der Zweck der Evolutionsphase ist, die Implementierung durch schrittweise Verfeinerung wachsen zu lassen und zu modifizieren.“<sup>78</sup> Auf den Aspekt der Wartung gehe ich nur der Vollständigkeit

<sup>75</sup> Erstellt nach Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. S. 313

<sup>76</sup> Ebd. S. 316. „Wir müssen betonen, dass unsere Analyse sich auf das Verhalten konzentriert, nicht auf die Form. Es ist nicht sinnvoll, in dieser Phase Themen wie Klassendesign, Darstellung oder taktische Entscheidungen zu verfolgen. Statt dessen muss die Analyse eine Aussage darüber treffen, was das System tut, nicht wie es das tut.“

<sup>77</sup> Ebd. S. 320. „Zweck des Designs ist es, eine Architektur für die Entwicklung einer Implementierung zu erzeugen und die allgemeine taktische Vorgehensweise festzulegen, die von verschiedenen Elementen des Systems verwendet werden muß. Wir beginnen den Designprozeß, sobald wir ein ausreichend vollständiges Modell des Systemverhaltens besitzen.“

<sup>78</sup> Ebd. S. 323

halber ein. Er drückt aus, dass mit der Fertigstellung eines Programms seine Lebensdauer noch nicht erschöpft ist. Vielmehr sollte es Möglichkeiten zum Umbau und zur Erweiterung besitzen.

Beide Ebenen des Mikro- und Makroprozesses dienen dem Zweck, ein Projekt erfolgreich abzuschließen. Ein vollständiger Ablaufplan steht damit zur Verfügung, der alle Phasen für Softwareentwicklung vom Auftrag bis hin zum Programm beschreibt. Der Mikroprozeß wird durch den Makroprozeß mit Führungsgrößen versehen. Dem kreativen und iterativen Entwickeln wird eine Kontrollstruktur übergeordnet, die den organisatorischen Rahmen vorgibt.<sup>79</sup> Die Kritik, die sich an der SA/SD über fehlende Rückkopplungsmöglichkeiten entzündet hat, wird im Bereich der Mikroprozesse zwar überwunden, aber gleichzeitig der Kontrolle durch eine serielle Struktur ausgesetzt.

### **2.3.3 Objektorientierte Darstellungsmittel**

Auf der Mikroebene werden die Abbildungsmittel eingesetzt, die in diesem Kapitel vorgestellt werden. Sie stehen in einem engen Bezug zu der Kritik an SA/SD, die sich auf die mangelnde Durchgängigkeit der Verwendung von Darstellungsmitteln und auf die eingeschränkten Perspektiven richtet.<sup>80</sup> Auch für die Beseitigung dieses Mangels ist eine Antwort gefunden worden. Sie besteht in dem Versuch, die Perspektiven zu wechseln und so die verschiedenen Aspekte in den ent-

---

<sup>79</sup> Ebd. S. 294. „Wie bringen wir die Forderung nach Kreativität und Innovation in Einklang mit der Notwendigkeit kontrollierter Managementpraktiken, während wir unsere Entwicklungsorganisation zu einer höheren Reife führen? Die Antwort scheint darin zu liegen, die Mikro- und Makroelemente des Entwicklungsprozesses zu unterscheiden ... Durch die Vereinigung dieser beiden verschiedenen Prozesse können wir schließlich einen vollständig rationalen Entwicklungsprozeß ‚simulieren‘ und haben somit eine Grundlage für einen definierten Reifegrad von Softwareprozessen.“ B. versucht durch diese Argumentation die Konkurrenz zwischen der rückgekoppelten Mikrostruktur und der seriellen Makrostruktur aufzulösen. Seine Arbeit wird durch die Wiederverwendung der Begriffe Analyse, Design und Implementation erschwert.

<sup>80</sup> Vgl. Kapitel 2.2  
Vgl. Schäfer, S.: Objektorientierte Entwurfsmethoden. S. 269. „Eine fundamentale Schwäche sowohl der daten-, wie der aktionsorientierten Ansätze [SA/SD; d. Verf.] ist, dass sie lediglich zwei Seiten einer Medaille darstellen ... Deshalb muß beiden Perspektiven ein gleicher Stellenwert eingeräumt werden.“ (Übers. d. Verf.)

sprechenden Modellen zu erfassen. Grafisch kann dieser Aspekt als Box dargestellt werden:

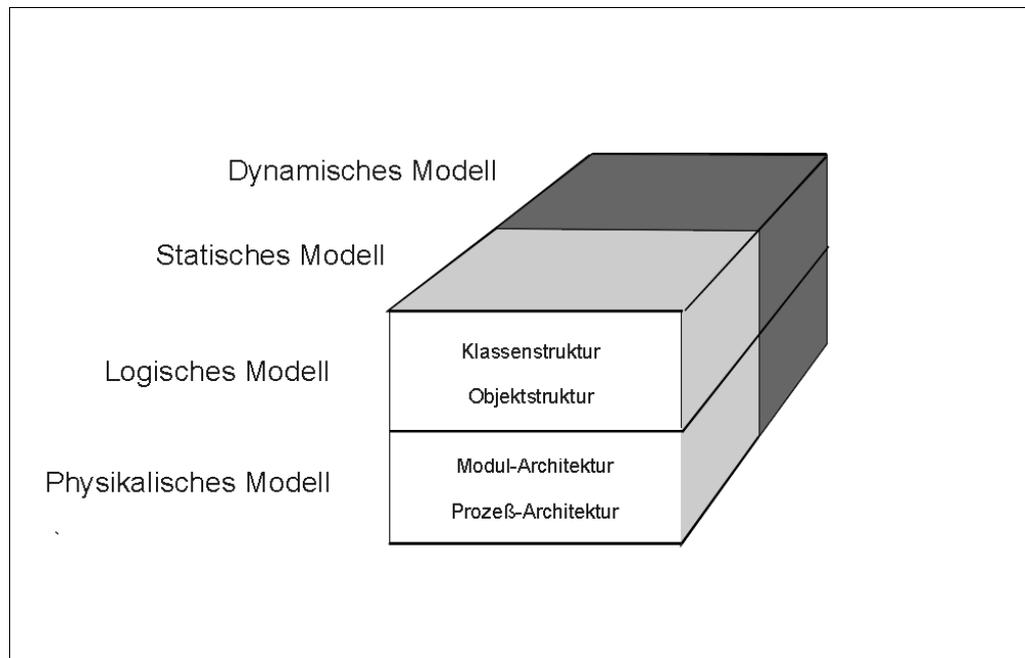


Bild 2.9: Modelle objektorientierter Analyse und Designs<sup>81</sup>

Das Bild 2.9 zeigt eine Box, in dem alle Modelle, die in der Objektorientierten Softwareentwicklung als notwendig erachtet werden, abgelegt werden können. In den vier verschiedenen Teilen des Behälters können statische und dynamische Modelle abgelegt werden. Sobald dynamische Aspekte modelliert werden, kommen Objekte, bei statischen Zusammenhängen dagegen Klassen ins Spiel. Die logische Sicht eines Systems dient dazu, die im Abbildungsprozess entwickelten Strukturen zu beschreiben, während die physikalischen Modelle die dazu notwendige Hardware erfassen.<sup>82</sup> Dem logischen Modell werden die Klassen- und Objektstruktur und dem physikalischen Modell die Modul- und Prozeßarchitektur zugeordnet, die in folgenden Abschnitten beschrieben werden. Jede Veränderung der Perspektive führt zur Konzentration auf einen Aspekt des Systems. Es ist unmöglich, „jedes kleine Detail eines

<sup>81</sup> Erstellt nach Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. S. 218

<sup>82</sup> Ebd. S. 221

komplexen Software-Systems in einer einzigen Sicht unterzubringen“.<sup>83</sup> Im Verlauf des Entwicklungsprozesses werden sich die Ablagen zunehmend füllen und als Ganzes das Systemverhalten beschreiben. Die Modellwelt kann hier in Form von Diagrammen abgelegt werden.

Für alle Perspektiven stehen entsprechende grafische Darstellungsmittel und entsprechende Regeln zur Verfügung. Dabei werden visuelle Mittel zur Modellierung eingesetzt. M. James hält diesen Gedanken für einen Schlüssel, um Komplexität zu bewältigen.<sup>84</sup> G. Booch, I. Jacobsen und J. Rumbaugh schließen sich dieser Behauptung an. Sie bezeichnen visuelles Modellieren in der Produktbeschreibung ihres Unterstützungsprogramms sogar als „Blaupause zum Erfolg“.<sup>85</sup> Durch das Modellieren auf einer grafischen Oberfläche oder einer „Wandtafel“ eröffnen sich Möglichkeiten, im Team Problemlösungen zu erarbeiten.<sup>86</sup>

Um die einzelnen Modelle als Darstellungsmöglichkeiten einzuführen, dient die Modellierung einiger Prozesse, die in einem Studentensekretariat ablaufen können, als Beispiel.<sup>87</sup>

## Use-Case-Diagramm

Die erste Diagrammform ist auf I. Jacobsen zurückzuführen. Seiner Meinung nach haben die bisherigen Darstellungen einen Mangel. Sie

---

<sup>83</sup> Ebd. S. 218

<sup>84</sup> Vgl. James, M.: Principles of Object-Orientated Analysis and Design. S. 7. „Visuelles Programmieren ist eine Form von CASE, die durch Grafik, Farbe und Geräusche die Entwicklung eines Designs unterstützt. Objekte werden dabei visuell repräsentiert und können als physische Einheiten betrachtet werden, die sich verhalten.“ (Übers. d. Verf.) J. zählt auch die Objektorientierung zu den „Killer-technologien“, mit denen Komplexität bewältigt werden kann.

<sup>85</sup> Rational Software Productions: Visual Modeling. CD-ROM 1997

<sup>86</sup> Vgl. Engelmores R. S., Morgan, T. J. and Nii, H. P.: Blackboard Systems. 1988. S. 2. Die Autoren beschreiben mit „blackboard“ das grafische Problemlösen als ideales Mittel für die Problemlösung. Sie haben um diesen Gedanken herum ein Abbildungsprogramm entworfen.

Vgl. Simon, H. A.: Die Wissenschaft vom Künstlichen. S. 114. S. bezeichnet die grafische Repräsentation als einen Grundpfeiler für eine Wissenschaft des Entwerfens.

<sup>87</sup> Die Illustrationen dienen allein dem Zweck, die Darstellungsmittel in ihren Formen und Funktionen einzuführen. Sie sind nicht Bestandteil eines Projekts.

setzen sofort mit der Entwicklung von Objekten ein. Das „Use-Case-Diagramm“ soll eine Hilfe bei der Festlegung der Anforderungen an ein System leisten. Die „Black Box“ von G. Booch erhält erste markante Grenzen, indem die Funktionen des Systems entwickelt und die Schnittstellen zu einem Nutzer beschrieben werden.<sup>88</sup> Dazu das Beispiel für den Entwurf eines Verwaltungssystems in einem Studentensekretariat:

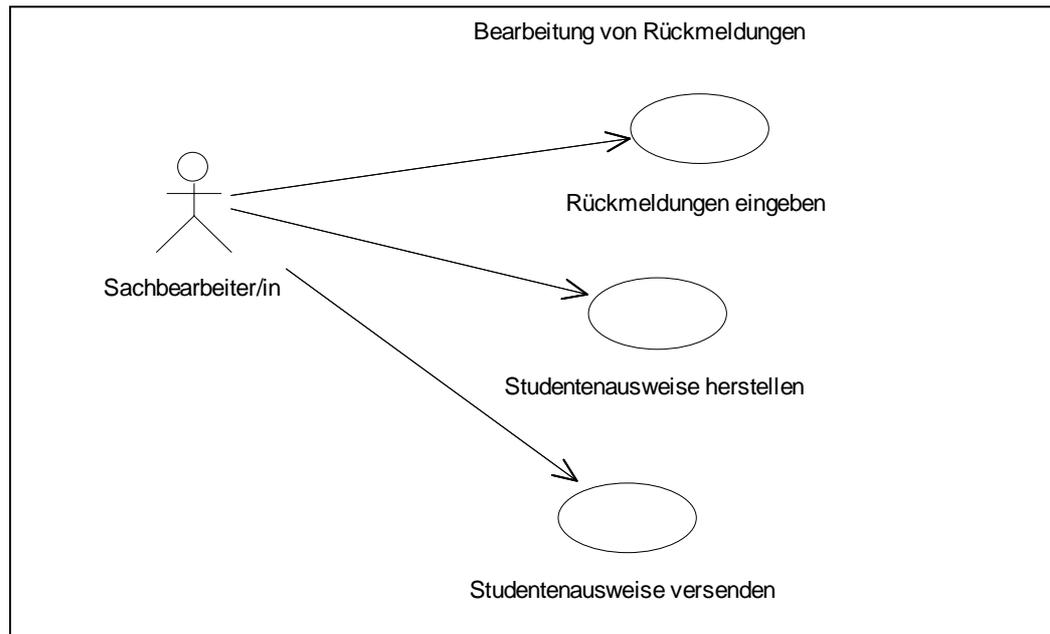


Bild 2.10: Use-Case-Diagramm-Studentensekretariat

In dieser Diagrammform geht es um die Darstellung von externen Einflüssen oder auch Anforderungen an ein System. Die Nutzer des Systems werden als Aktoren bezeichnet. In diesem Fall handelt es sich um den Nutzer „Sachbearbeiter/in“. Aktoren bedürfen keiner weiteren Beschreibung, weil sie außerhalb des Systems stehen. Es geht in der Darstellung lediglich darum, die Schnittstellen zu beschreiben und das

<sup>88</sup> Vgl. Pressman, R. S.: Software Engineering. S. 148. Der Weg, Informationen über einen Abbildungsbereich zu sammeln und sich im Dialog zwischen Kunden und Entwicklern zu verständigen steuern. Eine Möglichkeit besteht im Rapid Prototyping, bei dem entweder in grafischer oder in Form vorführbarer Programmausschnitte zwischen dem Kunden und den Entwicklern vermittelt wird. Aber auch die Objekttechnologie bietet nach P. durch die Verwendung von Verben, Substantiven und grafischen Elementen gute Voraussetzungen für die Gestaltung dieser Phase.

gewünschte Systemverhalten in groben Zügen festzulegen.<sup>89</sup> Das Innere des Systems wird durch „use cases“ spezifiziert. „Ein use case beschreibt eine spezifische Funktion, die durch das System ausgeführt wird. Jeder use case besteht aus einer Gruppe von Aktionen und Reaktionen in Form eines Dialogs zwischen Aktor und System.“<sup>90</sup> In diesem Beispiel geht es um die use cases „Rückmeldungen eingeben“, „Studentenausweise herstellen“ und „Studentenausweise verschicken“. Auftraggeber und Entwickler haben damit die Gelegenheit, sich über die Anforderungen an das zu entwickelnde System zu verständigen. Das Projekt bekommt eine Richtung, indem die Anforderungen und Erwartungen geklärt werden können. Diese Use-Cases können dann durch andere Diagrammformen soweit ausgebaut werden, bis sie in Programme übersetzt werden können. Der Einstieg in die Modellierung von Objekten und Klassen ist vorbereitet.

### **Klassendiagramm**

Aus dem Werkzeugkoffer der Modelle bieten Klassendiagramme die Möglichkeit, lebendige Objekte in einem statischen Modell abzubilden. Gemeinsamkeiten zwischen Objekten bilden die Grundlage für die Klassenbildung. Sie können der logischen Perspektive zugeordnet werden, weil sie Elemente der Software sind und keine Elemente der physikalischen Struktur. Je nach Umfang des Projekts können mehrere Klassendiagramme entwickelt werden. Weil Klassen bereits eingeführt worden sind, beschränkt sich diese Darstellung allein auf die vier verschiedenen Verbindungsmöglichkeiten.

---

<sup>89</sup> Jacobsen, I.: Object-Oriented Software Engineering. 1998. S. 127

<sup>90</sup> Ebd. S. 159

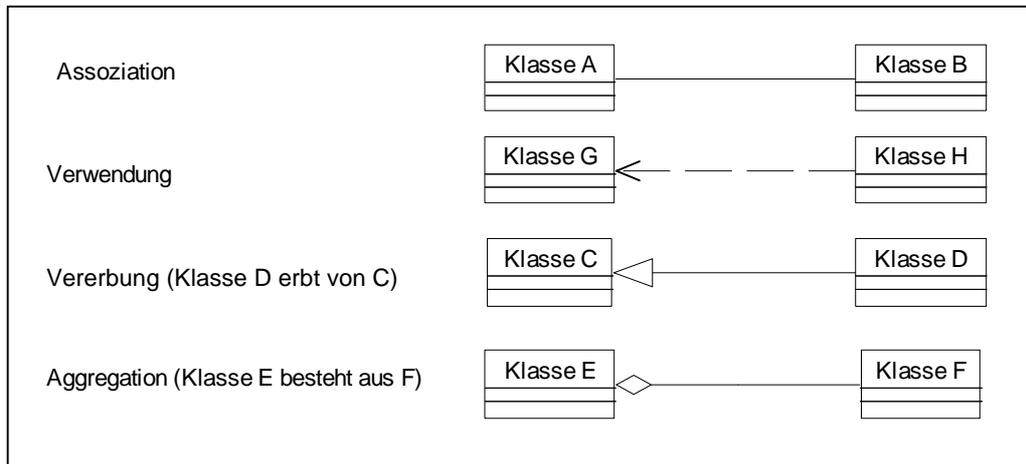


Bild 2.11: Verbindungen zwischen Klassen

Die Klassen sind hier als dreigeteilte Blöcke dargestellt. Name, Attribute und Verhalten entsprechen den drei Feldern. Zur Vereinfachung wird hier nur vom Namen Gebrauch gemacht. Die Möglichkeiten der Verbindung zwischen Klassen stehen im Mittelpunkt der Grafik. Die „Assoziation“ stellt als erste die lockerste von vier möglichen Arten der Verbindungen dar. Sie ist durch die Beschreibungen dieser Beziehung näher zu bestimmen. Die Beziehung „Verwendung“ drückt aus, dass eine Klasse auf eine andere zurückgreift und diese benutzt, um Operationen im Sinne von Dienstleistungen durchführen zu können.<sup>91</sup> Als dritte Art der Verbindung ist die Vererbung bereits eingeführt. Vererbungen bilden Hierarchien. Sie stellen die Beziehung „ist ein „ dar. Je nach Richtung wird entweder eine Spezialisierung oder eine Ver-allgemeinerung ausgedrückt. Die „Eigentum“-Beziehung wird auch als Aggregation oder als Teil/Ganzen-Beziehung bezeichnet. Sie stellt als letzte Möglichkeit eine Sonderform der Assoziation dar und beschreibt, wie sich Objekte und Klassen in einem sich verfeinernden System als Ganzen-Teil-Hierarchie abbilden lassen. Diese Form der Bindung ist sehr eng, weil die Klassen und Objekte direkt voneinander abhängig sind. Wenn die Klasse an der Spitze dieser Hierarchie gelöscht wird, betrifft das alle abgeleiteten Elemente.<sup>92</sup>

<sup>91</sup> Vgl. Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. S. 227. B. verwendet die Ausdrücke „Client-Server-Beziehungen“ als Beschreibung für das Zusammenspiel zwischen Objekten und Klassen.

<sup>92</sup> Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung. S. 201

## Objektdiagramme

Objektdiagramme sind Momentaufnahmen eines laufenden Systems. Dabei werden die Objekte und ihre Beziehungen untereinander abgebildet. Die Verbindung zwischen den Objekten kann auf verschiedene Arten erfolgen. Prinzipiell gilt, dass der Verbindung zwischen Objekten auch in der statischen Abbildung eine Verbindung zwischen den Klassen entsprechen muss. „Ein Link kann zwischen zwei Objekten nur dann bestehen ... wenn es eine Assoziation zwischen ihren entsprechenden Klassen gibt.“<sup>93</sup> Der Charakter dieser Beziehung ist auf der Klassenebene definiert.

## Interaktionsdiagramm

Die Interaktions- oder auch Sequenzdiagramme (kurz: SD) stellen eine Form dar, um das dynamische Verhalten von Objekten zu modellieren. Objekte senden sich Nachrichten, durch die Methoden aufgerufen werden und sich Werte verändern. Dieser Diagrammtyp dient dazu, die Ablaufreihenfolge, die Parameter und die Bedingungen abzubilden, unter denen sie auftreten.<sup>94</sup>

Ein SD liest sich von links nach rechts und von oben nach unten. Es stellt einen seriellen Ablauf der einzelnen Prozesse dar. In der Kopfzeile werden die beteiligten Objekte aufgeführt. Von ihnen ausgehend führen gepunktete, senkrechte Linien nach unten. Sobald ein Objekt in dem modellierten Prozeß eine Nachricht absendet oder erhält, wird ein Rechteck auf der Senkrechten gebildet. Sender und Empfänger werden durch einen Pfeil miteinander verbunden. Der Prozeß und die damit verknüpften Bedingungen werden in Klammern

---

<sup>93</sup> Ebd. S. 264

<sup>94</sup> Ebd. S. 235. „Das Sequenzdiagramm wird in der UML immer dann gebraucht, wenn dynamische Aspekte betrachtet werden. Insbesondere die Interaktionen zwischen Objekten gehen stets von Methoden bzw. Prozessen aus. In der Objekttechnologie ‚wohnen‘ solche Prozesse in Objekten. Auch in der Objekttechnologie brauchen diese Prozesse Zeit, sind mit anderen gegebenenfalls in eine spezifische Ablaufreihenfolge zu bringen, sind nur unter bestimmten Randbedingungen aufzurufen, benötigen Parameter und liefern Ereignisse.“

als Pfeilbeschriftung verwendet. Die Länge der Rechtecke ergibt sich aus der Zeitdauer der Prozesse. Objekte können nicht nur Nachrichten erhalten, sondern auch welche an sich selbst senden und dabei Veränderungen bewirken. Wieder dient das Beispiel des Studentensekretariats zur Erläuterung.

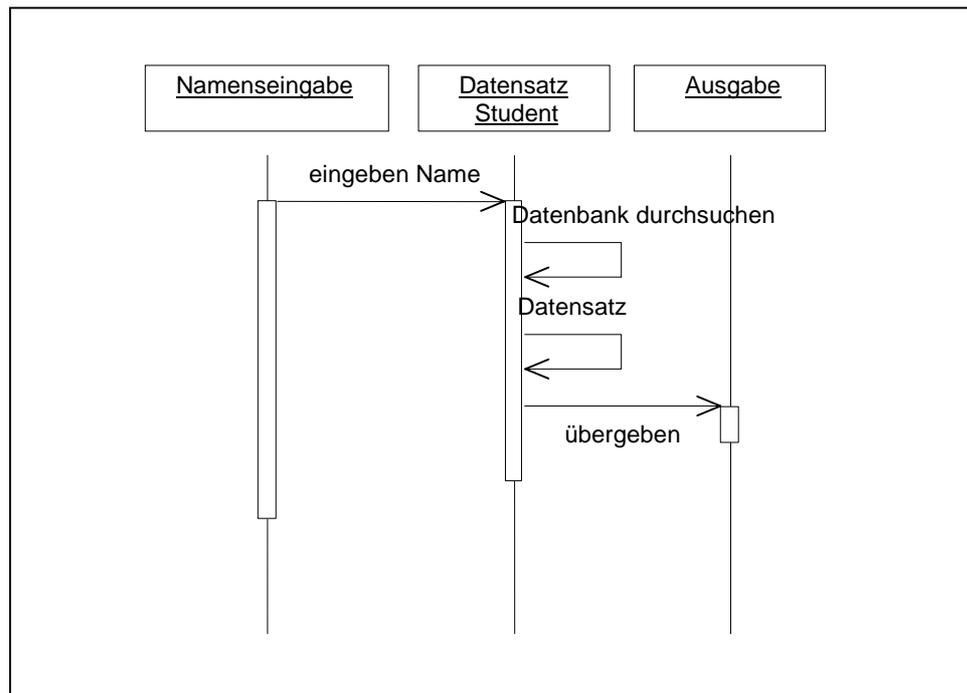


Bild 2.12: Sequenzdiagramm: Aufrufen von Studentendaten

In diesem Beispiel geht es um den Prozeß, einen Datensatz über einen Studenten/In aufzurufen. Auf die Eingabe eines Namens durchsucht das Objekt „Datensatz Student“ die Datenbank, erzeugt einen Datensatz und übergibt ihn an die Ausgabe.

### Zustandsdiagramm

Während im Sequenzdiagramm zeitliche Aspekte im Mittelpunkt stehen, geht es beim Zustandsdiagramm um die Modellierung eines Verhaltensausschnitts. Sie stellen einen oder mehrere Fälle dar, bei denen

Operationen oder Zustände im System verändert werden.<sup>95</sup> Das Augenmerk ist auf bestimmte Ausschnitte des Objektverhaltens gerichtet, um Klarheit zu schaffen.

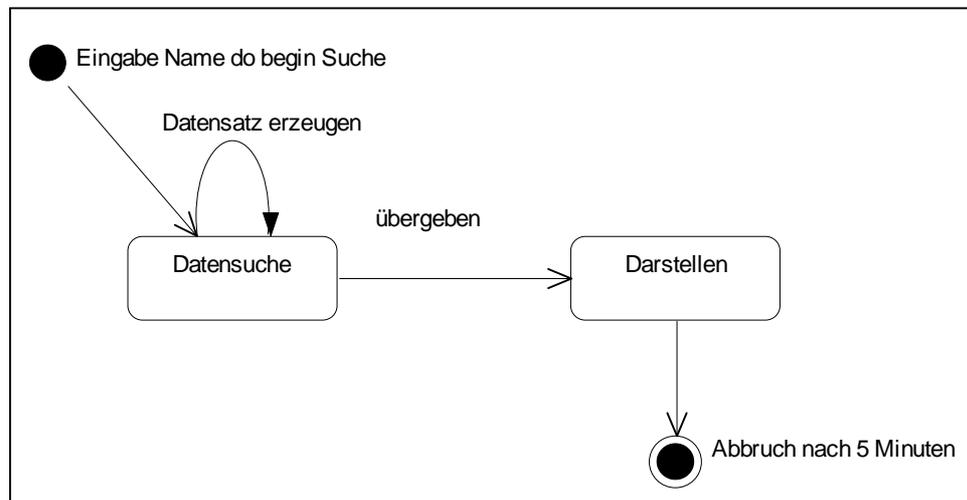


Bild 2.13: Zustandsdiagramm Suchen-und-Darstellen-eines Datensatzes

In diesem Beispiel geht es wiederum um das Erzeugen eines Datensatzes. Die Eingabe des Namens startet die Suche. Diese Aktion wird durch den schwarzen Knopf dargestellt. Die „Datensuche“ führt zur Herstellung eines Datensatzes, der „übergeben“ und dargestellt werden kann. Nach 5 Minuten wird die Darstellung abgebrochen.

### Kollaborationsdiagramme

„Kollaborationsdiagramme werden genutzt, um das komplexe Zusammenspiel zwischen Objekten zu verdeutlichen ... Der wesentliche Unterschied zwischen Kollaborations- und Sequenzdiagrammen besteht darin, dass die aktuellen Objekte verwendet werden, was in einigen Situationen das Verständnis erleichtern kann.“<sup>96</sup> Dieses Modell über-

<sup>95</sup> Eriksson, H. und Penker, M.: UML Toolkit. S. 122. „Alle Objekte befinden sich in einem Zustand; ihr Zustand ist das Ergebnis vorangehender Handlungen durch andere Objekte und wird bestimmt durch die Werte seiner Attribute und der Beziehungen zu anderen Objekten.“ (Übers. d. Verf.)

<sup>96</sup> Ebd. S. 147 (Übers. d. Verf.)

schneidet sich in der zeitlichen Darstellung mit dem Sequenzdiagramm. Sollte die zeitliche Struktur die wesentliche Rolle spielen, empfehlen H.-P. Eriksson und M. Penker die Verwendung des Sequenzdiagramms; wenn dagegen aber der Kontext von größerer Bedeutung ist, schlagen sie die Verwendung des Kollaborations-Diagramms vor.

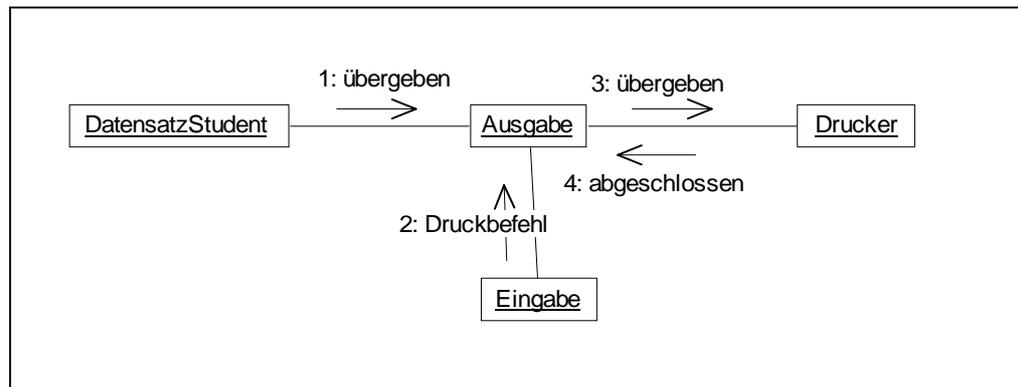


Bild 2.14: Kollaborationsdiagramm Ausdruck-Datensatz-Student

In diesem Fall wird der „DatensatzStudent“ an die Ausgabe „übergeben“. Durch den „Druckbefehl“ werden die Objektwerte an den Drucker „übergeben“. Nach dem Druck erfolgt eine Rückmeldung.

### **Moduldiagramm**

Module sind Bestandteile des physikalischen Modells. Module stellen selbständige Programmierabschnitte oder auch Programmeinheiten dar, die für einen Ausschnitt des Systemverhaltens stehen. Sie bestehen aus Klassen und interagieren mit anderen Modulen über definierte Schnittstellen.

### **Prozessdiagramm**

In diesem physikalischen Modell geht es um die Zuordnung der

Programmschritte zu den vorhandenen Hardwarekomponenten.<sup>97</sup>

### 2.3.4 Unified Modeling Language

Die Einigung auf einen Werkzeugkoffer, in dem sich alle diese beschriebenen Darstellungsmittel befinden, ist das Ergebnis zahlreicher Dialoge. G. Booch ist einer der Motoren in diesem Prozeß. Sein erklärtes Ziel lautet, den „Methodenkrieg“<sup>98</sup> zu beenden und alle Versuche in einer einheitlichen Vorgehensweise zu standardisieren.<sup>99</sup> Durch die Zusammenarbeit von G. Booch, I. Jacobsen und J. Rumbaugh bei der Firma „Rational Software Corporation“ haben sich neue Möglichkeiten ergeben. Die Autoren arbeiten gemeinsam an der Unified Modeling Language (kurz UML). Sie geben die enge Bindung an die Programmiersprache auf, um sich auf die Entwicklung einer standardisierten Modellierungs-Sprache zu konzentrieren, die dann in ein objektorientiertes Programm übersetzt werden kann. Die

---

<sup>97</sup> Vgl. Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. S. 615. „Prozessdiagramm: Ein Teil der Notation des objektorientierten Designs, das die Zuordnung von Prozessen zu Prozessoren im physikalischen Design eines Systems zeigt ... Die drei wesentlichen Elemente eines Prozeßdiagramms sind Prozessoren, Geräte und ihre Verbindungen.“

<sup>98</sup> Vgl. Eriksson, H. und Penker, M.: UML Toolkit. S. 3f. Die Autoren beschreiben die Konkurrenz zwischen den einzelnen Entwicklern, die vor dem Hintergrund ihrer Programmiersprache ein Modellierungsverfahren vorschlagen, als „Methodenkrieg“, der durch UML beendet werden könnte.

<sup>99</sup> Vgl. Schäfer, S.: Objektorientierte Entwurfsmethoden. 1994. S.144ff. S. wählt die Entwurfsverfahren von P. Coad und E. Yourdon, J. Rumbaugh und G. Booch aus, um einen Vergleich durchzuführen. Diese drei Entwurfsverfahren sind mit Stand 1994 für ihn die konkurrierenden Entwürfe.

Aussichten, dass sich UML als Standard durchsetzen wird, scheinen positiv zu sein.<sup>100</sup>

### 2.3.5 CASE-TOOLS-Unterstützungsprogramme

Um die Modellentwicklung in dieser Vielzahl von Diagrammformen bündeln zu können, werden Programme eingesetzt, die bei der Erstellung und Verwaltung als Werkzeuge dienen können. „Moderne Softwareentwicklung ist ohne Werkzeugunterstützung nicht denkbar.“<sup>101</sup> Die ordnende Funktion des Unterstützungsprogramms soll die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass ein Softwareprojekt nicht die Symptome der Softwarekrise zeigt und damit möglicherweise scheitert. Durch die Vielfalt der Perspektiven und den damit verbundenen Diagrammen wird eine Kompliziertheit erzeugt, die wiederum nur durch ein Verwaltungsinstrument aufgefangen werden kann. Der Fachbegriff für diese Werkzeuge lautet „CASE-Tools (Computer Aided Software Engineering)“.<sup>102</sup> CASE-Tools dienen als Werkbank für die Modellentwicklung und als Verwaltungsinstrument. Sie unterstützen das Projekt in den einzelnen Entwicklungsphasen von der Analyse bis zur Programmierung.<sup>103</sup> Bisher werden dabei Werkzeuge unterschieden, die die Modellierung oder

---

<sup>100</sup> Paulisch, F.: Objektorientierung – die menschliche Perspektive. In: Objektspektrum 1/97. S. 24. Die Koordination dieser Vereinheitlichungsversuche erfolgt durch die Object-Management-Group“ (OMG). In dem Tagungsbericht der „OOPSLA '96“ stellt P. stellt in bezug auf UML fest: „Erneute Turbulenzen um einen Standard für die objekt-orientierte Modellierung. Eine ganze Reihe von Firmen hat sich bereits der ‚Unified Modeling Language‘ (UML) von Rational angeschlossen, die bald dem zuständigen Standardisierungsgremium der ‚Objekt Management Group‘ vorgelegt werden soll. Bisher waren dies die einzigen Bemühungen in diese Richtung.“

<sup>101</sup> Pagel, B.: Software Engineering. S. 60

<sup>102</sup> Ebd. S. 60

<sup>103</sup> Schäfer, S.: Objektorientierte Entwurfsmethoden. S. 65. Weil die Anforderung, alle drei Phasen des Softwareentwicklungsprozesses zu unterstützen, noch nicht von allen Programmen geleistet wird, werden derzeit zwei verschiedene eingesetzt. „Upper-CASE-Tools“ unterstützen die Modellierung und „Lower-CASE-Tools“ werden bei der Implementation eingesetzt. Das Ziel besteht in einer Integration beider Programmtypen. Das Ideal besteht in einer technischen Lösung, die nicht nur die Übersetzung in den Programmcode zulässt, sondern auch, wie S. fordert, das „reverse engineering“ und damit die Anpassung des Modells aus der Programmierung her zulässt. Bisher liefern die Übersetzungsprogramme Programmschablonen, die durch den Programmierer ausgearbeitet werden müssen.

die Programmierung unterstützen. An der Integration beider Werkzeuge wird gearbeitet.<sup>104</sup>

### **2.3.6 Abschluss**

Die Softwareentwicklung, als Teil der Informatik, hat sich über die reine Programmierung weiterentwickelt. Die Suche nach Mitteln für die Komplexitätsbewältigung stellt das wesentliche Motiv dar, sich über die Grenzen der eigenen Disziplin hinaus zu interessieren. Softwareentwickler gehen auf das Feld der Kybernetik und damit der menschlichen Nachrichtenverarbeitung. Bevor diese Gedanken weiterentwickelt werden, wird die praktische Anwendung der Objekt-orientierung vorgezogen.

---

<sup>104</sup> Eriksson, H. und Penker, M.: UML Toolkit. S. 39f. Die Autoren teilen die Meinung von S. Schäfer. Bisher erzeugen Programme, die mit dem Ziel entwickelt worden sind, alle Phasen der Softwareentwicklungsprozesse zu unterstützen, ihre Funktion nicht. Sie erzeugen im Quellcode lediglich Rümpfe der statischen Programmelemente, die dann durch den Programmierer um die dynamischen Anteile ergänzt werden müssen, damit die modellierten Funktionen durch das Programm erfüllt werden können. Die ideale Kombination stellen zukünftig Programme dar, die auch die Veränderung des Modells über das Programm zulassen.

### 3. UML – Modellierung eines virtuellen Haustieres

Nach der Vorstellung der Objektorientierung und der damit verbundenen Modellierungssprache UML schließt sich die Anwendung in einem praktischen Beispiel an. Das Vorbild stellt der Labrador-Retriever-Mischling Luna dar. Erfahrungen und Beobachtungen im Umgang mit diesem Hund bilden die Grundlage für die Modellentwicklung eines virtuellen Haustiers.<sup>1</sup>

#### 3.1 Vorgehensweise

Im vorangehenden Kapitel wurde die Makrostruktur von G. Booch vorgestellt.<sup>2</sup> Seine Unterscheidung in die Phasen der objektorientierten Analyse und des Designs wurde im Zuge der Zusammenarbeit mit I. Jacobsen und J. Rumbaugh überarbeitet.<sup>3</sup> Sie nennen den angepassten Prozess „Rational Unified Process“<sup>4</sup> (kurz: ROP). Die erste Veränderung besteht darin, dass die Anforderungen an das System in einem selbständigen Bearbeitungsschritt erarbeitet werden, der mehr Bestandteil der Analyse ist. Die zweite Veränderung besteht darin, dass innerhalb der objektorientierten Modellierung die Autoren auf die Unterscheidung zwischen der objektorientierten Analyse und dem Design verzichten. Sie verbinden beide Phasen miteinander, weil die Übergänge in der Praxis fließend sind. In diesem Kapitel ist damit nur noch die Unterscheidung in die Abschnitte Systemanforderungen,

---

<sup>1</sup> Der Abbildungsprozess wird durch die Überführung in ein Programm abgeschlossen, das der Arbeit als Anlage beigelegt ist.

<sup>2</sup> Vgl. Kapitel 2.3.2

<sup>3</sup> Vgl. Jacobsen, I.: Object-Oriented Software Engineering. 1998. S. 109ff. J. beschreibt seine Gedanken zur Softwareentwicklung mit objektorientierter Softwareentwicklung (kurz: OOSE). Er unterscheidet dabei in Analyse, Konstruktion und Test.

<sup>4</sup> Rational Rose: Product Information, Changes and News <http://www.rational.com/products/rose/...> Ausdruck vom 21.07.1999

Analyse und Implementation notwendig.<sup>5</sup>

### 3.2 Technische Unterstützung: Rational Rose Modelor 4.0

Bei der Modellentwicklung wird ein Unterstützungsprogramm eingesetzt, um die verschiedenen Perspektiven und Modelle in ihren Wechselbeziehungen darzustellen und zueinander in Beziehung setzen zu können. Auf dem Markt der Modellierungs-Tools oder Modellierungswerkbänke stellt „Rational Rose Modelor 4.0“<sup>6</sup> ein Produkt unter verschiedenen dar. Das Programm wird in diesem Abschnitt der Arbeit verwendet, weil seine Entwicklung durch die drei Autoren G. Booch, I. Jacobsen und J. Rumbaugh vorangetrieben wurde, die maßgeblichen Einfluss auf die Entwicklung der Objektorientierung und UML genommen haben. Es wird als ein Upper-CASE-Tool eingesetzt, um eine Modellentwicklung in UML nachzuzeichnen.

Das CASE-Tool verfügt über ein „Repository“<sup>7</sup>, auf dem alle Diagramme abgelegt werden. Dadurch können Beziehungen oder Eigenschaften zwischen vorhandenen Objekten und Klassen verglichen und angepasst werden. Die Veränderungen an einem Objekt können sich dadurch auch in anderen Darstellungen auswirken. Konflikte zwischen Objekten und Klassen oder Fehler in der Notationsanwendung werden angezeigt. Das System verwaltet damit den jeweiligen aktuellen Stand der Abbildungen. Der Anwender kann dieses Werkzeug nach der Beschreibung der Anforderungen bis zur Programmierung einsetzen.

---

<sup>5</sup> Vgl. Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung - Analyse und Design mit der Unified method language. 1997. S. 22

Vgl. Coleman, D. Malan, R. und Cotton, T.: Fusion 2.0: A process for UML. In: Handbook of Object Technology. Zamir, S. 1999. S. 9-3. (Übers. d. Verf.) Diese Vorgehensweise nach G. Booch ist nicht verbindlich, sondern stellt lediglich einen Vorschlag dar. Diese Autoren behaupten, dass UML dabei als kleinstes gemeinsames Vielfaches einerseits notwendige Gemeinsamkeiten für die Modellentwicklung schafft, aber andererseits genügend Spielraum läßt, um Anpassungen vorzunehmen. Ihrer Meinung nach sind es „gerade genug“ Regeln und Gemeinsamkeiten. Alle rufen dazu auf, den Abbildungsweg und die Notationen den eigenen Anforderungen entsprechend anzupassen.

<sup>6</sup> Das Nachfolgeprogramm Rational Rose 98i ist erhältlich. Es findet deshalb keine Verwendung, weil es nach der Entscheidung für ein Tool veröffentlicht wurde und der Rational Rose Modelor 4.0 ebenfalls UML unterstützt.

<sup>7</sup> Vgl. Schader, M. und Rundshagen, M.: Objektorientierte Systemanalyse. S. 155

Die Autoren versprechen in ihrer Systembeschreibung, dass eine Übersetzung in eine Programmiersprache eines Vertragspartners möglich ist. Dieser Schritt setzt den Kauf der entsprechenden Module voraus. Das Entwicklungsziel der Werkzeughersteller lautet, das Programm-Paket bis zur Möglichkeit des „reverse engineering“<sup>8</sup> aus-zubauen. Damit würden auch Veränderungen im Quellcode sich auf die Modelle des Designs auswirken. Modell und Programm wären dann fest miteinander verbunden. Die hier verwendete Programmversion dient der Erzeugung von Diagrammen und Beschreibungen der Klassen und Objekte. Auf die Möglichkeit, die Modelle auf einzelne Programmierentscheidungen hin anzupassen, wurde verzichtet. Dadurch hätte die Programmiersprache Einfluss auf den Prozess der Modellentwicklung genommen, der hier im Mittelpunkt dieses Kapitels und der Arbeit steht. Es geht hier um die Modellentwicklung aus der Systembeschreibung.

Das Programm Rational Rose Modelor 4.0 stellt eine grafische Oberfläche zur Verfügung, die es einem Anwender ermöglicht, sich schnell zu orientieren. Zahlreiche Elemente der Symbolleisten sind durch die Softwareprodukte der Firma Microsoft und andere Anbieter bekannt. Die Befehle der Menüleiste können in individuell gestaltbare Symbolleisten übersetzt werden. Ein Feld mit einem Baumdiagramm zeigt an, auf welcher Ebene sich der Anwender bei der Modellierung befindet und welche Abbildungen und Elemente bereits angelegt sind.

---

<sup>8</sup> Vgl. Klösch, R. und Gall, H.: Objektorientiertes Reverse Engineering. 1995. S. 2f. Der Weg, der in Kapitel 2 beschrieben und in Kapitel 3 angewendet wird, heißt „forward engineering“ und stellt den Weg über OOA bis OOP dar. Das „reverse engineering“ setzt dagegen beim Programm ein und zielt auf die Verbesserung der vorangegangenen Phasen.

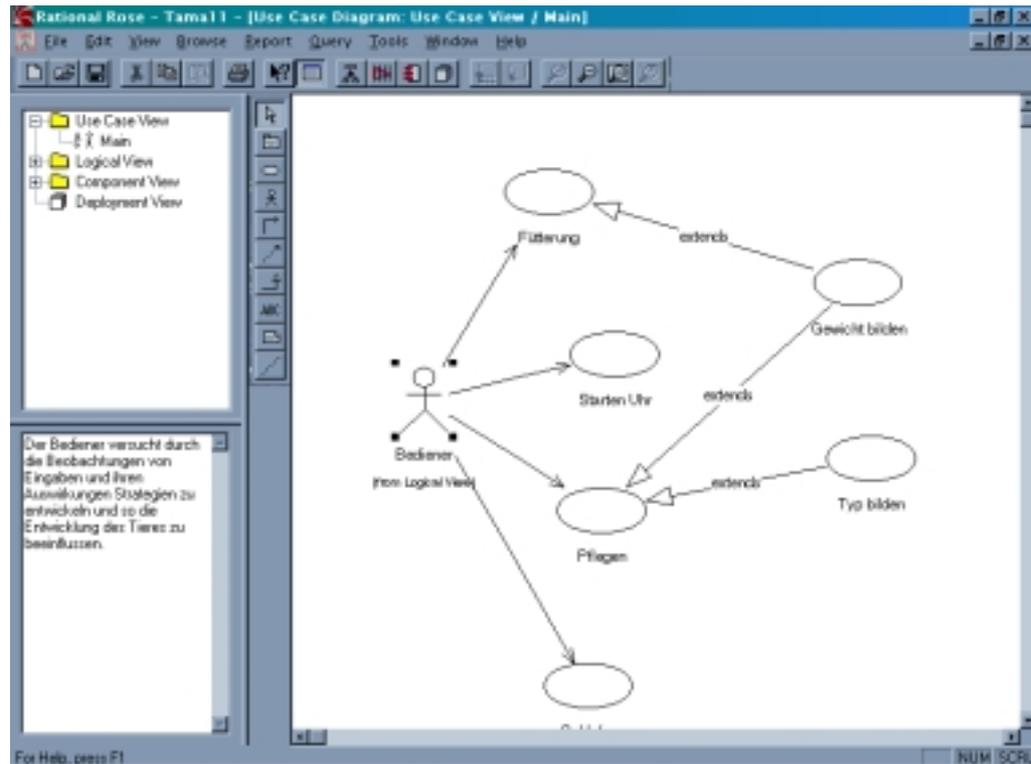


Bild 3.1: Rational Rose Modelor 4.0 Oberfläche

Dem Anwender stehen drei Fenster zur Verfügung. Das Fenster oben links zeigt, dass das Verzeichnis „Use Case View“ geöffnet ist und den Blick auf das „Main“-Diagramm im rechten Feld freigibt. Dargestellt ist ein Use-Case-Diagramm, in dem das Symbol „Bediener“ markiert ist. Der Verweis unterhalb dieser Bezeichnung macht deutlich, dass dieses Element auch in einem anderen Zusammenhang verwendet wird. Die Datenbank im Hintergrund liefert den Hinweis, dass eine Verbindung zu einer anderen Darstellung besteht. Jedes Element, das auf dieser Datenbank erzeugt wird, kann in verschiedene Grafiken eingebunden werden. Die Beschreibung des Elements wird im Fenster unten links dargestellt. Zur Bearbeitung stehen die Befehle entweder als Symbole oder in der Menüleiste zur Verfügung. Nach dieser Orientierung auf der Bildschirmseite möchte ich das Bild noch einmal auf das Fenster in der linken oberen Ecke lenken. Im Baumdiagramm werden die weiteren Verzeichnisse „Logical View“, bei der es um Klassen geht, und der

„Component View“, die der Darstellung von Modulen, Hardware-Elementen und Verteilung von Rechenprozessen dient, angeboten.<sup>9</sup>

### **3.3 Implementation in JAVA**

Die hier erzeugten Abbildungen werden in der objektorientierten Programmiersprache Java implementiert. Der Grund für diese Entscheidung besteht in den Präferenzen des Autors.<sup>10</sup> Im Anhang der Arbeit befindet sich das Programm, das in Zusammenarbeit mit Alexander Zey entstanden ist .

### **3.4 Entwicklungsabschnitte des Modells**

#### **3.4.1 Anforderungen aufnehmen**

Luna ist ein mittelgroßer Labrador-Retriever-Mischling, der in der Familie meiner Schwägerin aufgewachsen ist. Sie ist das Vorbild für die Modellierung. Meine Beobachtungen bilden die Grundlage, um die Systemanforderungen festzulegen.



Bild: 3.2 Luna

---

<sup>9</sup> Vgl. Kapitel 2.3.4 Die Unterscheidung nach G. Booch in die logische und die physikalische Sicht findet hier Anwendung. Die Logical View dient der Darstellung der Programmstrukturen, die Component View zielt auf die physischen Zusammenhänge.

<sup>10</sup> Krüger, G.: Go to Java 2. 1999. S. 43

Lunas Verhalten liefert Hinweise auf ihr Befinden und ihre Bedürfnisse. Die Aufgabe für einen Beobachter besteht darin, die Zeichen, die der Hund aussendet, lesen zu lernen. Ich leite folgende Eigenschaften ab:

Luna ist als 7 Wochen alter Welpen in die Familie gekommen. Sie ist heute 12 Monate alt. In dieser Zeit hat sie sich in ihrer Rolle in der Familie entwickelt. Stubenreinheit, an der Leine gehen, weglaufen, von der Polizei eingefangen werden und eine Nacht im Tierheim mögen als Hinweise auf eine bewegte Zeit ausreichen. Sie schlägt an, sie ist ein geduldiger Spielkamerad der jungen Kinder, sie sucht die körperliche Nähe oder wendet sich ab, wenn es zuviel wird. Welches Alter der Hund erreichen wird, ist offen. Ein wesentlicher Faktor für das Lebensalter und die Entwicklung des Hundes ist die Pflege. Futtermengend stellen dazu einen Aspekt dar. Sie bekommt nach vielen Experimenten mit verschiedenen Futterarten und der Warnung des Tierarztes, dass schnelle Gewichtszunahme das Knochenwachstum überfordert und der Entwicklung des Hundes schadet, bestimmte Mengen zu festgelegten Zeiten. Ein wesentliches Ernährungsproblem ergibt sich durch die Betteleien am Tisch. Hier gilt es einen strengen Kurs zu fahren, der für alle Familienmitglieder bindend ist. Ausgenommen von dieser engen Regel ist die Verwendung von Belohnungen, die zusätzlich zum Grundfutter gegeben werden können. Die entsprechende Bewegung stellt die zweite Größe dar, die sich auf die Gewichtszunahme auswirkt. Viel Spielen und Laufen beeinflusst unmittelbar das Gewicht.

Luna benötigt Zuwendung. Sie stupst mit der Nase denjenigen an, von dem sie Streicheleinheiten möchte. Luna ist aber außerdem eine launische Hundedame, die unvorhergesehenen Stimmungsschwankungen unterliegt. Sie spielt gern und holt Stöcke mit einer unglaublichen Ausdauer. Sie nimmt sich einerseits den Schlaf über den Tag verteilt, andererseits passt sie sich dem Rhythmus der Familie an. Auch Luna benötigt neben der netten Form der Zuwendung auch das Aufweisen entsprechender Grenzen. Sie muss diszipliniert werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Pflege ist das Einschreiten bei Krankheiten. Rechtzei-

tiges Erkennen dieser Störungen erspart Schmerzen, verringert die Medikation und verkürzt die Genesungszeit. Gute hygienische Bedingungen sind ihrer Gesundheit zuträglich. Diesen Hund kennzeichnet als Summe aus der Beschreibung ein Verhaltensspektrum, das ihn von anderen Hunden unterscheidet. Diese Eigenschaften würden von einem Hundeliebhaber als Charakter bezeichnet werden.

Zusammenfassend lassen sich folgende Anforderungen tabellarisch erfassen:

| <b>Stichwort</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|------------------|--|
| Lebenserwartung  | Das Lebensende tritt überraschend ein, lässt sich aber in gewissen Grenzen beeinflussen.   |
| Pflege           | Unter dem Oberbegriff „Pflege“ lassen sich verschiedene Faktoren wie Futter, Schlaf, Reinheit und Zuwendung zusammenfassen. Sie stellen einen wesentlichen Faktor für die Lebenserwartung und Entwicklung dar.   |
| Zuwendung        | Unter dem Oberbegriff „Pflege“ bildet die „Zuwendung“ einen weiteren Oberbegriff, der für Spiel, Streicheln und auch für das Aufzeigen von Grenzen steht.  |
| Futter           | Die angemessenen Futtermengen spielen eine besondere Rolle für die Lebenserwartung und die Entwicklung. Der Hund läuft schnell Gefahr, zuviel Gewicht zu machen. Dabei kann in Hundefutter als Grundfutter und Süßigkeiten oder auch Belohnungen unterschieden werden. |
| Spiel            | Beim Spielen wird Energie umgesetzt. Luna wird müde.   |
| Stimmung         | Luna hat Stimmungen, die sich durch Zuwendung beeinflussen lassen.   |

|                        |   |
|------------------------|---|
| Schlaf                 | Sie hat Schlafrhythmen.   |
| Krankheit              | Sie kann krank werden. Sauberkeit spielt dabei eine Schlüsselrolle. |
| Disziplin              | Sie hat Launen. Ihr müssen Grenzen aufgezeigt werden.               |
| Charaktereigenschaften | Der Hund zeigt Verhalten in einem für ihn typischen Spektrum.       |

Diese Beschreibungen setzen der Modellierung einen Rahmen. Über diese Momentaufnahme Lunas hinaus hat das Modell das gesamte Hundeleben von Lebensanfang bis zum Lebensende mit all seinen Möglichkeiten abzudecken. Die hier beschriebenen Zusammenhänge einzelner für das Hundeleben wichtiger Faktoren stellen den Rahmen für die Modellierung dar, ohne dabei jeden Zusammenhang im Detail zu beschreiben.

### 3.4.2 Erste Folgerungen aus der Beschreibung

Diese Anforderungen sind in das zu entwickelnde Programm zu überführen. Damit das Original Luna und sein virtuelles Modell unterscheidbar bleiben, nenne ich es „Lunatic“.

Um den Anfang und das Ende des virtuellen Hundelebens von Lunatic zu setzen, wird in dem Modell durch den Start ein elektronisch gesteuertes Leben in Gang gesetzt. Das Ende des virtuellen Hundelebens entzieht sich in gewissem Sinne dem Einfluss des Besitzers, solange er die damit verbundenen Algorithmen nicht erkannt hat. Vom Start bis zum Lebensende kann der Bediener auf Zustände Lunatics, die über das Display gemeldet werden, reagieren. Die Art und Weise der Behandlung dieses virtuellen Haustieres beeinflussen seine Entwicklung und seine Lebensdauer.

Schematisch lässt sich das Zusammenwirken von Bediener und seinem virtuellen Haustier in einem vereinfachten Regelkreis darstellen:

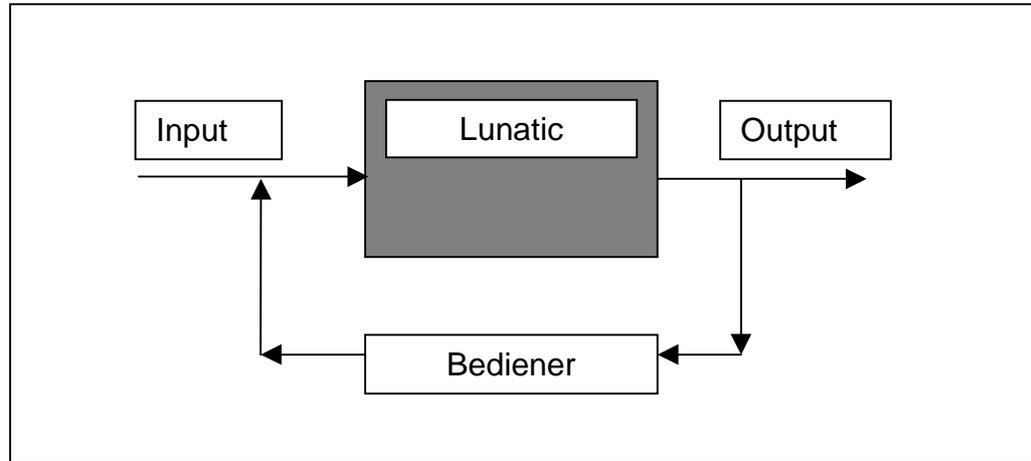


Bild 3.3: Vereinfachter Regelkreis Bediener- Lunatic

Das Lunatic hat Eingabemöglichkeiten (Input) und eine Anzeige in Form des Displays (Output). Der Regelkreis wird geschlossen, sobald der Bediener Lunatic startet. Er hat die Funktionen des „Reglers“ zu erfüllen, der mit Pflege-Strategien als Führungsgröße für das virtuelle Haustier sorgt. Dieser Zusammenhang lässt sich detaillierter darstellen:

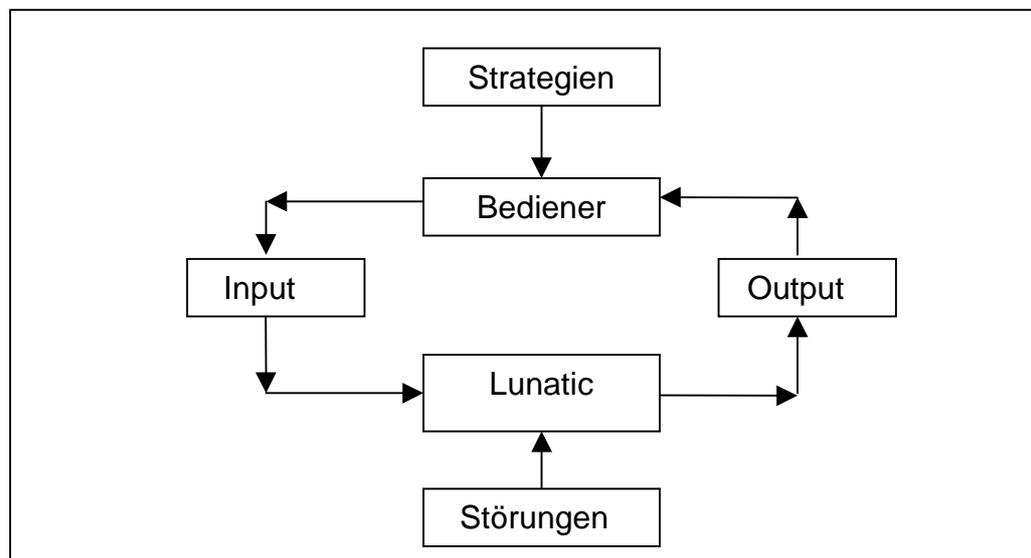


Bild 3.4: Regelkreis Bediener- Lunatic

In Abhängigkeit von der Zeit und dem Zustand des Lunatic werden Störungen ausgelöst. Sie sind Bestandteil des Systems und werden dann

wirksam, wenn auf den Output  $x$  der entsprechende Input  $y$  nicht innerhalb einer Zeit  $t$  erfolgt. Auf mangelndes oder falsches Fürsorgeverhalten reagiert das virtuelle Tier mit Störungen. Erfahrungen über die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge in Lunatic erwirbt sich ein Bediener durch Variationen der Eingabe und der Beobachtung der eintretenden Folgen.

### **3.4.3 Use-Case-Typen benennen**

Auf der Systembeschreibung baut die Entwicklung eines Use-Case-Diagramms auf, das „in erster Linie einer übersichtlichen Darstellung auf hohem Niveau [dient; d. Verf.]“.<sup>11</sup> Aus den Beobachtungen wird ein erstes grafisch unterstütztes Modell gefertigt. Dabei werden Funktionsbereiche und erste Bezeichnungen festgelegt, um das weitere Vorgehen zu strukturieren. Das Use-Case-Diagramm dient zur Festlegung der Systemgrenzen. Use-Cases sind komplette, in sich geschlossene Einheiten, die auf eine Benutzung durch einen Aktor einen Wert zurückliefern.

---

<sup>11</sup> Burkhardt, R.: UML- Unified Modeling Language. 1997. S. 331

Auf Lunatic bezogen stellt folgende Abbildung eine Darstellungsmöglichkeit dar:<sup>12</sup>

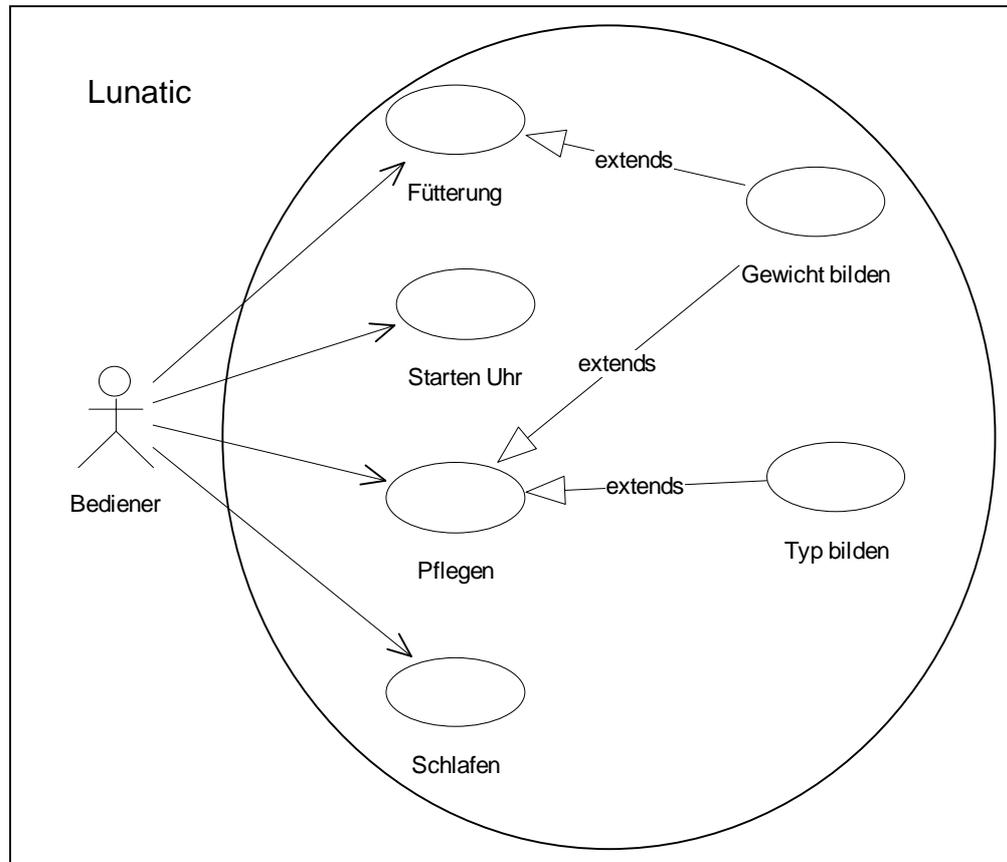


Bild 3.5: Use-Case-Modell Lunatic

### Bediener

Der Bediener verfügt über die Möglichkeiten, das virtuelle Haustier zu starten und Eingaben vorzunehmen. Er kann das Tier füttern, pflegen und schlafen legen. Die veränderten Zustände können über eine Ausgabe kontrolliert werden. Der Bediener kann das Tier über die Anzeige kontrollieren und auf seine Zeichen und Zustände so reagieren, wie er es für angemessen hält.

### Starten Uhr

Der Bediener erweckt das Tier zum Leben. Mit dem Start beginnt das Leben des virtuellen Haustiers und damit seine Abhängigkeit von sei-

<sup>12</sup> Vgl. Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. 1994. S. 38f. B. beschreibt das Entwickeln von Software als eine Kunst. Dabei sind die Kategorien aus der Informatik nicht „richtig“ oder „falsch“. Viele verschiedene Wege sind möglich.

nem Bediener. Eine Uhr stellt das elektronische Herz des Tieres dar. Durch verschiedene interne Zustände kann das Leben des Tieres beendet werden. Der Bediener hat nur die Möglichkeit, durch seine Eingaben die Lebensdauer des Tieres zu beeinflussen.

### **Schlafen**

Das Tier verfügt über einen Schlafrhythmus. Der Bediener kann es entsprechend schlafen legen, indem er das Licht löscht. Das virtuelle Haustier verfügt über einen Schlafrhythmus. Wenn es schläft, sollte das „Licht“ gelöscht werden.

### **Fütterung**

Durch Eingaben von „Hundefutter“ und „Süßigkeiten“ wird der Hunger des virtuellen Tieres gestillt.

### **Pflegen**

Pflege bedeutet Säubern, Spielen und Disziplinieren. Mit entsprechenden Meldungen werden die Zustände angezeigt, auf die der Bediener durch verschiedene Eingaben reagieren kann. Der Aspekt der Krankheit wird als ein Zeichen mangelnder Pflege umgesetzt. Wenn das Tier nicht gesäubert wird, treten Krankheiten auf.

### **Gewicht bilden**

Das Gewicht erweitert („extends“) die Use-Cases Pflege und Futter. Die Eingaben wirken sich auf die Gewichtsbildung aus. Das Gewicht Lunatics entwickelt sich in Abhängigkeit der Futtermengen. Süßigkeiten wirken sich stärker aus als Hundefutter. Durch das Wachstum erfolgt ein zeitgesteuerter Gewichtsverbrauch, der durch Spielen erhöht werden kann.

### **Typ bilden**

Das Tier hat durch die Funktion der Uhr ein Leben. In Abhängigkeit von der Pflege entwickeln sich bei der Alterung Typen mit einer Lebenserwartung. Die Lebenserwartung wird über das Alter des Tieres ge-

steuert. Zu elf verschiedenen Charakteren oder auch „Typen“ kann sich Lunatic in bestimmten Altersschritten entwickeln. Die Anzahl ist willkürlich gewählt. Es geht darum, die Abhängigkeit zwischen der Art und Weise der Pflege und der Ausbildung der unterschiedlichen „Typen“ abzubilden.

Die Use-Case-Typen „Gewicht bilden“ und „Typ bilden“ stellen eine Besonderheit dar. Der Bediener beeinflusst durch seine Eingaben diese Use-Cases nur indirekt. Weil sie abhängig sind von der Fütterung und der Pflege, erweitern sie diese Use-Cases. Die Bezeichnung im Modell lautet „extends“.

Die Anforderungen lassen sich in einer Systembeschreibung zusammenfassen: Das virtuelle Haustier wird durch den Bediener zum Leben erweckt, indem er über einen Start-Knopf das System Lunatic aktiviert. Das Tier hat eine Lebensdauer, die durch die Art und Menge der Eingaben beeinflusst werden kann.

#### **3.4.4 Analyse – Modellierung der Use-Cases**

Mit den Use-Cases und der Systembeschreibung ist ein Rahmen für die Modellierung festgelegt. Es geht in den nächsten Schritten um das Modellieren der einzelnen Funktionen.

## Starten Uhr

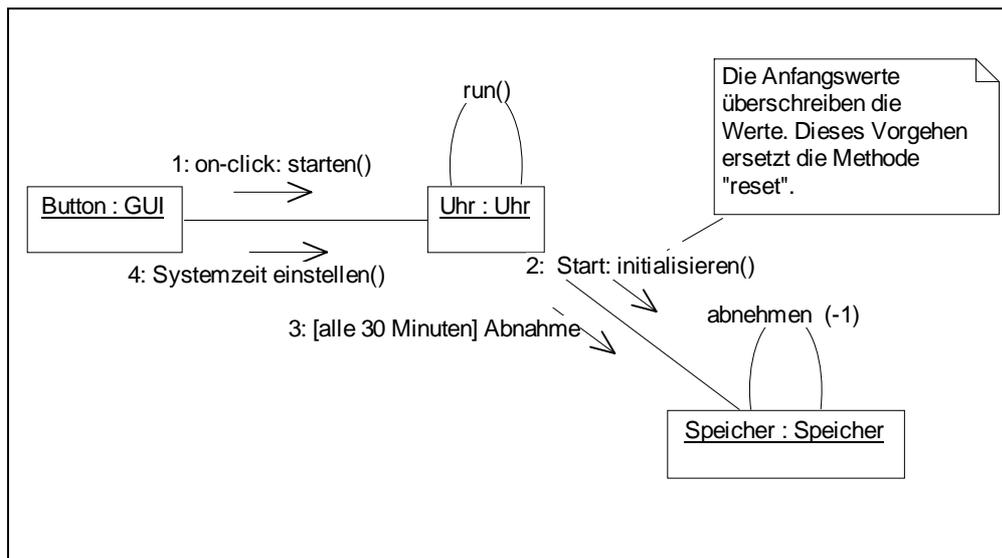


Bild 3.6: Kollaborationsdiagramm Starten Uhr

Die Systembeschreibung sieht vor, dass der Bediener durch Knopfdruck („on-click“) den Lebenszyklus des Lunatic in Gang setzen kann. Für die Funktionen der Ein- und Ausgabe wird hier der Begriff „Graphical User Interface“ (kurz: GUI) verwendet, der die Schnittstelle zwischen System und Nutzer darstellt. Das Bedienelement ist ein Druckknopf, der in Programmiersprachen als „Button“ bezeichnet wird. Buttons als Möglichkeit der Eingabe zählen hier zur Klasse des „GUI“. Die Betätigung des Buttons führt zum ersten Ereignis, das die Uhr startet. Wenn die Methode „run“ aufgerufen wird, beginnt die Uhr zu laufen. Das Objekt „Uhr“ kennt die „Speicher“ und „initialisiert“ das Einsetzen von Anfangswerten in den verschiedenen Speichern. Bis zum Lebensende wird jetzt von dem Objekt „Uhr“ der Verbrauch des virtuellen Haustieres gesteuert. Im 30-Minuten-Takt erhalten die „Speicher“ die Nachricht „Abnahme“, die bei ihnen die Methode „abnehmen“ aufruft. Sie verringern daraufhin ihren Inhalt um den Betrag 1. Das virtuelle Haustier lebt. Sein zeitgesteuertes Herz hat zu schlagen begonnen.

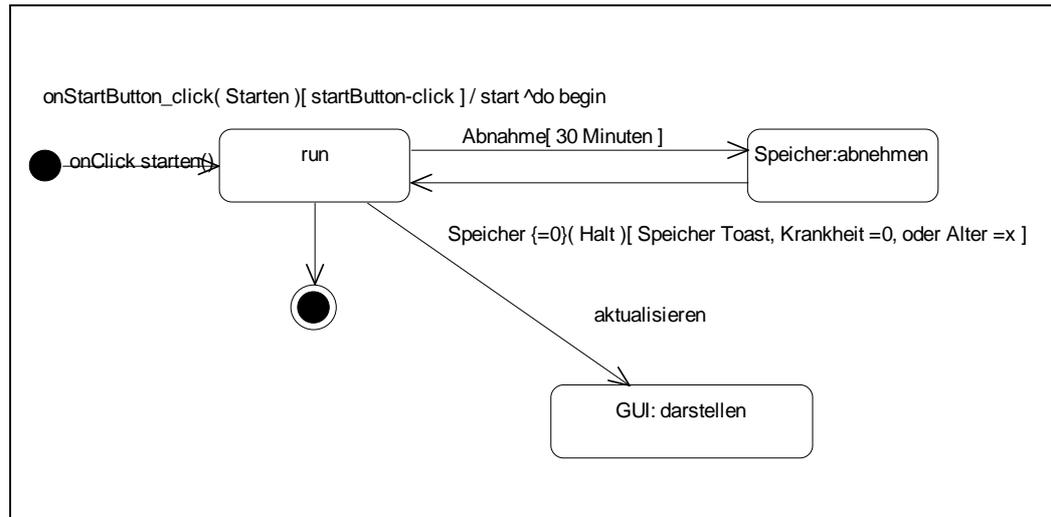


Bild 3.7: Zustandsdiagramm Uhr starten

Das Ereignis „onStartButton\_click“ führt zum Start der Uhr, die damit beginnt, im 30-Minuten-Takt an die Speicher die Nachricht „Abnahme“ zu senden. Sollten die Inhalte der Objekte Speicher Hundefutter, Krankheit oder Alter bestimmte Werte einnehmen, wird die Uhr benachrichtigt und zum Anhalten aufgefordert. Das Lebensende wird auf dem „GUI“ dargestellt. Die Bedingungen für den Beginn und das Lebensende sind damit beschrieben.

### Starten Uhr

Um den Ablauf dieser Prozesse zwischen den Objekten und den Veränderungen in der Zeit darzustellen, bietet das Sequenzdiagramm eine weitere Perspektive.

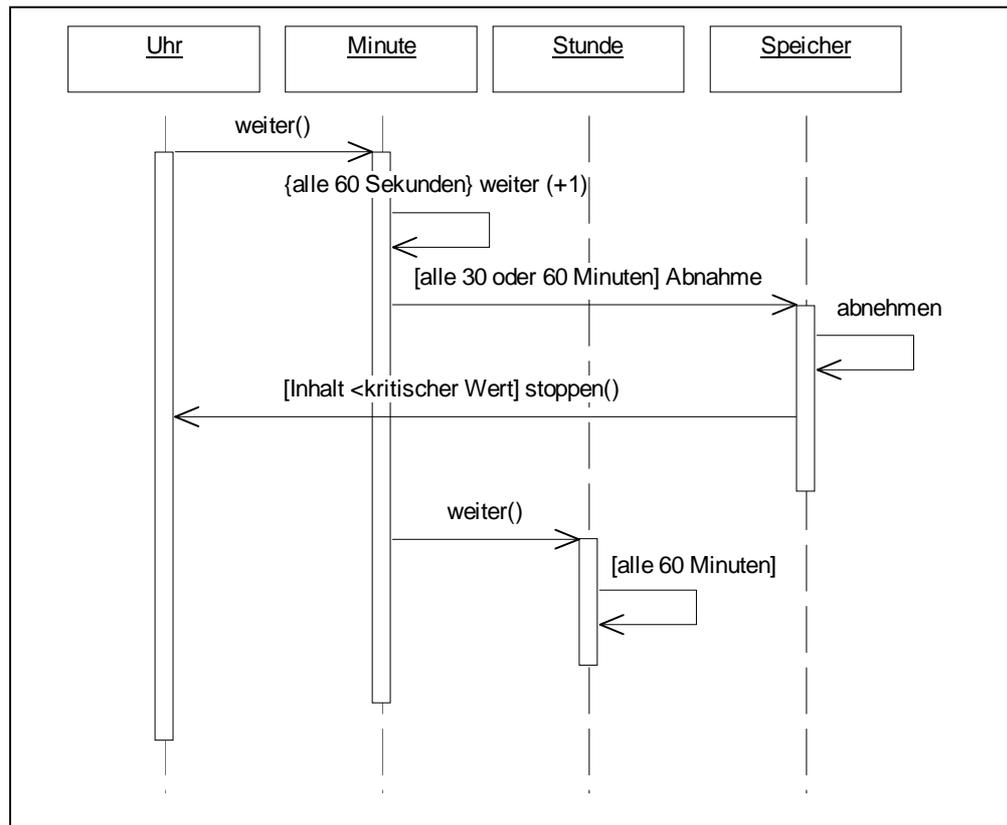


Bild 3.8: Sequenzdiagramm Uhr

Um das Verhalten der Uhr zu realisieren, muss der elektronische Takt in Minuten und Stunden umgesetzt werden. Das Sequenzdiagramm dient dabei der Darstellung einer zeitlichen Abhängigkeit. Mit „weiter“ wird der Zähler der Minuten vorangetrieben. Im 60-Sekunden-Takt nehmen die Minuten um 1 zu. Nach 30 Minuten sendet dieses Objekt die Nachricht „Abnahme“ an die „Speicher“, deren Inhalt dann um den Betrag 1 abnimmt. Sollte der Inhalt der „Speicher“ einen kritischen Wert erreichen, wird die „Uhr“ gestoppt. Das Objekt „Minute“ gibt die Minuten an das Objekt Stunde weiter. Nach 60 Minuten zählt das Objekt „Stunde“ um den Betrag 1 „weiter“.

# Alter

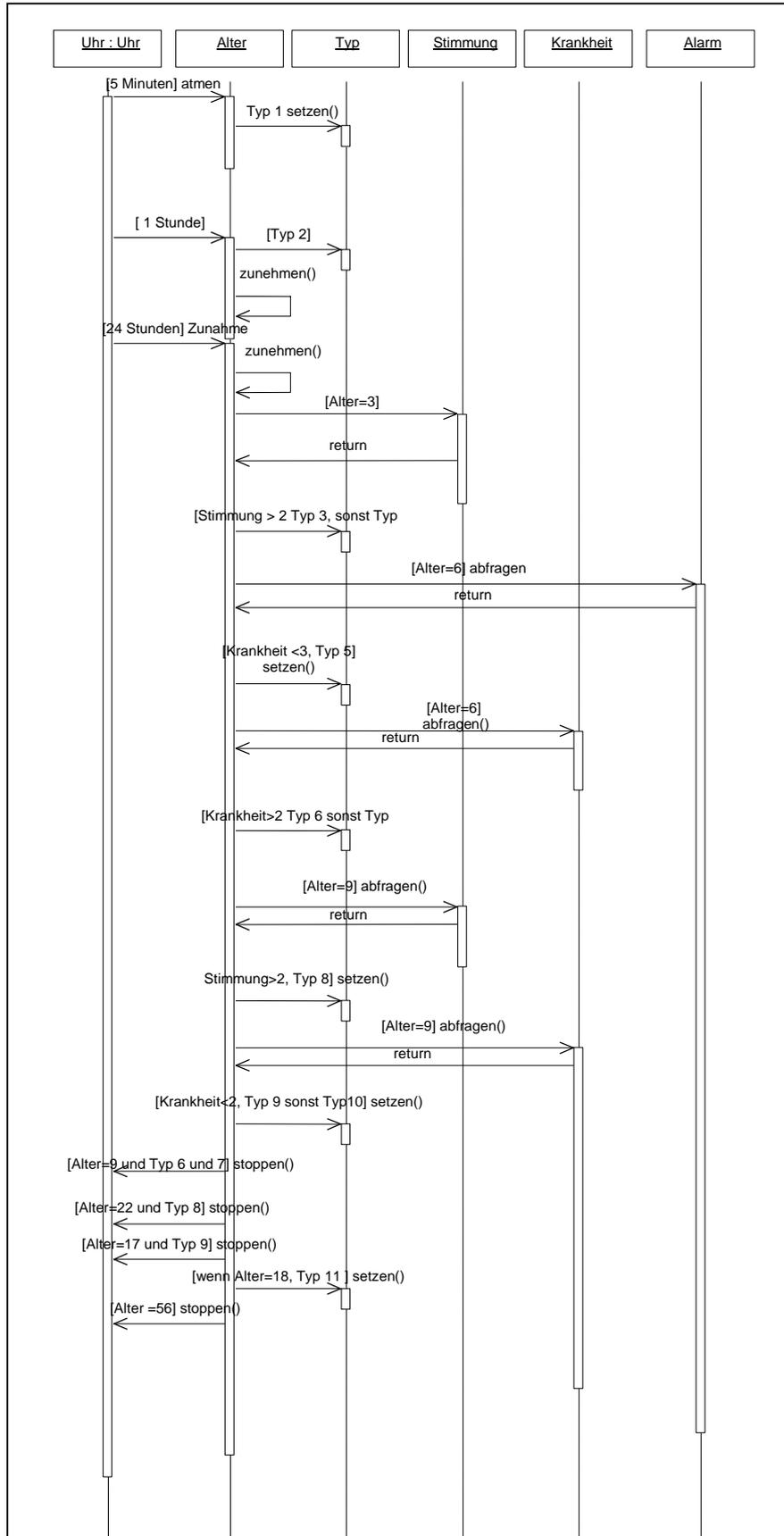


Bild 3.9: Sequenzdiagramm Alter

Folgende Gedanken liegen der Modellierung des Alters in dieser Darstellung zugrunde. Es ist eine Funktion, die durch die „Uhr“ gesteuert wird. Dabei geht es am Anfang des Programms um mehr als eine einfache Zunahme. An das „Alter“ werden Funktionen geknüpft, die dem Bediener die Illusion von Leben vermitteln. Fünf Minuten dauert die Geburt. Dann, wenn Lunatic selbständig zu atmen beginnt, wird es zum „Typ1“, der als „Welp“ bezeichnet wird. Die Augen sind bei dem virtuellen Haustier noch geschlossen. Die Nachricht läuft über das Objekt „Alter“. Nach der ersten Lebensstunde feiert das Tier den ersten Geburtstag. Die Nachricht kommt von der „Uhr“. Das Objekt „Alter“ setzt den „Typ2“. Nach diesen beiden Ausnahmen nimmt das Objekt Alter alle 24 Stunden um den Betrag 1 zu. Beteiligt sind bisher die „Uhr“, das „Alter“ und der „Typ“.

Zu bestimmten Geburtstagen werden Entscheidungen durch das Objekt „Alter“ getroffen. Es geht dabei um die Lebenserwartung des Tiers und die Frage, zu welchem „Typ“ es sich entwickeln wird. Dabei spielen der Dialog aus „abfragen“ und „zurückgeben“ (return) mit den Objekten „Stimmung“, „Krankheit“ und „Alarm“ eine Rolle. Die aktuellen Werte dieser Speicher repräsentieren die Pflege des Tieres und sind maßgebend für seine Entwicklung. Durch die entsprechenden Bedingungen werden die verschiedenen Typen von 1 bis 11 gesetzt. Nach Ablauf der damit verbundenen Lebenserwartung wird die „Uhr“ gestoppt. Das höchste Alter beträgt 56 virtuelle Jahre.

## Fütterung

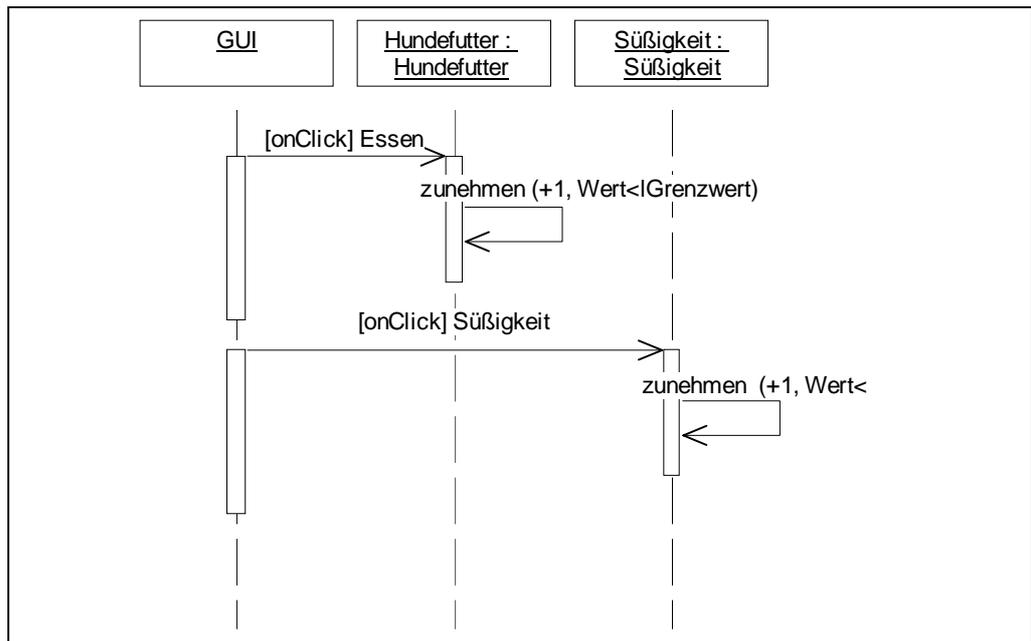


Bild 3.10: Sequenzdiagramm Fütterung

Die Ernährung des virtuellen Haustiers erfolgt in diesem Fall durch die entsprechende Eingabe über das „GUI“. Das Tier ernährt sich von Hundefutter und Süßigkeiten. Sobald eine Einheit durch das Ereignis „onClick“ zugeführt worden ist, erhöhen die Objekte ihren Inhalt, indem sie um den Wert 1 „zunehmen“. „Hundefutter“ und „Süßigkeit“ verfügen über einen Wertebereich, der die Eingabemöglichkeiten begrenzt. Die Darstellung in den Objekten durch zwei Namen, die durch den Doppelpunkt getrennt sind, ergeben sich, sobald ein Objekt einer Klasse zugewiesen wird. Immer dann, wenn bei der Modellierung die Zuordnung eines Objekts zu einer Klasse vorgenommen wird, wirkt sich die Veränderung durch die gemeinsame Datenbank auf alle betroffenen Diagramme aus, in denen dieses Objekt eine Rolle spielt.

## Pflegen

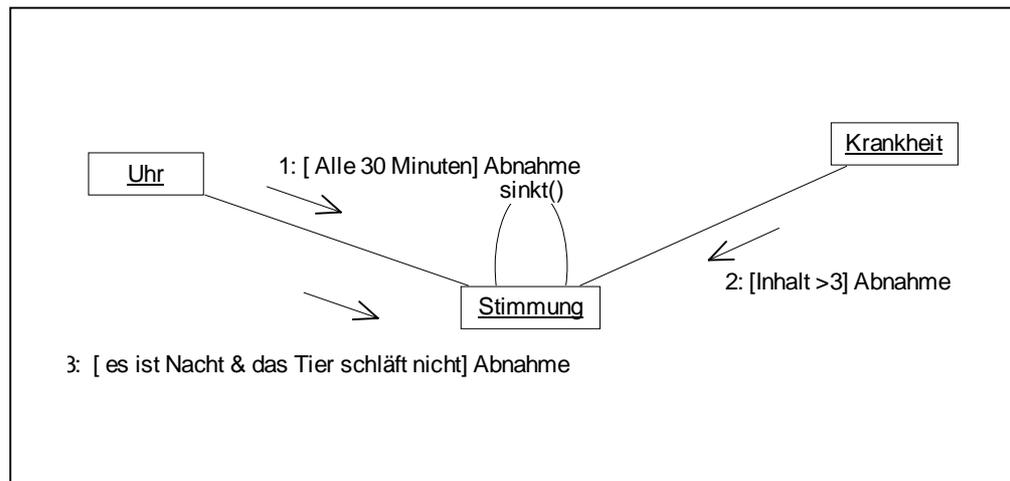


Bild 3.11: Kollaborationsdiagramm Stimmung

Die Stimmung des virtuellen Haustiers unterliegt zunächst als Speichertyp dem zeitgesteuerten Verbrauch. Alle 30 Minuten wird die Nachricht der Uhr umgesetzt in ein Sinken der „Stimmung“ um den Betrag 1. Weitere Einflüsse auf die „Stimmung“ erfolgen, wenn das Objekt „Krankheit“ den Wert 3 unterschreitet und wenn das Tier, obwohl es Nacht ist, nicht schläft.

Zur Pflege des virtuellen Haustiers zählt auch die Sauberkeit.

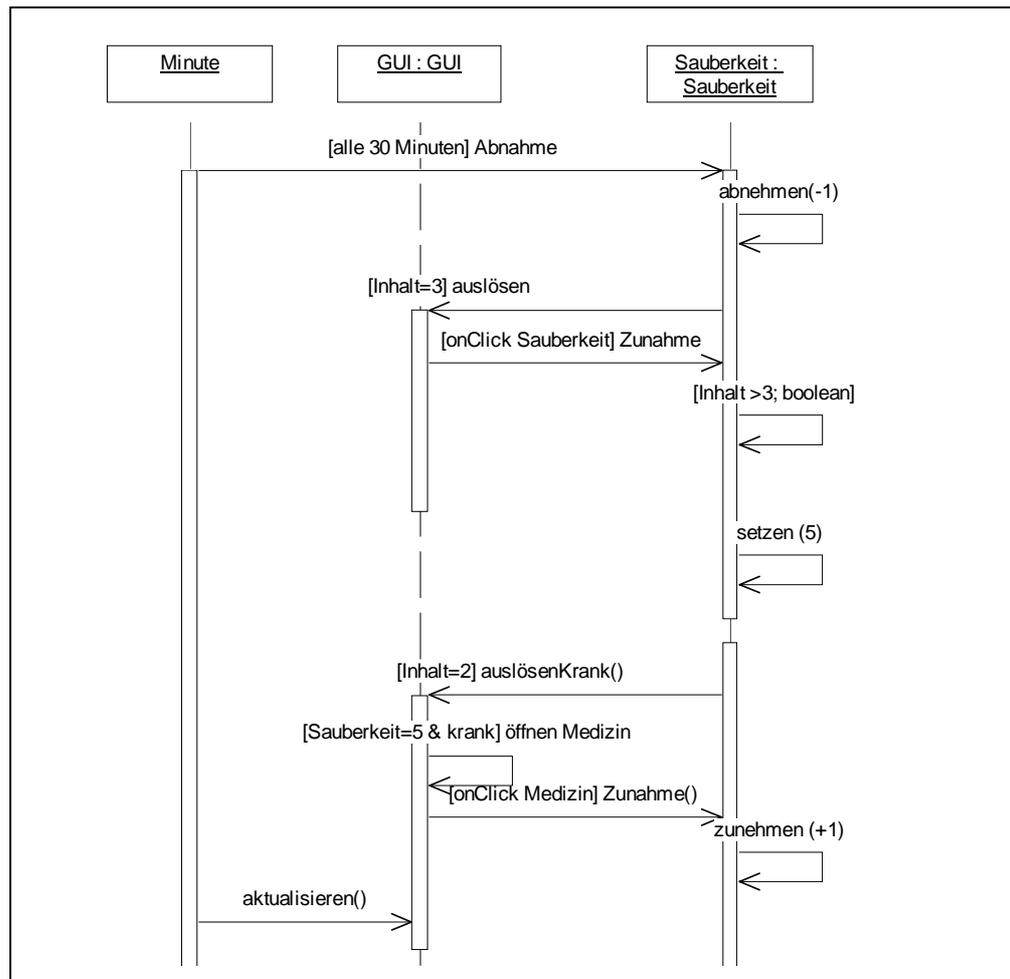


Bild 3.12: Sequenzdiagramm Sauberkeit

Das Objekt „Sauberkeit“ wird nach 30 Minuten von der Uhr benachrichtigt und führt dann die Methode „abnehmen“ aus. Dabei verringert sich der Inhalt um den Wert 1. Hygiene ist auch für dieses Tier eine zentrale Kategorie. Wenn sich der Inhalt des Speichers auf 3 reduziert hat, löst das Objekt „Sauberkeit“ den Zustand „nichtsauber“ aus, der im „GUI“ angezeigt wird. Sobald die Säuberung erfolgt ist, setzt das Objekt „Sauberkeit“ seinen Inhalt auf 5. Erfolgt keine Reaktion des Bedieners, wird „Alarm“ ausgelöst, sobald der Speicherinhalt kleiner 3 ist. Außerdem wird das Tier krank. Die Option der „Medizineingabe“ setzt voraus, dass die Ursache für die Krankheit beseitigt ist und das Tier gesäubert worden ist. Erst nach der erfolgten Säuberung und der Eingabe der Medizin ist dann wieder Ruhe im System. Die Verbindung zwischen der Uhr und der „GUI“ soll verdeutlichen, dass sich die Anzeige zeitgesteuert „aktualisiert“.

## Krankheit

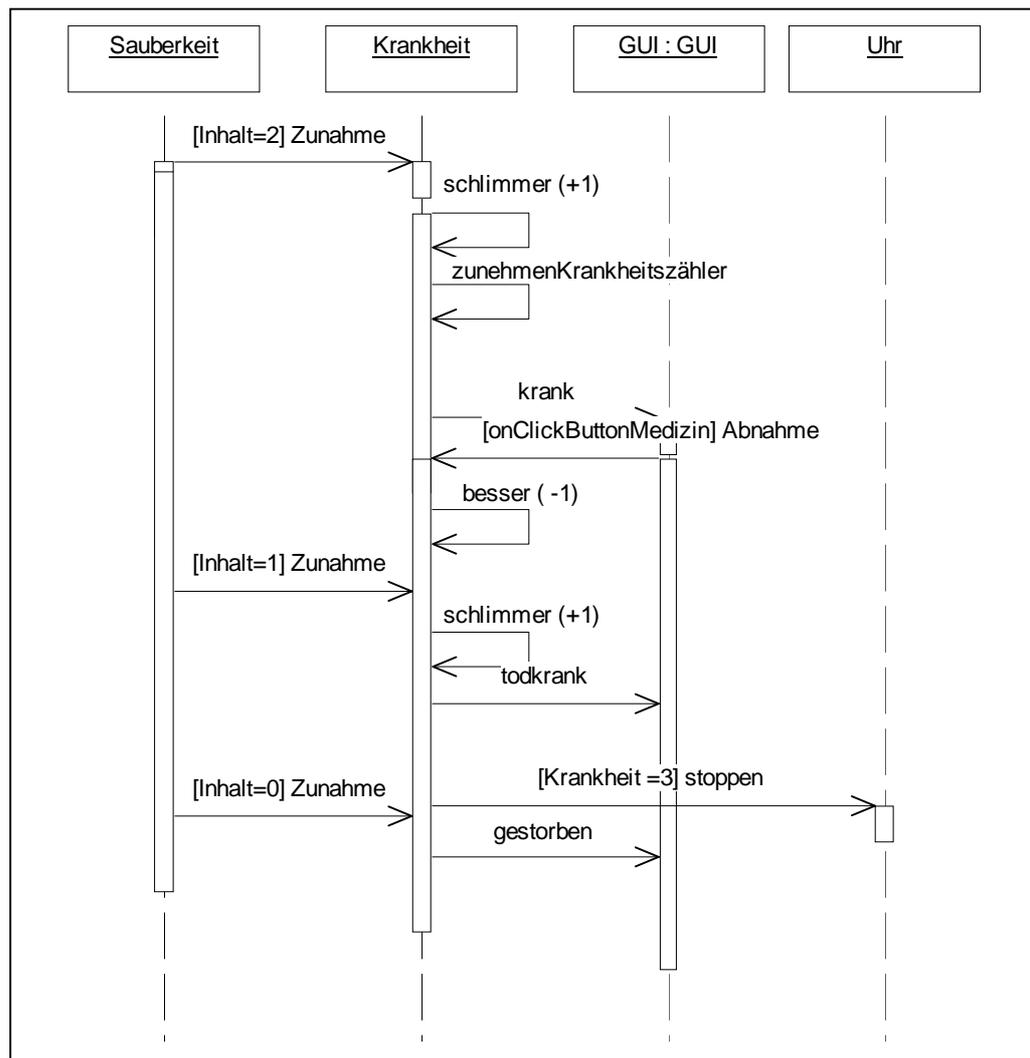


Bild 3.13: Sequenzdiagramm Krankheit

Krankheit ist die Folge, wenn das Tier nicht innerhalb von 30 Minuten gesäubert wird. Mit dem Sauberkeitsinhalt 2 wird das Objekt „Krankheit“ aufgefordert, seinen Inhalt um 1 zu erhöhen. Das Tier ist „krank“ und kann diesen Zustand nur durch die Einnahme von Medizin überleben. Es wird dann „todkrank“. Sollte auch auf diesen Zustand keine Reaktion des Bedieners erfolgen, ist das Lebensende mit einem Speicherinhalt von 3 erreicht, und die Uhr erhält die Nachricht zu „stoppen“. Unberührt von der Krankheit ist die Ursache der Infektion, die damit nicht automatisch beseitigt ist. Das Tier muss auch gesäubert werden, damit der Speicherinhalt „Sauberkeit“ wieder auf den Anfangswert gesetzt wird.

## Disziplin

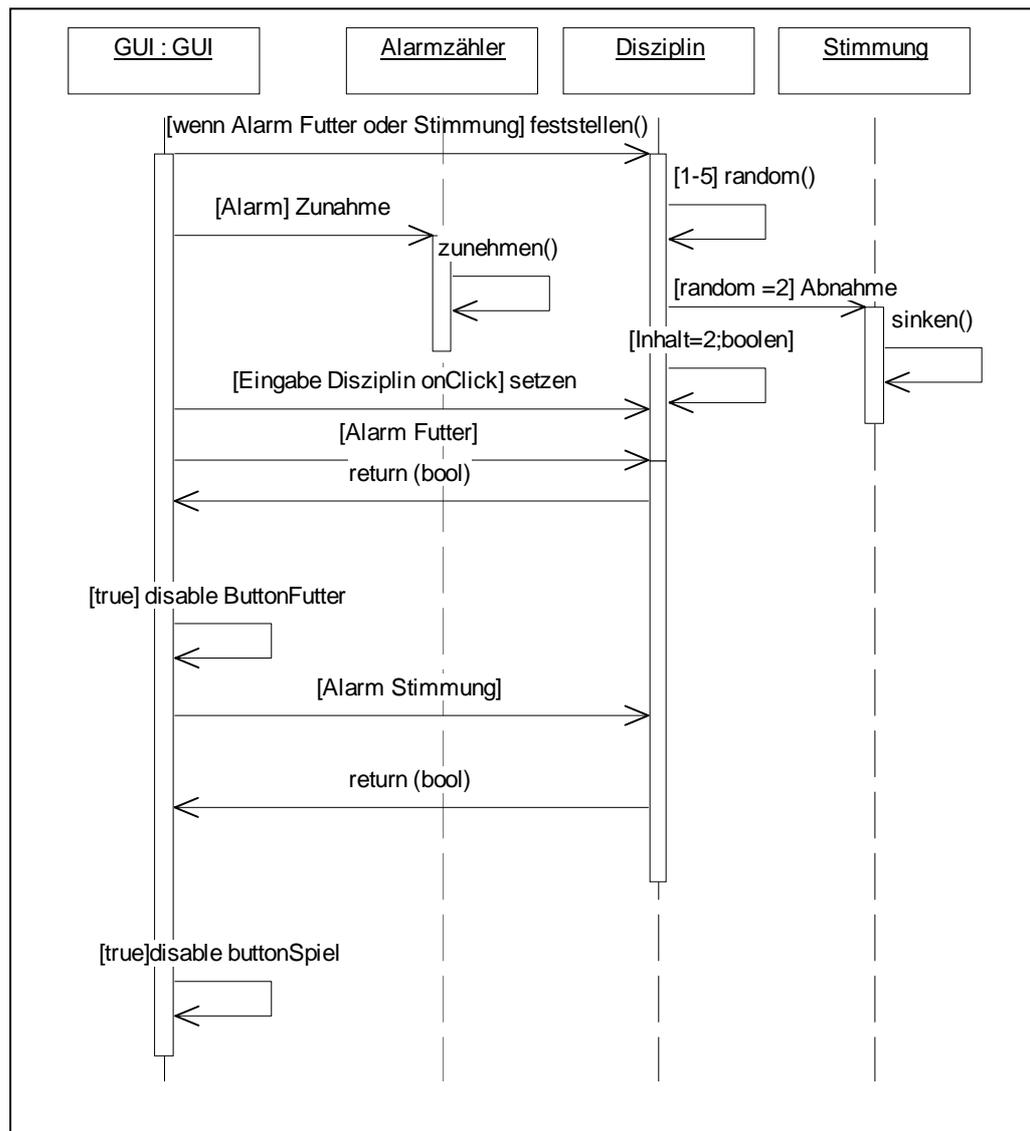


Bild 3.14: Sequenzdiagramm Disziplin

„Disziplin“ steht in der Pflege für das Phänomen, dass das virtuelle Tier etwas nicht möchte, obwohl es im Augenblick gut für es wäre. Es gibt z. B. einen „Alarm“, weil der Hundefutterspeicher einen kritischen Wert erreicht hat. Trotzdem lehnt das Tier trotziger das Futter ab. Das „GUI“ fragt bei einem „Alarm“ durch „Futter“ und „Stimmung“ die „Disziplin“ ab und bekommt einen Booleanwert zurück, der durch einen Zufalls-generator gebildet worden ist. Der „Alarmzähler“ registriert diesen Alarm, weil er ein Indikator für die Pflege ist. Wenn der Zufallswert die Zahl 2 ergibt, ist das Tier „unerzogen“. Die Folge dieses Zustands „un-

erzogen“ führt dazu, dass das „GUI“ die Eingabemöglichkeiten für „Futter“ und „Spiel“ (die Möglichkeit, die Stimmung zu beeinflussen) blockiert. Erst durch die Eingabe „Disziplin“ wird der Booleanwert auf „erzogen“ gesetzt, und die Eingaben werden wieder freigegeben. Bei unerzogenen Tieren verschlechtert sich die „Stimmung“. Das Objekt „Stimmung“ wird aufgefordert, um 1 zu sinken.

## Spiel

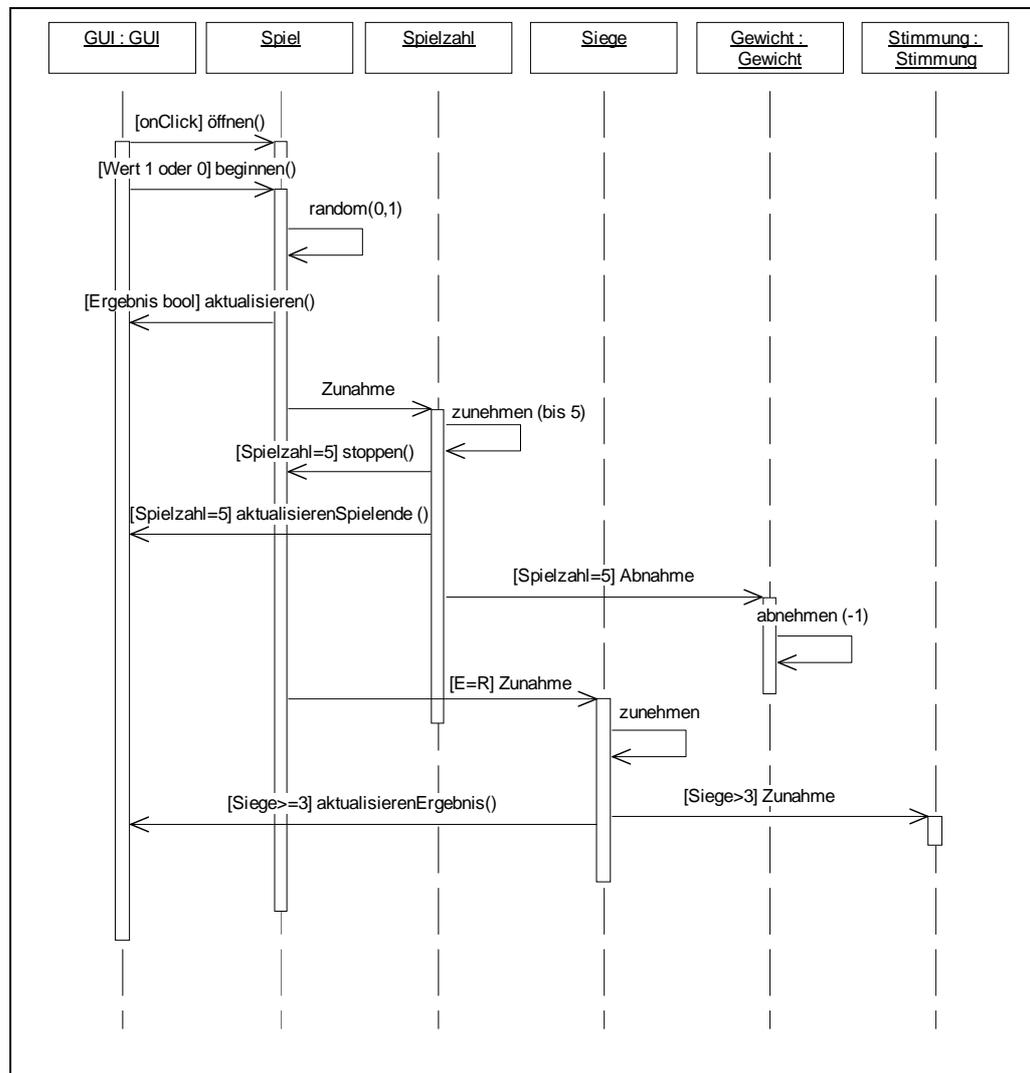


Bild 3.15: Sequenzdiagramm Spiel

Das „Spiel“ stellt eine besondere Form der Eingabe dar. Ein „Spiel“ besteht aus 5 Spielabschnitten. Sobald ein „Spiel“ gewonnen wurde, erhöht sich die „Stimmung“. Es zählt ebenfalls zur Pflege. Es handelt sich

um ein Ratespiel zwischen dem Bediener und dem Tier. Der Bediener gibt den Wert 1 oder 0 vor, der mit einem Zufallswert des Tieres verglichen wird. Übereinstimmungen werden mit einem Punkt belohnt. Es gilt die Regel „best of five“. Mindestens 3 Übereinstimmungen bei 5 Versuchen führen zu einem gewonnenen „Spiel“ und damit zur Zunahme der „Stimmung“. Spielen bedeutet Bewegung und wirkt sich deshalb auch auf das Gewicht aus. Die Umsetzung in einem Sequenzdiagramm liest sich wie folgt: Wenn der Bediener mit dem Tier spielen möchte, dann kann er das „Spiel“ durch das Ereignis „onClick“ öffnen. Der nächste Schritt besteht darin, einen Wert 0 oder 1 vorzugeben. Im Lunatic wird der Zufallswert gebildet. Das „GUI“ wird entsprechend dem Ergebnis aktualisiert. Gleichzeitig nimmt das Objekt „Spielzahl“ um 1 zu. Fünf Wahlmöglichkeiten bilden den Rahmen für ein Spiel. Das Objekt „Spielzahl“ benachrichtigt dann das „Gewicht“ und fordert es auf, um den Betrag 1 abzunehmen. Wenn Vorgabe und Zufallswert übereinstimmen, wird das Objekt „Siege“ benachrichtigt und nimmt um den Betrag 1 zu. Bei drei Siegen in einem „Spiel“ wird die „Stimmung“ benachrichtigt und das „GUI“ aktualisiert.

## Schlafen

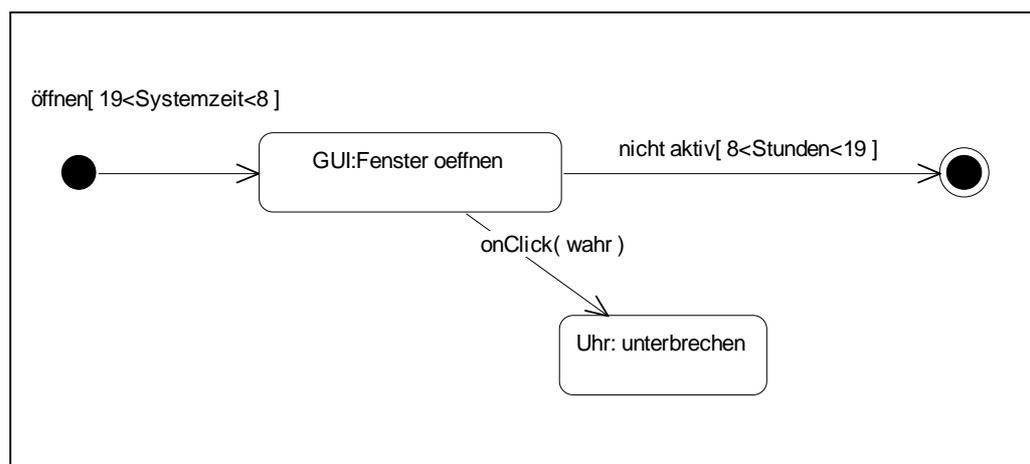


Bild 3.16: Zustandsdiagramm Schlafen

Lunatic verfügt über einen Schlafrhythmus. Wenn die Systemzeit kleiner als 8 und größer als 19 Uhr ist, wird durch das „GUI“ das Fenster „Schlafen“ geöffnet. Außerhalb dieser Stunden ist das Fenster

deaktiviert. Sollte der Bediener das Tier dann schlafen legen, indem er das „Licht“ löscht, wird der weitere Verbrauch der Speicherinhalte während der Schlafzeit unterbrochen.

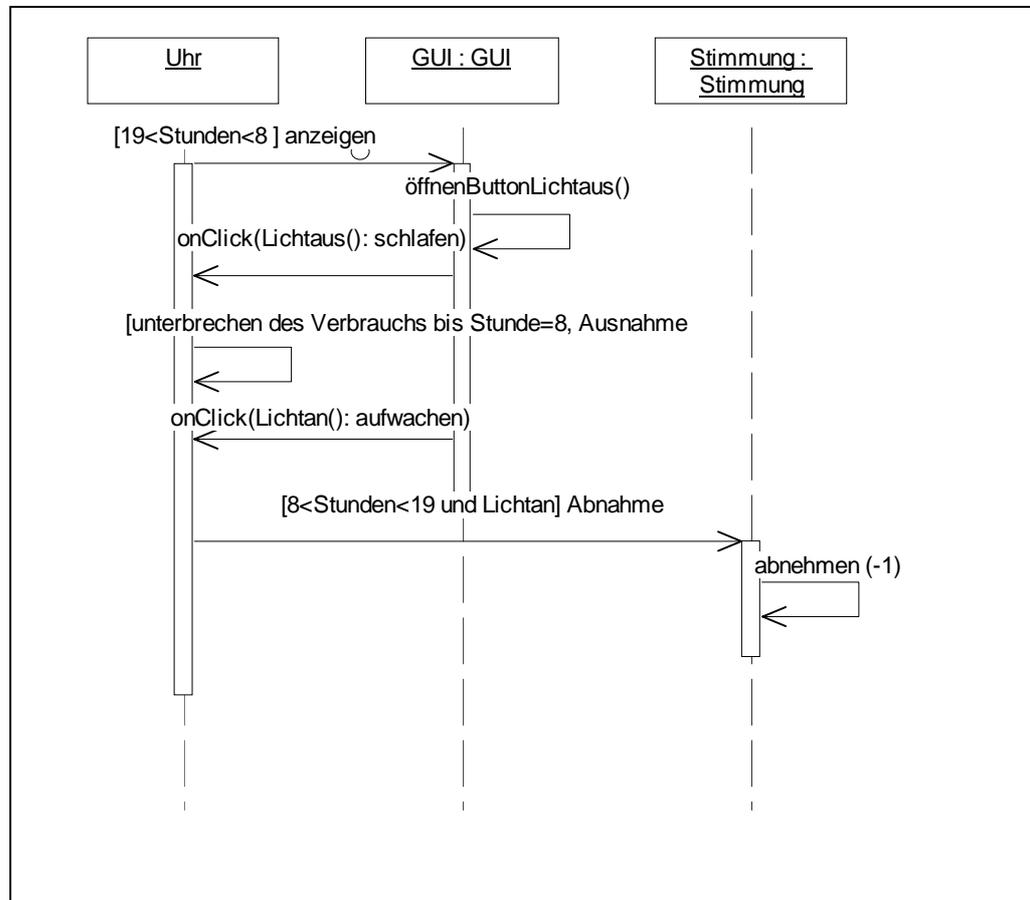


Bild 3.17: Sequenzdiagramm Schlafen

Wenn die „Schlafzeit“ erreicht ist, wird das Fenster „Lichtaus“ im „GUI“ aktiviert. Wenn der Bediener das Licht löscht, unterbricht die Uhr den Verbrauch der Speicherinhalte, bis das Licht wieder angemacht wird oder die Zeitbedingung nicht mehr erfüllt ist. Sollte das Tier während der Schlafzeit nicht schlafen gelegt werden, nimmt die „Stimmung“ um den Betrag 1 ab. Wenn die Zeitbedingung nicht mehr erfüllt ist, setzt der normale Verbrauchstakt wieder ein.

## Typ bilden

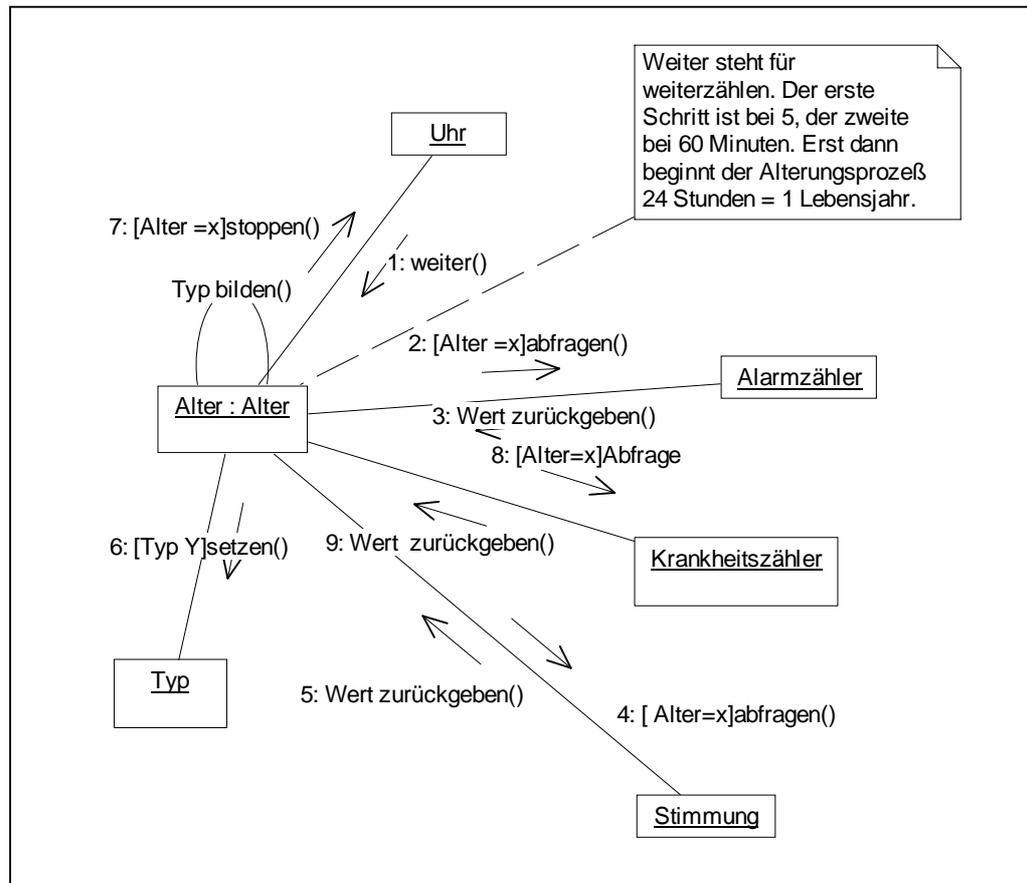


Bild 3.18: Kollaborationsdiagramm Typ bilden

Die Funktion des Alters spielt für die Entwicklung des Lunatic eine besondere Rolle. Hier erfolgt die Verwaltung Routinen, die die Typbildung und die damit verbundene Lebenserwartung steuern. Der „Typ“ hängt unmittelbar von der Art und Weise ab, wie das Tier bis zu diesem Zeitpunkt behandelt worden ist. Als Indikatoren für die Pflege werden die Anzahl der Alarme und Erkrankungen des Tieres verwendet. Gute Pflege und Zuwendung wird mit hohem Lebensalter belohnt. Die aktuelle Stimmung stellt ein drittes Element dar, das ergänzend bei der einen oder anderen Überprüfung abgefragt wird. Damit soll der Entwicklungsmechanismus dem Bediener verschleiert werden.

Das Objekt „Alter“ wird über die Uhr mit Nachrichten versehen, um „weiter“zuzählen. Die Objekte „Krankheitszähler“, „Alarmzähler“ und

„Stimmung“ können abgefragt werden und geben ihre aktuellen Werte zurück. Die Entscheidung für die Typentwicklung fällt über Grenzwerte und gestaffelte Bedingungen. Die erfüllten Bedingungen führen dazu, dass ein „Typ“ gesetzt wird. Ist das Ende einer Lebenserwartung, das mit einem Typ verbunden ist, erreicht, kann das Objekt „Alter“ die „Uhr“ stoppen. Die angehängte Notiz soll verdeutlichen, dass bei der Alterssteuerung zwei Sonderfälle zu berücksichtigen sind. Lunatics Geburt dauert 5 Minuten und sie vollendet ihr erstes virtuelles Lebensjahr bereits nach einer Stunde. Erst dann entsprechen 24 Stunden einem Lebensjahr.

### **Die statische Struktur im logischen Modell**

Aus der Vielzahl von Objekten, die bereits auf der Werkbank angelegt worden sind, lassen sich Klassen ableiten und in der statischen Struktur darstellen. Es geht darum, Eigenschaften und Methoden von Objekten zu bündeln und in Klassen umzusetzen.

## Klassenmodell 1

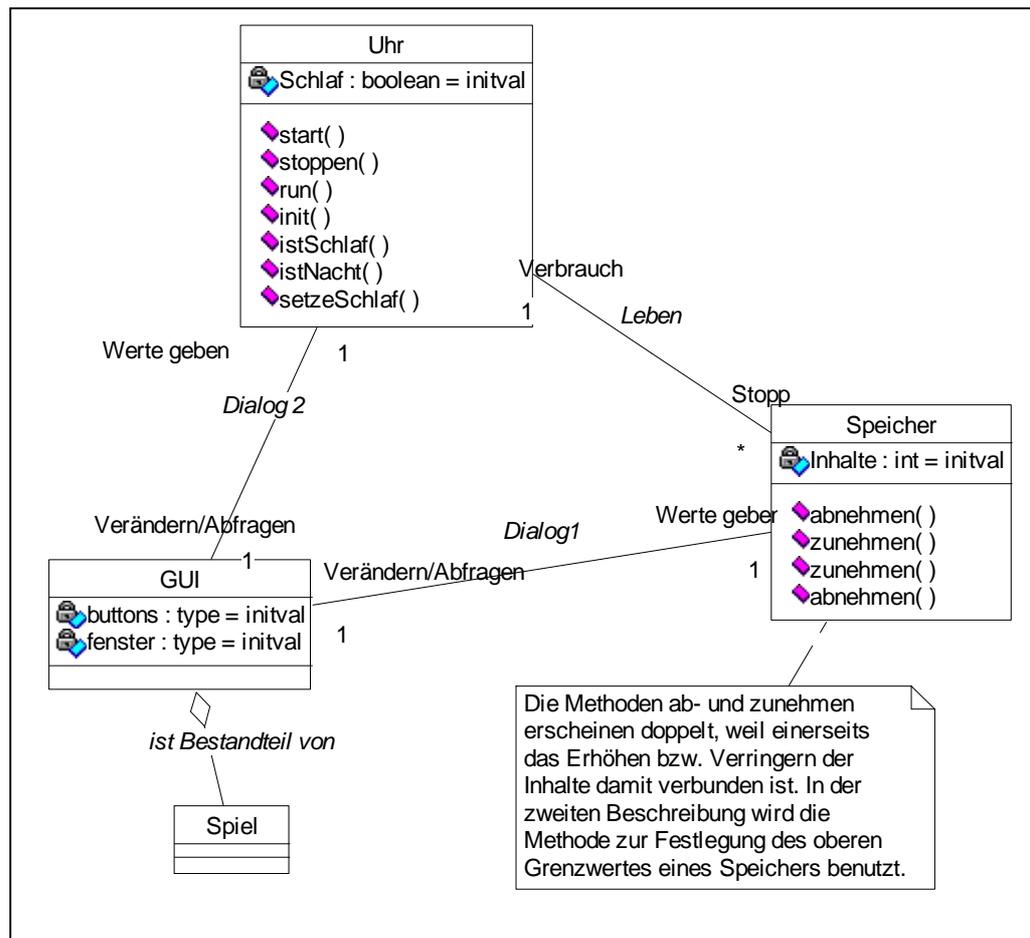


Bild 3.19: Klassenmodell 1

Um einen Überblick über das System zu bekommen, dient dieses erste Klassendiagramm, bei dem lediglich drei Klassen beteiligt sind. Die „Uhr“ verfügt über das Attribut „Schlaf“. Sie ist verbunden mit der Klasse der Speicher. Hier handelt es sich um eine „abstrakte Klasse“<sup>13</sup>, die als Basisklasse für die entsprechenden Speichertypen dient. Auch diese Struktur wird im Anschluss verfeinert. Die Verbindung zwischen „Uhr“ und Speicher wird als „Leben“ bezeichnet. Die „Uhr“ steuert den „Verbrauch“ und kann durch die Speicher zum „Stopp“ veranlasst werden. Von der „Uhr“ bekommt eine große Anzahl von Speichern Nachrichten. Diese Beziehung wird durch den Stern an der Klasse „Speicher“ sym-

<sup>13</sup> Vgl. ebd. S. 35. Darüber hinaus gibt es die abstrakte Datenklasse, die „nicht konkret genug ist, um eigene Instanzen bilden zu können. Sie definiert das gemeinsame Verhalten einer Gruppe von Objekten. Erst diejenigen Objekte ihrer Unterklassen, die weitere Unterscheidungen vornehmen, können Instanzen besitzen.“



einer Modellierung in eine leere Schablone eingefügt wird. Neben den bekannten Klassen „GUI“ und „Speicher“ geht es in dieser Darstellung um die Funktionen der „Uhr“.

Die „Uhr“ wird gestartet und beginnt zu laufen („run“). Damit die Funktionen, die in vorangehenden Diagrammen beschrieben worden sind, erfüllt werden können, besteht sie aus den Klassen „Minute“, „Stunde“ und „Alter“. Diese drei zusätzlichen Klassen organisieren das Verhalten der „Uhr“. Die Klasse „Minute“ zählt die Minuten und informiert nach 60 Minuten die Klasse „Stunde“, damit diese um den Betrag 1 „weiter“-zählt. Sie steht außerdem in Verbindung mit den Speichern, die nach 30 Minuten eine Nachricht erhalten und um den Betrag 1 abnehmen. Bis auf den Fall der ersten 5 Lebensminuten besteht eine Verbindung zwischen der Klasse „Alter“ und der Klasse „Stunde“. Mit Ablauf von 24 Stunden erhöht sich das Alter um 1. Zwei Ausnahmen stellen die Zeitpunkte nach den ersten 5 Lebensminuten, in denen das Tier schlüpft, und der ersten Stunde dar, in der es seinen ersten Geburtstag feiert. Die Typbildung erfolgt im Dialog zwischen „Alter“ und „Speicher“. Jede einzelne Werteabfrage wird durch die Rückgabe eines entsprechenden Wertes beantwortet. Die Klasse „Typ“ ist ein Bestandteil der Klasse „Alter“.

## Klassenmodell Speicher

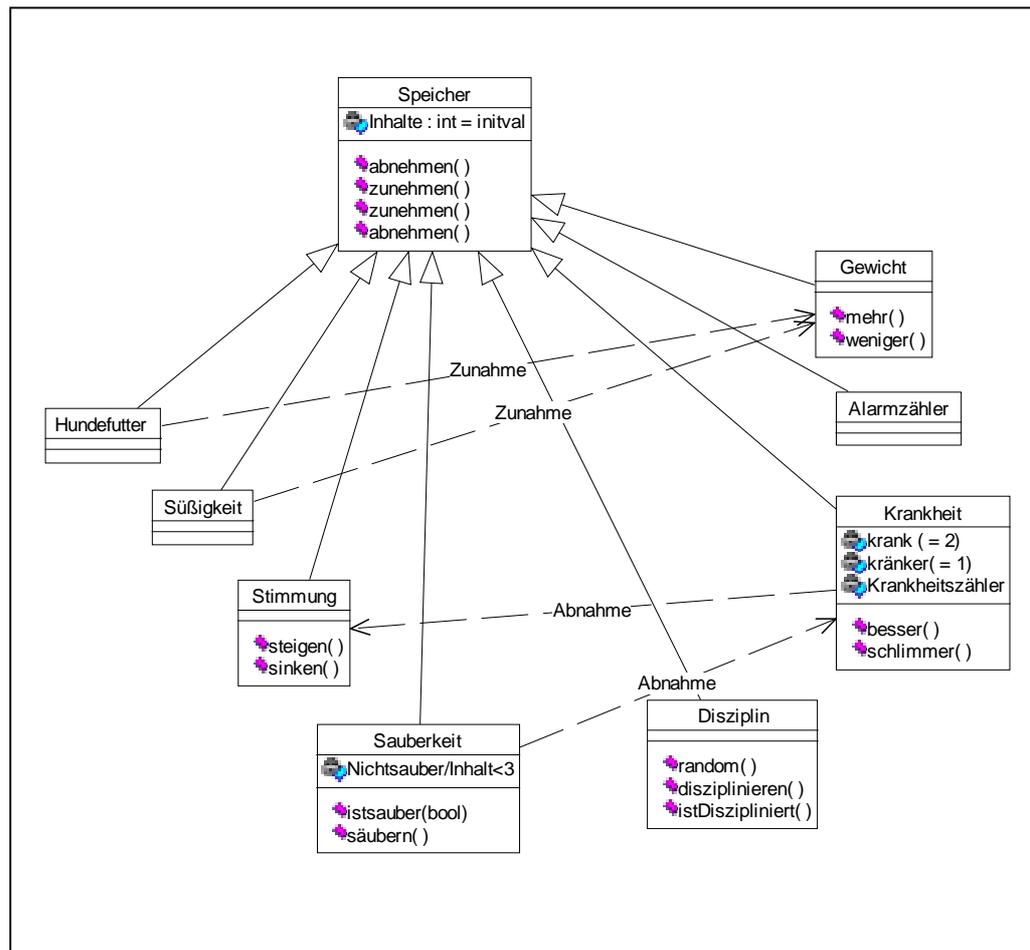


Bild 3.21: Klassenmodell Speicher

Die abstrakte Klasse „Speicher“ wird durch die einzelnen Speichertypen näher bestimmt. Die abgeleiteten Klassen erben von der abstrakten Klasse „Speicher“ die Operationen des „zunehmen“, „abnehmen“ und das Attribut „Inhalt“. Alle Speichertypen haben damit einen gemeinsamen Bezugspunkt.

Die Klassen „Hundefutter“ und „Süßigkeit“ stehen für die Fütterung. Beide wirken sich auf das Gewicht aus. Die Klassen „Stimmung“, „Sauberkeit“, „Krankheit“ und „Disziplin“ stehen für die Pflege. Auch diese sind miteinander verbunden. Erst wenn das Tier „nichtsauer“ gewesen ist, kann die Klasse „Krankheit“ aktiviert werden. Die Klassen „Alarmzähler“ und „Krankheitszähler“ sind für die Entwicklung des virtuellen Tieres wichtig. Diese Speichertypen erben lediglich das Attribut „Inhalt“

und die Operation „zunehmen“. Alle Speichertypen sind in den Dialog zwischen der Klasse „Speicher“ und dem „GUI“ eingebunden.

### **Persistenzmodell**

„Persistenz beschäftigt sich im allgemeinen mit der ‚Lebensdauer‘ von Instanzen.“<sup>14</sup> Sollten Daten aus einem Lebenszyklus des Lunatic gespeichert und in einem neuen Durchlauf zur Verfügung stehen, wären diese Darstellungen notwendig. In diesem Fall kommen sie nicht zur Anwendung. Alle Speicher werden mit dem Lebensende auf Null gesetzt, und das Spiel beginnt mit dem Programmstart neu, ohne dass Werte erhalten bleiben.

### **Komponentendiagramm**

Komponenten werden verwendet, um ein entstehendes Programm in Funktionseinheiten in Form von Modulen oder Paketen unterteilen zu können.<sup>15</sup> Das überschaubare Lunatic-Programm lässt sich als ein Modul mit dem Paket Spiel darstellen.

## **3.5 Beobachtungen bei der Implementation**

Die Programmierung des Modells in der Programmiersprache Java stellt den letzten Schritt der Überführung dar. Der Einfluss der Programmiersprache auf die Modellentwicklung hängt dabei unmittelbar vom Programmierhintergrund des Abbilders ab. Sobald die Rollen Modellentwickler und Programmierer in einer Person zusammenfallen, nehmen die Unterschiede zwischen Modell und Programm ab. Die Programmiererfahrung beeinflusst dabei die Modellbildung. Dieser Effekt kann sowohl positiv wie negativ bewertet werden. Einerseits wird der

---

<sup>14</sup> Ebd. S. 57 Eine andere Bezeichnung lautet „Verteilungsdiagramm.“

<sup>15</sup> Vgl. Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung. 1997. S. 207 ff. Module: „Die Zuordnung des Systemdesigns zur physischen Architektur kann über Moduldiagramme dargestellt werden. Jedes Modul trägt einen eindeutigen Namen und enthält den Code der diesem Modul zugeordneten Klassen.“ Das Paket stellt eine Möglichkeit dar, innerhalb eines Moduls kleinere Modellelemente auf überschaubare Art und Weise zusammenzufassen.

Abbildungsweg verkürzt, andererseits erfolgt eine Einengung auf eine Programmiersprache und die damit verbundenen Stärken und Schwächen bereits zu einem frühen Zeitpunkt, so dass die Modellierung an Freiheitsgraden verliert. In diesem Beispiel wurde der Versuch unternommen, den Einfluss der Programmiersprache auf die Implementation zu beschränken.

Unterschiede zwischen Modell und Implementation treten hier vor allem im Bereich des „GUI“ auf, bei dem verschiedene Programmierlösungen möglich sind. Deshalb ist im UML-Modell die Klasse „GUI“ nur mit wenigen Worten beschrieben, obwohl sie im Quellcode einen beträchtlichen Umfang einnimmt. Ein ähnliches Problem trat bei der Implementation der Schlaffunktion auf. Hier wurde die Einführung einer weiteren Klasse mit einem eigenen Thread notwendig, die nicht Bestandteil des Modells ist.

Ich stelle abschließend fest, dass die Zusammenarbeit gezeigt hat, wie unkompliziert und einfach sich der Dialog über Modelle und die entsprechenden Programmierentscheidungen durch die Verwendung von UML führen lässt.

### **3.6 Erfahrungen**

Der Umgang mit einem Haustier ist ein vertrauter Prozess. Die Begriffe, die zur Beschreibung dieser Prozesse notwendig waren, sind geläufig. Die Schlüsselbegriffe waren schnell gefunden, weil sich durch den Umgang mit Haustieren ein stabiles Netz von Begriffen und Zusammenhängen gebildet hat. Die Systembeschreibung zu gestalten, fiel aus diesem Grund leicht. Es bildete die Grundlage für das Use-case-Diagramm, das einen strukturierenden Einfluss hatte. Die dabei nur grob identifizierten Funktionen und Abhängigkeiten bildeten immer wieder einen Anhalt, wenn die Orientierung in der Vielfalt der Diagramme in Gefahr zu sein schien.

Bei der Modellierung der Use-cases bewährte sich die Aufforderung von P. Coad, einfach zu beginnen. Die Abhängigkeiten und Verbindungen zwischen den einzelnen Objekten führen sowieso dazu, dass sich das Netz der Klassen und Objekte zunehmend erweitert und verfeinert. Einen besonderen Eindruck bei der Modellierung hat das Sequenzdiagramm hinterlassen. Es ermöglicht die übersichtliche Darstellung komplizierter, serieller Abläufe.

Mit jedem Modellierungsschritt nahm die Bedeutung der Klasse zu. Die Fülle von Objekten, die es zu ordnen galt, und die Zusammenführung aller Darstellungen durch das Verwaltungssystem machte das Überarbeiten der Ordnungen erforderlich. Immer wieder traten Konflikte zwischen Bezeichnungen für Methoden, Objekte oder Klassen auf. Entscheidungen über das Umbenennen einzelner Objekte oder Klassen führten durch die Umsetzung des Systems auch zu unerwarteten Folgen. Bekannte Ordnungen und Darstellungen veränderten ihr Aussehen. Auch auf diese Art und Weise wurde iteratives Vorgehen notwendig.

Besonders erstaunlich war in der Zusammenarbeit mit Alex Zey das Gefühl, mit einem Programmierer eine gemeinsame Sprache zu sprechen. Die Modellstruktur erschloss sich ihm bereits nach dem Studium der ersten Diagramme. Er ließ sich sofort auf das entwickelte Vokabular ein, das uns bis in die Programmierung diente.

## 4. Objektorientierung – ein natürliches Abbildungsverfahren

Die Technik setzt der Programmentwicklung keine entscheidenden Grenzen mehr. Trotzdem ist kein Projekt vor den Symptomen der Softwarekrise gefeit. Diese Gefahr ist immer dann besonders groß, wenn sich die Ordnung in einem Softwareprojekt nicht aufrechterhalten lässt. Die menschliche Nachrichtenverarbeitung setzt diesen Prozessen Grenzen. Strategien zur Komplexitätsbewältigung können deshalb nicht in der Technik, sondern nur in den Human- oder „Kognitions-wissenschaften“<sup>1</sup> gefunden werden. Die Suche nach einem Abbildungsverfahren, das es dem Menschen ermöglicht, die zunehmende Komplexität zu bewältigen, ist das Motiv der Softwareentwickler.

Ein Kommunikationskanal ist bereits geschaffen. Traditionell besteht diese Verbindung durch die Arbeiten zum Thema Künstliche Intelligenz und Kybernetik.<sup>2</sup> Aus heutiger Sicht ist es fraglich, ob es weiterhin einer Brücke bedarf, wie H. Frank diese Verbindung bezeichnet hat. Möglicherweise ist die Quelle, die den Fluß gespeist hat und eine Brücke notwendig machte, versiegt. Die Verbindung zwischen technischen Disziplinen und der Humanwissenschaft hat sich verändert. Ausdruck dieser Neuorientierung in der Informatik ist die Verschiebung des Interesses vom Rohstoff Information zum Thema „Mensch“.<sup>3</sup> Dieser

---

<sup>1</sup> Schmid, U. und Kindsmüller, M.: Kognitive Modellierung. 1996. S. 17. „Kognitionswissenschaft ist ein Sammelbegriff, unter dem Forschungsarbeiten zu kognitiven Strukturen und Prozessen zusammengefaßt werden. Klassische Forschungsthemen sind Wahrnehmung, Denken, Problemlösen, Sprache, Wissensorganisation und Lernen. Disziplinen, in denen Fragestellungen aus diesen Bereichen bearbeitet werden, sind insbesondere Künstliche Intelligenz, kognitive Psychologie, Neurowissenschaften, Linguistik und Philosophie.“

<sup>2</sup> Vgl. Winston, P. H.: Künstliche Intelligenz. 1987. S. 22. W. beschreibt die unterstützende Funktion der Forschung im Bereich der KI für die Philosophie, Psychologie und Sprachwissenschaft. Sein Argument lautet: „Computermetaphern helfen beim Denkprozeß. Die Arbeit mit Computern hat zu einer neuen bereichernden Sprache geführt, um besser auszudrücken, wie man Dinge tut oder beschreibt. Bildliche und analoge Anwendungen der in Frage kommenden Begriffe ermöglichen ein stärkeres Nachdenken über den Denkprozess.“

<sup>3</sup> Ebd. S. 2

Paradigmenwechsel hat die Entwicklung der Objektorientierung unterstützt.

Weil die Aufgabe, die Wechselwirkungen zwischen Kognitionswissenschaften und technischen Disziplinen im Detail nachzuzeichnen, den Umfang der Arbeit sprengt, greife ich den Gedanken von I. Sommerville auf, eine Vorlesung für Informatiker einzurichten, um die Grundlagen der menschlichen Nachrichtenverarbeitung zu vermitteln. Dieser Gedanke bildet eine Leitlinie für dieses Kapitel. Die Gliederung führt von den neurophysiologischen Vorgängen zwischen einzelnen Membranen und Zellen zu den Funktionen der menschlichen Nachrichtenverarbeitung. Es geht in dieser „Vorlesung“ um das Aufzeigen von Schnittstellen zwischen einer Auswahl verschiedener Modelle menschlicher Nachrichtenverarbeitung und der Objektorientierung. Jedes hier beschriebene Modell stellt einige Merkmale menschlicher Nachrichtenverarbeitung dar.<sup>4</sup> Kybernetisch ist dieser Gedankengang deshalb, weil die Grundlagen menschlicher Nachrichtenverarbeitung jeder Objektivierung einen Rahmen setzen. Es handelt sich hier auch um kybernetisches Grundlagenwissen.

#### **4.1 Grundbausteine menschlicher Nachrichtenverarbeitung**

Den Grundbaustein des menschlichen Nervensystems bildet das Neuron, das sich aus zwei Zelltypen zusammensetzt: der erregbaren Nervenzellen (Neuronen) und den nichterregbaren Nervenzellen (Neuroglia).<sup>5</sup> Das Neuron stellt dabei die kleinste strukturelle und funktionelle Einheit des Nervensystems dar. Es verbindet die verschiedenen Bereiche des menschlichen Nervensystems. Die größte und zugleich komplexeste Ansammlung findet sich im menschlichen Gehirn.

---

<sup>4</sup> Dieses Kapitel leistet nicht den Brückenbau zwischen den Strukturen der Neurophysiologie und den komplexeren Funktionen menschlicher Nachrichtenverarbeitung. Diese Lücke, die durch ein integrierendes Modell zu schließen ist, wird in dieser Arbeit nicht gelöst.

Es spielt bei der menschlichen Nachrichtenverarbeitung eine besondere Rolle. Die neuronalen Reize werden in spezialisierte Hirnareale geleitet, und damit beginnen die Prozesse der Nachrichtenverarbeitung.<sup>6</sup> Neben den stammesgeschichtlich älteren Bereichen des Gehirns nimmt der Kortex als jüngster Bereich dabei eine besondere Stellung ein.<sup>7</sup>

Auf dieser Ebene stellen Pyramiden- und Sternzellen die Bausteine dar. Sie verfügen über eine Vielzahl von Synapsen, über die sich Verbindungen zu anderen Zellen aufbauen lassen. Beide Zelltypen unterscheiden sich nur in der äußeren Form. Sie bestehen wie jede Nervenzelle aus den Bestandteilen Soma (Zellkörper), Nucleus (Zellkern), Axonen und Dendriten, Dornen und Synapsen als Kontaktstellen zu anderen Nervenzellen.<sup>8</sup> Sie dienen nach der physikalischen Reizaufnahme sowohl der Weiterleitung der neuronalen Signale als auch der Nachrichtenverarbeitung. Aussagen über die neurophysiologischen Vorgänge der Reizübertragung zu beschreiben ist

---

<sup>5</sup> Schmidt, R. F.: Neuro- und Sinnesphysiologie. 1998. S. 128

<sup>6</sup> Vgl. Roth, G.: Die Bedeutung der Hirnforschung für die philosophische Erkenntnistheorie und das Leib-Seele-Problem. In: Braitenberg, V. und Hosp, I. (Hrsg.): Die Natur ist unser Modell von ihr. 1996. S. 89f. Folgende technische Verfahren werden bei der Untersuchung der Funktionen des menschlichen Gehirns eingesetzt: Elektro-Enzephalographie-Technik (EEG-Mapping), Positronen-Emissions-Tomographie (PET) und Kernresonanz-Spektroskopie (NMR, Functional Imaging). Diese bildgebenden Verfahren lassen Schlüsse über das menschliche Gehirn in Aktion zu, ohne die Unversehrtheit des Probanden in irgendeiner Art und Weise zu gefährden.

<sup>7</sup> Ferner, H. und Staubesand, J. (Hrsg.): Nervensystem, Haut und Sinnesorgane. 1979. Bd. 3. S. 134. „Die höchste Ebene der Integration zentralnervöser Impulse bildet die Hirnrinde (Cortex; d. Verf.). In ihr laufen Prozesse ab, die den Phänomenen der Verarbeitung von Sinnesinformationen, der Koordination der Muskulatur zur Ausführung feinsten Zielbewegungen, des Lernens, des Gedächtnisses, der Entscheidung zum Handeln, ja dem Bewußtsein überhaupt zugrunde liegen. Beim Menschen kommen noch die Leistungen des Sprechens dazu, des Abstrahierens, der verschiedenen Möglichkeiten der Vorstellung, der Phantasie, der Kreativität, um nur einige Aspekte des weit umgreifenden, diffusen Begriffes ‚Denken‘ anzuführen, der dem Menschen die Voraussetzungen schuf, Kulturen hervorzubringen.“ Diese Funktionen werden dem Kortex zugeschrieben. Festzuhalten bleibt, dass der Kortex der Bereich des menschlichen Gehirns ist, in dem die Funktionen erfüllt bzw. koordiniert werden, die die Unterscheidungsmerkmale zu anderen Lebewesen darstellen.

<sup>8</sup> Vgl. Luft, A.: NeuroTutor, CD-ROM Version 1.0. 1994. Stichwort Gedächtnis: Physiologie. Die Pyramidenzelle zeichnet sich durch einen langen, geraden Axon aus, der von der Kortexoberfläche ausgeht und in darunterliegende Bereiche führt. Sie verzweigt sich „zu einem lockeren, weitläufigen Baum“. Der zweite Typ ist die Sternzelle, die sich durch eine größere Anzahl von kurzen Zweigen und das Fehlen eines langen Axons auszeichnet. Sie sind damit auf ein kleineres Feld beschränkt. Ihre Axone verlaufen nicht geradlinig wie bei den Pyramidenzellen, sondern unregelmäßiger.

einfacher als die Erklärung, wie aus dem neutralen neuronalen Code Bedeutungen erzeugt werden, die das subjektive Erleben ausmachen. Aus einem Signal wird eine Nachricht, die für den Organismus von Bedeutung ist. Wie der neurale Code Farbe bekommt oder wie diese Funktion ermöglicht wird, die H. Frank als Wahrnehmen, Denken, Erinnern und Tun beschreibt, ist noch offen.<sup>9</sup>

Ein elektrischer Impuls, der durch eine Zelle geleitet wird, kann an den Synapsen eine Ausschüttung von Neurotransmittern in den synaptischen Spalt auslösen und damit eine Depolarisation einer Synapse ermöglichen. Durch die Kanäle der Präsynapse wird der KA-Ionenabfluß ermöglicht. An der anderen Synapse öffnen sie die Membran und ermöglichen das Einfließen von Ionen.<sup>10</sup> Durch die Polarisation der Postsynapse wird eine elektrische Spannung erzeugt, die dann durch diese Zellen weitergeleitet und über Synapsen an einen andere Zelle übertragen wird.<sup>11</sup> Es gibt Synapsen, die diesen Fluß zulassen oder

---

<sup>9</sup> Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 1971. S. 166.

<sup>10</sup> Vgl. Crick, F.: Was die Seele wirklich ist. 1994. S. 122ff. Die Vielzahl von Verbindungsmöglichkeiten zwischen Nervenzellen wird jetzt auf den Vorgang zwischen zwei Synapsen eingeschränkt, um die Übertragungs-Vorgänge zu erläutern. Ein elektrischer Impuls wird durch das Neuron bis an die Präsynapsen geleitet und dann chemisch an die Postsynapse übertragen. Wesentlich für die Übertragung sind  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  und  $Cl^-$ -Ionen. Sie werden in den synaptischen Spalt ausgeschüttet, sobald Neurotransmitter oder Hormone die entsprechenden Kanäle geöffnet haben. Dadurch werden die Synapsen polarisiert bzw. depolarisiert. Zu den Transmittern oder Botenstoffen zählen: Adrenalin und Noradrenalin als Hormone, die über die Nebennierenrinde in den Blutkreislauf ausgeschüttet werden und in den Vesikeln der synaptischen Membrane ausgeschüttet werden können; GABA als wichtigster hemmender Transmitter, ermöglicht einen  $Cl^-$ -Einstrom, durch den die Hyperpolarisation ausgelöst wird; Glutamat wird mit Lernprozessen in Verbindung gebracht. Es wird bei wiederholter Erregung an der Präsynapse freigesetzt und kann dauerhaft den  $Ca^{2+}$ -Einstrom beeinflussen.

<sup>11</sup> Vgl. Roth, G.: Das Gehirn und seine Wirklichkeit. 1994. S. 86ff. Die Synapsenstärke oder auch die Gewichtung einer Synapse bestimmen ihre Leitfähigkeit im Bezug auf das Aktionspotential (als Differenz zwischen Ruhespannung und höchster positiver Spannung. Im Ruhezustand beträgt es zwischen -60mV und -80mV. Einem  $Ca^{2+}$ -Überschuß im Zellinneren entspricht ein  $Na^+$ Überschuß außerhalb der Zelle. Die Elektrolyte sind im Ruhezustand voneinander getrennt. Bei der Entladung strömen  $Na^+$  Ionen ein. Das Potential verändert sich bis zu +20mV. Dieses Prinzip kann durch das Zusammenspiel der Neurotransmitter, d. h. der Botenstoffe verändert werden.

verhindern (inhibitorische und exhibitorische Wirkung).<sup>12</sup>

Die Geschwindigkeit und die Wege dieser Reizübertragung durch Synapsen sind für ihre Wirkung im System von Bedeutung. Plastizität bezeichnet dabei die Möglichkeiten eines Neurons, auf eingehenden elektrochemische Reize zu reagieren, bzw. miteinander zu interagieren. Dabei beschreiben die digitalen Schaltzustände des „Ein“ und „Aus“ nur auf den ersten Blick die Möglichkeiten des Zusammenspiels.<sup>13</sup>

Das Prinzip der Informationsspeicherung besteht darin, die Stärke der Reizweiterleitung durch die übertragenden Synapsen so zu verändern, dass ein bestimmtes Eingabemuster eine bestimmte Ausgabe hervorruft. Bei häufigen Erregungen verändern sich die Neuronen dauerhaft. D. h. excitatorische und inhibitorische Verbindungen stellen sich ein. Durch eine Veränderung der Tunnelproteine, die an der synaptischen Membran den Zeitpunkt und die Größe der Öffnung des Tunnels für den Ionen-Einstrom steuern, wird das Neuron an der Synapse dauerhaft verändert. Diese Zeitdauer scheint nicht mit der Lebenszeit des Organismus identisch zu sein, weil die Proteine zerfallen können, wenn sie überlagert werden. Die Dauer der Veränderung der Proteine einer Synapse hängt von der Häufigkeit des Gebrauchs ab, der sich auf die Reproduktion

---

<sup>12</sup> Vgl. ebd. S. 214. R. beschreibt die Vorgänge an den Synapsen, die mit N-Methyl-D-Asparat (NMDA)- Rezeptoren ausgestattet sind. Hier blockiert ein  $Mg^+$ -Ion den  $Ca^+$ -Einstromkanal. Die Ausschüttung von Glutamat führt zur Freigabe dieses Einstromkanals. Diese Art der Freigabe bewirkt eine überdurchschnittliche Erregung der Postsynapse. „Calcium kann nun in die Zelle eindringen und wie bei anderen Membranprozessen eine „Second-messenger“-Kaskade freisetzen, die auf verschiedenen Wegen die Übertragungseigenschaften der Synapse kurzfristig und langfristig ändern kann und somit die Effektivität der synaptischen Übertragung erhöht.“

<sup>13</sup> Vgl. Luft, A.: NeuroTutor, CD-ROM Version 1.0. 1994. Stichwort: Neurotransmitter. Der Begriff „plastisch“ beschreibt veränderbare Reaktionen einer Synapse bei der Reizübertragung. Okklusion beschreibt den Fall, dass mehrere überschwellige, kurz hintereinander eintreffender Impulse dazu führen, dass die Refraktärzeit (die Zeit, die die Zelle benötigt, um sich wieder zu polarisieren) nicht ausreichend ist und deshalb Impulse nicht weitergeleitet werden können. Okklusionen führen somit zu einem Verlust an Information, solange keine posttetanische Potenzierung eingetreten ist, die eine schnellere Weiterleitung ermöglicht, bevor die Refraktärzeit abgelaufen ist. Die nichtplastische Interaktion wird von diesen Prozessen unterschieden. Dazu zählt die Summation. Sie tritt auf, wenn sich mehrere überschwellige Reize so addieren, dass sie eine Aktionspotential-Schwelle überschreiten. Sie kann räumlich oder zeitlich erfolgen. Man bezeichnet dieses Phänomen auch als Bahnung, weil der eine Reiz dem anderen den Weg bahnt.

dieser Proteine auswirkt. Diese Übertragungen von Reizen stellen den Grundmechanismus des Lernens dar. Diese Wege können sich durch den häufigen Gebrauch von Verbindungen einstellen, die dem Status einer festen Verdrahtung ähnlich sind, ohne ihn jedoch zu erreichen.

Das Verhalten einer Zelle bei der Weiterleitung von Reizen führt zu einer Gewichtung einer Synapse. Die Änderung der Übermittlungseigenschaften ist die Grundlage der Informationsspeicherung im neuronalen Netzwerk. Diese Mechanismen sind bis auf die Wirkungen der  $\text{Ca}^+$ -Ionen isoliert erforscht. Sie in einen Zusammenhang auf das Lernen zu interpretieren, ist jedoch schwierig, weil durch das Zusammenspiel verschiedener Synapsen die Vorgänge schnell an Komplexität zunehmen.

Dieses System ist modular aufgebaut. Dieselben Bausteine ermöglichen eine Vielzahl verschiedener Funktionen. Durch die Weiterleitung und den Kontakt zwischen Zellen entstehen dynamische Netze. Nervenzellen stellen in diesem Zusammenspiel aktive Elemente dar, die im Dialog miteinander Funktionen realisieren. Von diesem Modell einer dynamischen Vernetzung ausgehend, lassen sich andere Modelle ableiten, die an Stelle der Nervenzellen andere Elemente wie z. B. Begriffe setzen.

Drei Eigenschaften kennzeichnen neuronale Netzwerke

- Speicherung und Verarbeitung finden in ein und demselben Netzwerk statt;
- Reize werden parallel verarbeitet;
- das Netz ist tolerant gegenüber Ausfällen oder fehlenden Informationen.

Die Faszination, die von diesem neuronalen Netzwerk ausgeht, hat dazu geführt, dass diese Metapher auf andere Zusammenhänge wie z. B. auf semantische Netzwerke übertragen wird.

## 4.2 Grenzen menschlicher Nachrichtenverarbeitung

Die erste Verbindung zwischen der menschlichen Nachrichtenverarbeitung und der Objektorientierung wurde durch den Begriff „Enge des Bewusstseins“<sup>14</sup> deutlich, der auf H. Frank zurückzuführen ist. Seine Untersuchungen im Rahmen eines informationspsychologischen Ansatzes geben Auskunft über die experimentell ermittelten Leistungsgrenzen menschlicher Nachrichtenverarbeitung.<sup>15</sup>

Den Hintergrund für seine Arbeit bildet ein „Psychostrukturmodell“<sup>16</sup> des NVS-Mensch, das hier in der vereinfachten Form nach K. Weltner dargestellt wird.

---

<sup>14</sup> Frank, H. G.: Bewußtsein und Gedächtnis. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1958-1972. Meder, B. und Schmid W. F. (Hrsg.). Bd. 2. 1974. S. 23

<sup>15</sup> Vgl. Rosch, E.: Kognitionspsychologie. In: Gewagte Denkwege. Hayward, J. W. und Varela, F. J. (Hrsg.). 1996. S. 136. R. bezeichnet U. Neisser aus heutiger Sicht als denjenigen, der verschiedene Arbeitsbereiche zusammenführt und unter dem Namen „Kognitionspsychologie“ zusammenfasst. Die Informationspsychologie geht ihrer Meinung nach in der Kognitionspsychologie auf.

Vgl. Neisser, U.: Kognition und Wirklichkeit. 1979. S. 19. Um diese Zusammenfassung durch eine erweiterte Klammer zu verdeutlichen, kann die Definition des Begriffs „Kognition“ dienen: „Kognition ist die Aktivität des Wissens: der Erwerb, die Organisation und der Gebrauch von Wissen; etwas, was Organismen tun und insbesondere Menschen tun. Deshalb ist das Studium der Kognition ein Teil der Psychologie...“

<sup>16</sup> Vgl. Frank, H. G.: Bildungskybernetik. 1996. S. 26f. F. macht deutlich, worin sich dieser informationspsychologische Ansatz vom Behaviorismus unterscheidet. Die „Black box“ wird hier durch Mittel der Introspektion erforscht. Sie dient dem Ableiten von Bausteinen der Box, die dann zur Untersuchung quantifizierbarer Fragen führen. Auf diese Weise entsteht ein Psychostrukturmodell, das den Ausgangspunkt für weitere Fragen darstellt.

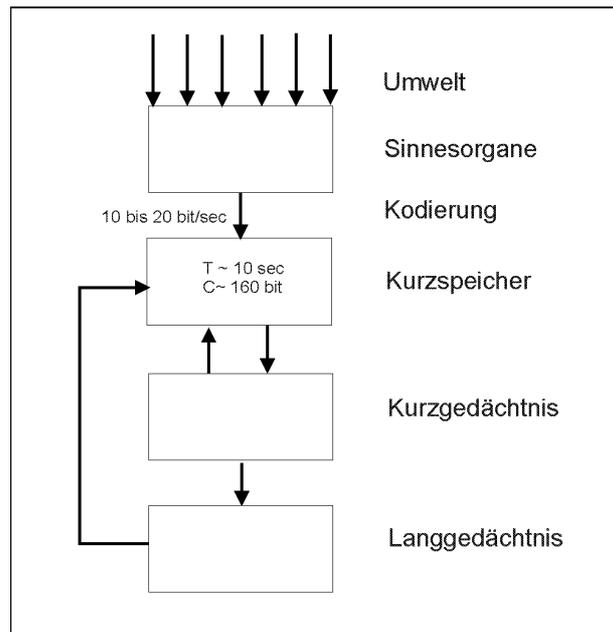


Bild 4.1: „Organogramm für den Informationswechsel im Menschen“<sup>17</sup>

Die physikalischen Reize aus der Umwelt werden in den Sinnesorganen in neuronale, elektrochemische Signale kodiert und in den Kurzspeicher geleitet. Der Prozeß der Aufnahme der Umweltreize durch die Sinnesorgane und die Weiterleitung heißt Wahrnehmung und wird in zwei Phasen unterteilt:

1. „die Perzeption, welche den sinnes- und nervenphysiologischen Prozeß des Ansprechens von Rezeptoren der Sinnesorgane auf Außenwelteinflüsse, ferner den Übertragungsprozess entsprechender Signale der Sinnesorgane an die Zentren und schließlich die dort noch außerhalb des Bewußtseins erfolgenden Prozesse der Bearbeitung umfaßt;
2. die Apperzeption, d. h. den introspektiv erlebbaren Eintritt von Sinneseindrücken in das Bewußtsein.“<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Erstellt nach: Weltner, K.: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft. 1970. S. 110. H. Frank entwickelt ein „Organogramm für den Informationswechsel im Menschen“, das erheblich umfangreicher ist als diese verkürzte Darstellung nach W. Vgl. Rosch, E.: Kognitionspsychologie. S. 137. Dieses Modell stellt eine Variante der Multispeichermodelle dar.

<sup>18</sup> Frank, H. G.: Bewußtsein und Gedächtnis. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1958- 1972. Meder, B. und Schmid, W. F. (Hrsg.). Bd. 2. 1974. S. 76f

Im Übergang von der Perzeption zur Apperzeption wird die Anzahl der Nachrichten auf dem Weg zum Kurzspeicher wesentlich reduziert.<sup>19</sup> Aus der Vielzahl der Reize, die über die Sinnesorgane aufgenommen werden, gelangen lediglich 10 bis 20 bit pro Sekunde in den Kurzspeicher. Die Aktivierung der Reize erfolgt zeitgetaktet und seriell.<sup>20</sup> Dabei beträgt die Gegenwartsdauer T, d. h. die Zeit, in der ein Reiz im Kurzspeicher gehalten werden kann, bis zu 10 Sekunden. H. Frank beschreibt diese zeitliche und quantitative Speicherbegrenzung als Enge des Bewußtseins.

Im Kurzspeicher werden Wahrnehmung und Erinnerung zwischengespeichert und damit bewußtseinsgegenwärtig. Im Kurzspeicher oder Bewußtsein werden Informationen festgehalten, um dann in das Gedächtnis eingelernt oder an die Außenwelt übertragen zu werden.<sup>21</sup> H. Franks Augenmerk gilt den Kapazitäten der Informationsaufnahme, -weiterleitung und -speicherung innerhalb des NVS-Mensch.

Seine Arbeit macht den seriellen, zeitgebundenen Ablauf menschlicher Nachrichtenverarbeitung deutlich. Wie die Auswahlprozesse, d. h. das Herausfiltern von Merkmalen aus der Flut sensorischer Nachrichten

---

<sup>19</sup> Vgl. Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 1969. Bd. 2. S. 143. F. beschreibt die einzelnen Kanalkapazitäten von den Sinnesorganen bis zu den Projektionszentren im menschlichen Gehirn. Hier findet eine Reduktion von  $10^7$  bit/sec auf 16 bit/sec statt.

Vgl. Miller, G. A.: The magical Number Seven, plus or minus Two: Psychological Review 63. 1956. S. 81ff. M. untersucht die Behaltensdauer und die Informationen, die im Kurzzeitspeicher gehalten werden können. In den Versuchsanordnungen werden die Nachrichten nach Sinneskanäle variiert. Seine Antwort auf die Quantität von Nachrichten, die im Kurzzeitspeicher gegenwärtig gehalten werden können: 7 Items plus minus 2. Damit gibt er ein Maß für die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses vor.

<sup>20</sup> Vgl. Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. Bd. 2. S. 68f. F. beschreibt den Kurzspeicher mit einem Bild eines Schieberegisters, „welches die Informationen nach konstanten Zeitintervallen von 1/16 sec um eine Position weiter transportiert, also **Ck = 16 bit/sec** neu aufnimmt, dann liegt es nahe, die Speicherkapazität Kk als Produkt aus der Zuflußkapazität Ck und Gegenwartsdauer (Mindestzeit der Speicherung jeder Information) zu berechnen: **Kk = Ck x T**. Die Zeittaktung beschreibt F. als „subjektives Zeitquant“, das 1/16 sec beträgt.

Vgl. Lehrl, S. und Fischer, B.: Der maximale zentrale Informationszufluss bei Kupfmüller und Frank. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Heft 4, Bd. 26. 1985. S. 148. Der Informationszufluss von 16 bit/s hat sich nach L. als gültig für alle Arten der Sinneswahrnehmung erwiesen.

<sup>21</sup> Vgl. Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. Bd. 2. S. 67. F. erklärt den Begriff „Kurzspeicher“ mit dem Begriff „Bewusstsein“.

erfolgt, ist dabei nicht geklärt. Auf die Objektorientierung gewendet, erfordert die Anwendung der Objektschablone das Herausfiltern, Auswählen und Einsetzen von Merkmalen. Implizite Entscheidungen werden explizit werden im Modell sichtbar. Die Bildung von Objekten erfordert die Offenlegung der Ergebnisse der Selektionsprozesse.

Aus dieser zeitabhängigen Funktion wird deutlich, wie eng die Grenzen der menschlichen Nachrichtenverarbeitung gefasst sind. Um innerhalb dieser Grenzen des „Arbeitsspeichers“ effektiv arbeiten zu können, sind Abbildungsmittel und Strategien notwendig. Das Zeichensystem sollte dazu aus Elementen und Relationen bestehen, die die Bildung von Zeichen höherer Ordnungen und deren Auflösung ermöglichen. Der Algorithmus zum Entpacken der entsprechenden Zeichen muss gelernt oder selbst in den Zeichen verborgen sein. Durch ein solches Zeichensystem und die Strategie der Hierarchiebildung wird es möglich, die Granularität oder die Auflösung zu verändern. Es wird möglich, von groben Körnern oder von Feinstrukturen zu sprechen. Diese Eigenschaften werden von H. Frank als Superieren beschrieben. Er unterscheidet das klassenbildende Superieren, das Zusammenfassen von Signalen mit gemeinsamen Merkmalen ermöglicht, und das komplexbildende Superieren, das dem Zusammenfassen von semantischen Zusammenhängen dient.<sup>22</sup> Der Prozeß des Superierens ermöglicht vor dem Hintergrund der Enge des menschlichen Bewußtseins den öko-

---

<sup>22</sup> Vgl. Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 1969. Bd. 2. S. 109 ff. F. unterscheidet zwei Arten der Superzeichenbildung. Die Superierung durch Geflechtbildung (Komplexbildung) führt dazu, dass eine Gruppe von Zeichen unter einem Begriff zusammengefaßt werden, weil sie in einem Zusammenhang zueinander stehen. Wenn der Begriff „Haus“ als Beispiel dient, umfaßt er eine Vielzahl verschiedener Bestandteile, wie Wände, Türen, Dach usw. Die Superierung durch Klassenbildung (Invariantenbildung) unterscheidet sich, weil hier gemeinsame Merkmale dazu dienen, den Zusammenhang herzustellen.

nomischen Umgang mit Nachrichten.<sup>23</sup>

Bei diesen Prozessen ist das Zusammenwirken zwischen Kurz- und Langzeitgedächtnis die notwendige Bedingung für die Nachrichtenverarbeitung. Einerseits können die Nachrichten aus dem Kurzgedächtnis in das Langgedächtnis überführt und abgelegt werden, andererseits können diese Nachrichten für Vergleichsprozesse im Kurzgedächtnis aktiviert und abgerufen werden.<sup>24</sup> Die Enge des Bewußtseins ergibt sich aus der Zeitgebundenheit und der beschränkten Speicherkapazität. Sie erfordert permanente Auswahlprozesse zwischen relevanten und irrelevanten Nachrichten. Darüber hinaus werden die Nachrichten durch die Verwendung von Zeichen zum Gegenstand von Superierungsprozessen. Die Modellierung von Objekten baut auf diesen Merkmalen und Prozessen auf.

#### **4.3 Mittel menschlicher Nachrichtenverarbeitung**

Das Multispeichermodell macht Kapazitätsgrenzen deutlich, beim „Verarbeitungsebenen-Modell“<sup>25</sup> steht dagegen die Frage im Mittelpunkt, mit welchen Repräsentationsmitteln Nachrichten verarbeitet oder codiert

---

<sup>23</sup> Klix, F.: Information und Verhalten. 1971. S. 545. Er benennt drei Gründe, um solche Ordnungen herzustellen:

„1. Ordnen als notwendiges Mittel, den Überblick und damit die Möglichkeit der Beherrschung von Umgebungszuständen zu behalten.

2. Ordnungsbildung in verschiedenen Situationen mit ähnlichen Merkmalen führt zu stabilem Verhalten.

3. Beide Faktoren der Ordnungsbildung führen gemeinsam zu einer dritten Notwendigkeit: Es genügt nicht, durch kognitive Strukturbildung über den relevanten Merkmalen Klassen von Objekten zu bilden und im Gedächtnis zu fixieren. Es ist zugleich notwendig, Situationen oder einzelne Objekte entsprechend ihrer Klassenzugehörigkeit wiederzuerkennen.“

<sup>24</sup> Vgl. Markowitsch, H. J.: Neuropsychologie des Gedächtnisses. 1992. S. 5ff. M. bestätigt die Zeitabhängigkeit der Gedächtnisfunktionen und die Unterscheidung in Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis. Er belegt diese Unterscheidung durch verschiedene Krankheitsbilder bei Amnesien. Über diese Unterscheidung hinaus zeichnet er ein Bild des Gedächtnisses, dass sich durch die Gedächtnisinhalte unterscheidet. Auch erhält fest, dass es bei der Lokalisation von Funktionen Rätsel zu lösen gibt.

<sup>25</sup> Vgl. Wessells, M. G.: Kognitive Psychologie. 1994. 140f. W. zeichnet nach, wie die mit dem Multispeichermodell verbundene Annahme, dass Informationen im Kurzspeicher nur phonemisch abgelegt werden, experimentell widerlegt worden ist. Die Anpassungen an die Ergebnisse neuerer Untersuchungen sind zwar nicht „fatal, aber die Attraktivität dieses Modells nimmt dadurch deutlich ab“.

werden. Auch diesem Modell liegt ein serieller Ablauf zugrunde. Dabei werden vier Bearbeitungsstufen unterschieden:

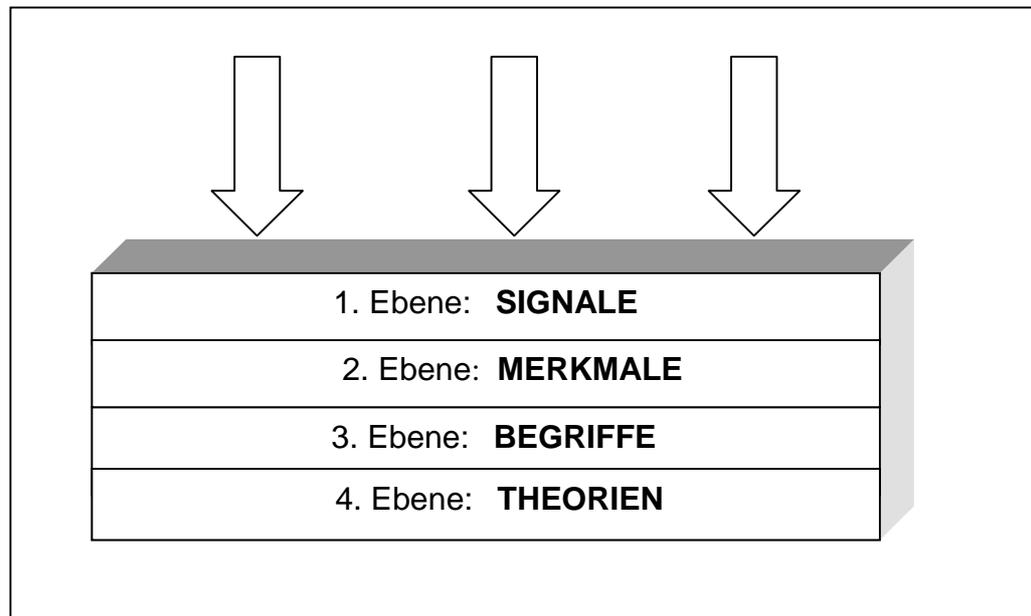


Bild 4.2: Verarbeitungsebenen-Modell<sup>26</sup>

### **Signale**

„Auf der [ersten; d. Verf.] Ebene betrachten wir Signale im Sinne einer Wechselwirkung physikalisch-chemischer Natur mit der umgebenden Welt.“<sup>27</sup> Sie bilden die Grundlage für die erste Filterfunktion, bei der Merkmale ausgesondert werden. Aus der Vielzahl der Sinnesreize findet aufgrund der Enge des Bewußtseins eine Auswahl statt.

### **Merkmale**

Merkmale stellen die Impulse dar, durch die Bilder aufgerufen werden und um die herum sich Vorstellungen organisieren können. In welchem Format die Arbeit mit Merkmalen erfolgt, ist offen. Sie bilden beim Denken und Arbeiten mit dem Werkzeug Objekt die Grundlage für die

---

<sup>26</sup> Radermacher, F. J.: Kreativität. In: Forschung & Lehre 10, 1995, S. 545- 550. R. greift dieses Modell auf, das sich an dem jeweiligen Zeichenrepertoire und einer damit verbundenen Verarbeitungstiefe orientiert. Er erweitert das Modell um eine Ebene und spricht deshalb von der „Vier-Ebenen-Architektur intelligenter Informationsverarbeitung [die darauf abzielt; d. Verf.], den Menschen in seiner gesamten Informationsverarbeitungsfähigkeit zu erfassen, aber darüber hinaus, auch die Menschheit und beliebige andere Systeme beschreiben zu können“.

<sup>27</sup> Ebd. S. 4

Entwicklung der Attribute als Bestandteil der Objekt-Schablone. Auch die Frage, wonach Merkmale ausgesucht werden und welche Bilder und Verknüpfungen sie auslösen, ist nicht Gegenstand dieses Modells. Mit der Merkmalsauswahl findet der Übergang zum Bewußtsein statt, den F. J. Radermacher durch einen Wechsel der informationsverarbeitenden Struktur kennzeichnet. Die Merkmale, die ausgewählt werden, stehen dem Bewußtsein als serielle Nachrichtenverarbeitungsstruktur zur Verfügung. Der größere Anteil scheinbar nicht genutzter Nachrichten geht dem System aber nicht verloren, sondern wird in einer unbewussten, parallel arbeitenden Verarbeitungsstruktur aufgenommen.<sup>28</sup>

### **Begriffe**

Merkmale bilden die Grundlage, um Zeichensysteme zu verwenden. Die Nutzung von Begriffen oder Symbolen führt „zu einer ungeheuren Verdichtung von Information, gleichzeitig zu einer ungeheuren Beschleunigung der Neugenerierung von Wissen wegen der auf dieser Ebene verfügbaren, mächtigen Verarbeitungsmechanismen“.<sup>29</sup> Begriffe werden in diesem Zusammenhang als Zeichen einer symbolischen Verarbeitungsebene beschrieben, die damit nicht automatisch an das Zeichensystem der menschlichen Sprache gebunden sein muss. Begriffe stehen in diesem Zusammenhang als Variable für Elemente eines Zeichensystems, dass der Repräsentation dient. In der Objektorientierung werden in diesem Zusammenhang das Zeichensystem der Sprache und grafische Zeichen angewendet, die als Notationen beschrieben werden.

### **Theorien und Modelle**

Von der dritten Ebene „aus kann man bei Bedarf schließlich zur 4. Ebene der Theorien und Modelle übergehen und hier dann, z. B. mit den Mitteln mathematischer Kalküle, der Optimierung, Statistik, Ent-

---

<sup>28</sup> Vgl. ebd. S. 5. „Das menschliche Bewusstsein kann dabei verstanden werden als ein sequentieller, im wesentlichen auf der Symbolebene angesiedelter Prozeß, der insbesondere bestimmte knappe Ressourcen (wie die Bewegungsrichtung und das Kurzzeitgedächtnis) verwaltet und eingebettet ist in ein massiv-paralleles, nicht-bewusstes Umfeld der Informationsverarbeitung.“

<sup>29</sup> Ebd. S. 4

scheidungstheorie und Numerik zu Aussagen und Schlüssen kommen“.<sup>30</sup> Auf dieser Ebene werden Begriffe zu Systemen miteinander verknüpft, die dann eine Theorie oder ein Modell bilden. Auf die Objektorientierung gewendet, setzt die Modellbildung ein, sobald das erste Objekt sein Leben im Entwurf begonnen hat. Mit jedem Schritt der weiteren Entwicklung nimmt das Modell an Umfang zu. Aus der Modellbildung ergeben sich Fragen, die zurück auf die Merkmalsebene führen und damit eine Verfeinerung und einen Ausbau in rückgekoppelten Schleifen ermöglichen. Mit jeder Stufe verändert sich die Qualität der Nachrichten. Es wird mit diesem Gedanken die Behaltensdauer verknüpft. Je weiter eine Nachricht über die Stufen ausgearbeitet und verknüpft wird, desto größer ist die Behaltenswahrscheinlichkeit. Hier ergibt sich eine Schnittstelle zu den Modellen und Theorien des Gedächtnisses.

#### **4.4 Repräsentation von Welt**

Die Aufgabe, die sich aus den neurophysiologischen Untersuchungen ableitet, besteht darin, die Verbindung zwischen den Vorgängen auf der Mikroebene und den komplexen Funktionen der Nachrichtenverarbeitung zu erklären.<sup>31</sup> Diese Kluft wird zwischen den neurophysiologischen Vorgängen und den mentalen Modellen deutlich. Letztere heben allein auf die „höheren“ Hirnfunktionen ab. Diese Modelle zielen auf die Repräsentation von „Wissen“ und wie sich Menschen aus den sensorischen Daten ein Modell der sie umgebenden Welt erzeugen.

---

<sup>30</sup> Radermacher, F. J.: Kreativität. S. 8

<sup>31</sup> Vgl. Varela, F. [u.a.]: Der Mittlere Weg der Erkenntnis. 1992. S. 281. V. und seine Mitautoren unterscheiden drei zeitlich aufeinanderfolgende Phasen in der Kognitionspsychologie, die durch unterschiedliche Konzepte gekennzeichnet sind: 1. Die erste Phase bezeichnen sie als „Kognitivismus“. Die menschliche Informationsverarbeitung wird „als symbolische Berechnung“ verstanden. Den Funktionen werden feste Bereiche im menschlichen Gehirn zugeordnet. Vor dem Hintergrund dieses Gedankens ist das Multispeichermodell entstanden. 2. Diese Phase wird durch die „Emergenz“ abgelöst. Das Konzept menschlicher Informationsverarbeitung hat sich vom Multispeichermodell zu einer Vorstellung von aktivierten Netzen verändert. Das Verarbeitungsebenenmodell ist diesem Konzept zuzuordnen. 3. Die letzte Phase stellt das „Inszenierungskonzept“ dar. Kognition ist ihrer Meinung nach eine „Inszenierung: Eine Geschichte der strukturellen Koppelung, die die Welt hervorbringt“.

Dabei ist nicht nur der Begriff „mental“ umstritten.<sup>32</sup> Folgende Merkmale kennzeichnen mentale Modelle: Sie beschreiben ein „kognitives Phänomen“, was die Aufnahme von Informationen, ihre Weiterverarbeitung, Speicherung und Anwendung betrifft. Information wird dabei mit Wissen gleichgesetzt. „Dabei versteht man unter ‚Wissen‘ das Gesamt dessen, was durch alle bedeutungshaltigen Symbolstrukturen dargestellt wird, über die ein System verfügt.“<sup>33</sup> Dieses Wissen kann durch Lernen erweitert werden und steht dem Zugriff durch die Prozesse des Erinnerns zur Verfügung.<sup>34</sup>

#### 4.4.1 Semantische Netze<sup>35</sup>

Im Verarbeitungsebenen-Modell werden, im Übergang von der zweiten zur dritten Stufe der Informationsverarbeitung, aus Merkmalen Begriffe gebildet. Sie stehen damit als Symbole innerhalb des NVS-Mensch zeitlich unabhängig zur Verfügung, sobald sie im Langzeitspeicher abgelegt worden sind. Das Format, in dem diese Ablage erfolgt, ist nicht beschrieben. Jedes Zeichensystem, ob als Sprachzeichen, mathe-

---

<sup>32</sup> Herrmann, T.: Mentale Repräsentation. In: Mentale Repräsentationen. Engelkamp, J. (Hrsg.). 1993. S. 17. Herrmann führt, um einen Minimalkonsens in der Diskussion des Begriffs „mentale Repräsentation“ zu erreichen, eine formale Abbildungsrelation  $R$  ein, die ein Repräsentandum  $a$  mit einem Repräsentat  $b$  verbindet. Die Relation  $R$  ist umkehrbar, d. h.  $b$  steht für  $a$ , aber nicht umgekehrt.

Vgl. Glaserfeld, Ernst von: Radikaler Konstruktivismus. 1997. S. 157 f. G. hat sogar Vorbehalte gegen die Verwendung des Begriffs „Repräsentation“. Er erklärt den semantischen Unterschied zwischen dem englischen und dem deutschen Wortgebrauch. Das englische „representation“ verbindet er mit „Darstellung“, „presentation“ dagegen mit Vorstellung. Den Prozeß, sich eine Vorstellung zu machen, bezeichnet er deshalb als Re-Präsentation.

<sup>33</sup> Tack, W. H.: Repräsentation menschlichen Wissens. In: Das Gedächtnis. Dörner, D. (Hrsg.). 1995. S. 53

<sup>34</sup> Vgl. Seel, N. M.: Weltwissen und mentale Modelle. S. 28. „Die Konstruktion mentaler Modelle setzt Lernfähigkeit des modellerschaffenden Systems voraus, die ihrerseits mit den kognitiven Phänomenen der Merkfähigkeit und der Erinnerung verknüpft ist.“

<sup>35</sup> Vgl. Quillan, R. M.: Semantic Memory. In: Semantic Information Processing. Minsky, M. (Hrsg.). 1968. S. 226f. Das Modell semantischer Netzwerke ist von Q. entwickelt worden. Er geht davon aus, dass „ein volles Konzept eines Wortes ... im Gedächtnis durch Knoten repräsentiert (ist; d. Verf.), die miteinander verbunden sind“. Er hat das Modell in ein Programm umgesetzt, das englische Sätze analysieren kann. Sein Modell der semantischen Netzwerke dient als Grundlage für die Modelle der Sprachverarbeitung in der Artificial Intelligence oder auch KI. Sein Programm geht in seiner Wirkung über die KI hinaus.

matische Symbole oder Bilder, kann diesem Format entsprechen.<sup>36</sup> Das subjektive Empfinden legt nahe, dass die Abspeicherung in den Zeichenformaten erfolgt, die ein Mensch in diesem Moment benutzt. Die Modelle der semantischen Netze berücksichtigen nur die semantische Repräsentation, d. h. die Abbildung in Begriffen und ihren Beziehungen. Angelehnt an das neuronale Netz, werden die Neuronen durch Begriffe ersetzt.

Die kleinste Einheit eines solchen Datensatzes wird als „Proposition“<sup>37</sup> bezeichnet und sie beschreibt die Beziehung zwischen zwei Begriffen, die subjektiv als wahr oder falsch bewertet werden kann.<sup>38</sup> Es handelt sich um die kleinste logische Einheit. Die Elemente einer Proposition können in verschiedenen Zusammenhängen wiederverwendet werden.<sup>39</sup>

---

<sup>36</sup> Johnson-Laird, P.: Der Computer im Kopf. S. 176. J. geht auf die Formate ein, unter denen Informationen im Gedächtnis abgelegt werden. „Besteht sie in Sätzen, die in einem Code abgespeichert sind, in Bildern ... oder in irgendeinem anderen Format?“

<sup>37</sup> Vgl. Wessells, M. G.: Kognitive Psychologie. S. 268 f. „Eine Proposition ist eine symbolische Repräsentation, die eine Beziehung zwischen zwei oder mehr Begriffen ausdrückt und wahr oder falsch sein kann.“ Propositionen stellen den Versuch dar, die Struktur menschlicher Sprache in einem Modell abzubilden, das sogar die technische Bearbeitung zulässt.

<sup>38</sup> Dijk, T.: Textwissenschaft. 1980. S. 25. D. definiert: „Die Bedeutung eines einzelnen Satzes, grob ausgedrückt, nennt man Proposition - ein Begriff, der der Philosophie und Logik entnommen ist ... Wir nehmen nun an, dass Propositionen folglich mit Sachverhalten verbunden sind ... Ein Satz ist dann wahr, wenn der Sachverhalt, auf den er verweist, existiert ...“

<sup>39</sup> Vgl. Seel, N. M.: Weltwissen und mentale Modelle. S. 158. „Propositionale Repräsentationen“ zeichnen sich dadurch aus, dass sie in verschiedenen Propositionen verwendet werden können, dass sie diskreter Natur sind, dass sie als wahr oder falsch und dass sie als Material für die Bildung neuer Propositionen benutzt werden können.

Dazu ein Beispiel:

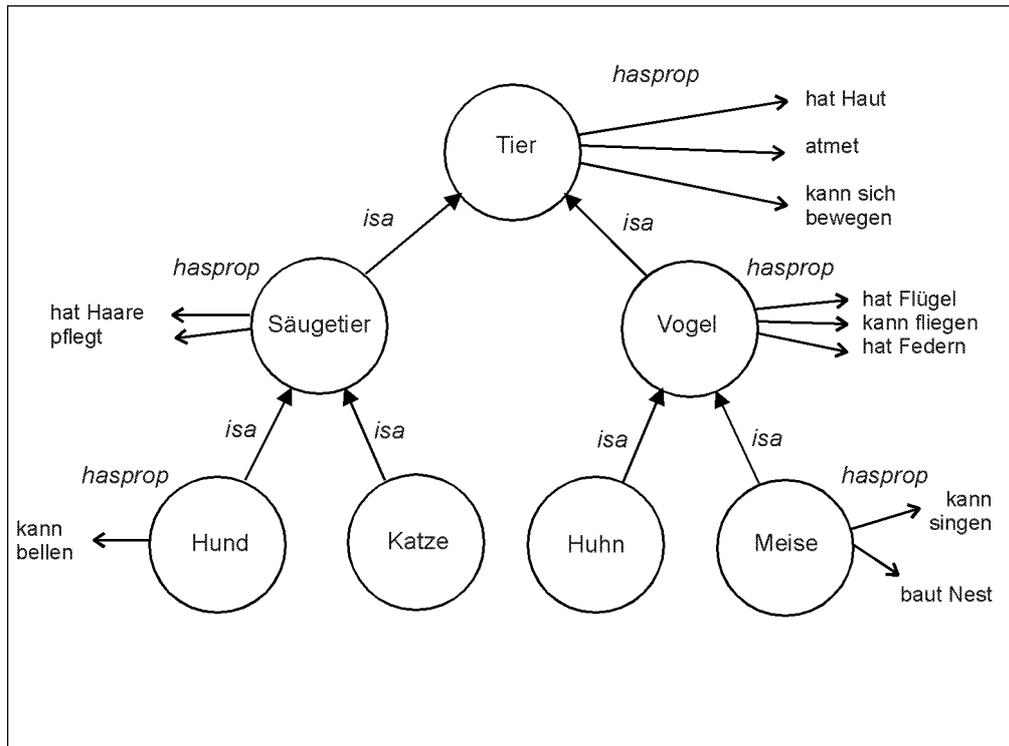


Bild 4.3: Semantisches Netz<sup>40</sup>

Die Kreise stellen die Knoten dar, die in diese hierarchische Beziehung eingebunden sind. Ein Begriff wird einem Knoten zugeordnet. Die Spitze dieser Pyramide wird durch den Begriff oder Knoten „Tier“, die unterste Ebene durch die „Primärbegriffe“<sup>41</sup> „Hund“, „Katze“, „Huhn“ und „Meise“ gebildet. Die Kanten zwischen den Begriffen werden als Aggregationen bezeichnet und im Modell mit der englischen Bezeichnung „isa“ benannt. Die Kanten entsprechen den Propositionen. Von den Knoten ausgehend bezeichnen die Pfeile nach links bzw. rechts die Merkmale oder Eigenschaften, die diesem Begriff zugeordnet sind. Die englische Bezeichnung lautet „hasprop“ und bedeutet „hat die Eigenschaft“. In dieses Beispiel lassen sich die Vererbungsbeziehungen aus der

<sup>40</sup> Erstellt nach Schmid, U. und Kinds Müller, M. C.: Kognitive Modellierung. 1996 S. 36

<sup>41</sup> Ebd. S. 82. „Bei den Basis- oder Primärbegriffen handelt es sich in der Regel um die relativ allgemeinsten Begriffe, die noch durch gemeinsame Formeigenschaften anschaulich homogen beschreibbar sind.“ Die Kriterien für die Einordnung eines Begriffes in die Klasse der Basis- oder Primärbegriffe werden von den Autoren nicht eindeutig beschrieben. Sie bezeichnen den Begriff als primär, zu dem es einem Probanden am schnellsten gelingt, eine Anschauung zu entwickeln. Das Konzept des Primärbegriffes ist an die Person und den Kontext gebunden.

Objektorientierung direkt übertragen. Von diesen Knoten ausgehend, können benachbarte Knoten aktiviert oder inhibiert werden.

Weil diese Begriffe innerhalb der hierarchischen Struktur eine Möglichkeit der Zuordnung bilden, ohne dass ihnen ein konkretes Objekt der Welt zugewiesen worden ist, können sie als abstrakte Repräsentanten einer Gruppe von Objekten bezeichnet werden. Aus einer Begriffsstruktur wird damit eine Klassenstruktur. „Da (wegen der Inklusionsbeziehung) die Elemente jeder Teilklasse auch Elemente der übergeordneten Klasse sind, besteht keine Notwendigkeit, die gemeinsamen Merkmale zu wiederholen, die in der Definition einer Klasse für jede ihrer Teilklassen (und deren Teilklassen) spezifiziert werden. Das wird auch als ‚Vererbung‘ (‚inheritance‘) bezeichnet. Ist die Zusammenfassung von Attributen auf der disjunktiven Verknüpfung begründet, resultiert eine Komplexion, die als ‚aggregation‘ bezeichnet wird.“<sup>42</sup> Mit anderen Worten wird die Teilklasse „Hund“ sowohl durch das Merkmal „kann bellen“ als auch durch die Merkmale der „Säugetiere“ und der „Tiere“ beschrieben. Die untergeordnete Klasse verfügt über die Eigenschaften der Oberklasse, aber nicht umgekehrt. In diesem Beispiel bilden die Begriffe einen „semantischen Bereich“, weil sie durch die hierarchische Beziehung miteinander verbunden sind und damit in unmittelbarer Nähe im Sinne einer gemeinsamen Beziehung zueinander stehen.<sup>43</sup> Die Entscheidung für die Einordnung von Begriffen in diese Struktur setzt „im wesentlichen die disjunktive und konjunktive Verknüpfung voraus, was wiederum an die Separabilität der Merkmalsätze gebunden ist, die eine Unterteilung einer Klasse in äquivalente Teilklassen zur Folge hat“.<sup>44</sup>

---

<sup>42</sup> Ebd. S. 66

<sup>43</sup> Klix, F.: Information und Verhalten. 1971. S. 666. K. beschreibt die Situation eines Zuhörers, der innerhalb der ersten drei Worte einen semantischen Bereich festlegt, indem er die Worte einem Begriffsfeld zuordnet. Es findet eine Einengung statt. „Durch die entstandene Bereichsbildung werden bestimmte Objekte oder Gedächtnisinhalte als zugehörig akzeptiert, andere nicht.“

<sup>44</sup> Ebd. S. 66

Diese Klassifikationsaufgabe vermittelt den Eindruck, dass Begriffe Bestandteile einer statischen Struktur sind.<sup>45</sup> Begriffe sind die Folge eines Entscheidungsprozesses, der Merkmale zueinander in Beziehung setzt. Den entsprechenden Knoten sind feststehende Merkmalsätze zugeordnet.

Aus der Kritik an diesem statischen Charakter wurde das Modell des Merkmalsvergleichs entwickelt. Dabei wird davon ausgegangen, dass Merkmale im Gedächtnis abgelegt werden, um dann für einen Merkmalsvergleich aktiviert zu werden. Im Gegensatz zu den hierarchischen Begriffsmodellen „nimmt das Modell des Merkmalsvergleichs an, dass ein großer Teil des Wissens aus den im Gedächtnis gespeicherten Informationen neu gebildet, gewissermaßen errechnet wird“.<sup>46</sup> Begriffe werden jeweils in einem Prozeß erzeugt und sind damit nicht nur Speicheradressen, die über Operationen verbunden werden, sondern sind Ergebnisse einer Aktivierung eines bestimmten Ausschnittes aus einem neuronalen Netz. Mit dieser Theorie werden die Begriffe „DMF-Theorie“ und „Marker“ verbunden.<sup>47</sup> Unabhängig davon, ob man die Merkmalsätze als starr oder flüssig bezeichnet, hat die Metapher des Netzes im Rahmen der Modelle Bestand.

Die Klassifikation stellt eine Vorgehensweise dar, um die Ordnungsmöglichkeiten innerhalb der Beziehungen zwischen Begriffen zu beschreiben. Die Beziehungen zwischen Begriffen werden über die semantischen Bereiche hinaus hergestellt, so dass sie nicht mehr allein

---

<sup>45</sup> Herrmann, T. und Grabowski, J.: Sprechen. 1994. S. 91

<sup>46</sup> Ebd. S. 262

<sup>47</sup> Vgl. ebd. S. 298. „Im Zusammenhang mit der Sprachproduktion ist es - wie bereits betont - wichtig, Konzepte und Wörter zu unterscheiden. Menschen verfügen über gespeicherte, 'kognitiv repräsentierte' Wissens-elemente, über Dinge, Ereignisse, Sachverhalte, etc. Diese nennen wir Konzepte.“ Konzepte werden durch die Kombination von verschiedenen Merkmalsgruppen gebildet, die zeitweilig aktiviert werden können. Die Autoren führen als Modell zur Begriffsbildung das „dual, multimodal, flexibel“ (kurz DMF)-Modell an. „Der Kern der DMF-Theorie besteht darin, dass abstrakte, sensorische, motorische und emotiv-bewertende Marken sowohl bei Konzepten wie bei Wörtern vorkommen.“ Konzepte sind in diesem Fall „kleinste Einheiten unseres Wissens“. Diese Merkmalsätze werden zeitlich begrenzt aktiviert.

durch die strenge hierarchische Struktur abgebildet werden können. Das folgende Beispiel macht den Unterschied deutlich:

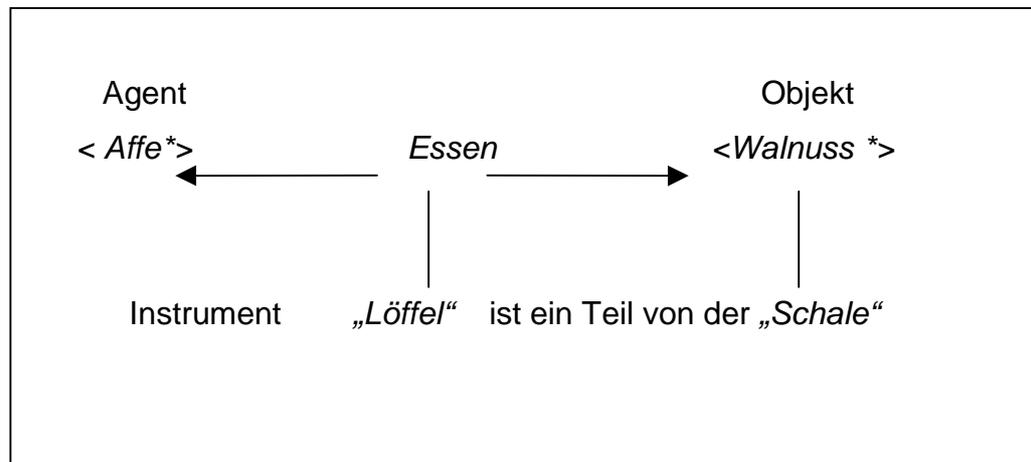


Bild 4.4: „Ein Affe isst eine Walnuss mit einem Löffel, der aus einer Walnussschale gemacht ist.“<sup>48</sup>

In diesem Beispiel werden mehrere verschiedene Propositionen grafisch dargestellt. Der Affe ist der Handelnde und wird deshalb als „Agent“ bezeichnet. Der Stern kennzeichnet, dass es sich um irgendeinen Vertreter der Klasse „Affe“ handelt. Der Pfeil richtet sich von „Essen“ auf ihn, weil er die Tätigkeit ausführt. Der zweite Pfeil weist aus, dass sich die Tätigkeit auf das „Objekt“ „Walnuss“ richtet. Das „Instrument“ ist ein „Löffel“, der aus einer „Schale“ hergestellt wurde, die „ein Teil von“ einer „Walnuss“ ist.

Dieses semantische Netz unterscheidet sich von dem hierarchischen Beispiel durch die Möglichkeit, ganze Propositionsgruppen abzubilden. Die Konstruktion solcher Abbildungen setzt die Akzeptanz folgender Grundsätze voraus: „Die Grundlage für die Transponierung von Begriffen und Propositionen in ‚konzeptuelle Graphen‘ und ‚semantische Netze‘ besteht darin, dass Propositionen grundsätzlich als benannte gerichtete Graphen abgebildet werden können. Deren Knoten werden durch ‚individuelle‘ oder ‚generische Begriffe‘ und ihre Kanten ... durch

zwischenbegriffliche Relationen gebildet, die den Beziehungen zwischen gedächtnisseitig abrufbaren Attributklassen entsprechen.“<sup>49</sup> In einem solchen semantischen Netz setzt sich ein Knoten aus verschiedenen Kennzeichen zusammen. Die Merkmale, die Einbindung in eine Klasse und die Beziehungen zu anderen Knoten dienen der Definition.<sup>50</sup>

Die Ähnlichkeiten zwischen den Modellen der semantischen Netzwerke und den Darstellungsmitteln in der Objektorientierung sind groß. Es bestehen sowohl die Möglichkeiten, starre Vererbungslinien zu bilden wie verschiedene Objekte dynamisch miteinander zu verknüpfen. Der gemeinsame Begriffsvorrat beschränkt sich nicht allein auf die Begriffe, Klasse, Objekt, Attribut oder Merkmal, sondern umfaßt auch Operation, Vererbung, Aggregation und Hierarchie. Es scheint, als ob die Objektorientierung sowohl mit den semantischen Netzwerken wie mit dem DMF-Modell kompatibel ist, weil es sowohl statische wie dynamische Verbindungen zulässt. Es gilt aber noch einmal zu betonen, dass ein Objekt mehr ist als ein Begriff. Es handelt sich um einen Merkmalsatz, der das Objekt als aktives Element definiert und ihm dadurch Leben verleiht.

#### 4.4.2 Operatoren der Modellbildung

Das Netz dient sowohl in der Neurophysiologie wie für die Klasse der mentalen Modelle als Leitbild. Die Knoten werden dabei entweder durch die Nervenzellen oder in semantischen Modellen durch Begriffe oder Merkmalsätze gebildet. In diesem Bild werden die stabilen Strukturen durch Prozesse organisiert. Das NVS-Mensch verfügt über eine

---

<sup>48</sup> Erstellt nach Seel, N. M.: Weltwissen und mentale Modelle. 1991. S. 167

<sup>49</sup> Ebd. S. 167

<sup>50</sup> Vgl. ebd. S. 69. S. definiert „Begriff“ vor dem Hintergrund des Propositionsmodells und der Funktion bei der mentalen Modellbildung wie folgt: „Die Struktur eines Begriffs kann somit als Tupel  $(E, A, R, S)$  definiert werden ... wobei  $E = \{e_i\}$  die Menge der Elemente der semantischen Kategorien ist, die durch eine Menge von Merkmalen  $A = \{a_i, b_i, c_i\}$  gebildet werden.  $R = \{r_i\}$  ist die Menge der Relationen innerhalb der Klassen und  $S = \{s_i\}$  ist die Menge der Relationen mit anderen Begriffen. Diese ‚zwischenbegrifflichen Relationen‘ verknüpfen semantische Kategorien derart, dass ein Geflecht oder Netzwerk von Beziehungen zwischen inhaltlichen Einheiten des Wissensgedächtnisses resultiert, die durch ‚semantische Netze‘ repräsentiert werden können.“

Wissensbasis und Operatoren, die Inhalte der Wissensstruktur verändern können. Für diese Unterscheidung bietet D. Dörner die Begriffe der „epistemischen Struktur“, die aus Daten eines Gegenstandsbereichs besteht, und die „heuristische Struktur“ an, die der Organisation der Prozesse dient.<sup>51</sup>

Durch die „Klasse der Operationen“<sup>52</sup> wird das Gestalten dieser Modelle, Netze oder Repräsentationen der uns umgebenden Welt organisiert. Das Produkt der Anwendung von Operatoren kann als semantisches Netz abgebildet oder z. B. als Text sichtbar werden. Die Operatoren treten selbst nicht unmittelbar in Erscheinung.<sup>53</sup> Folgende Grundoperatoren sind auf K. Lompscher zurückzuführen. Sie stellen eine Gruppe von Operatoren dar, die nicht vollständig sein muss. Die einzelnen Operatoren sind im Text hervorgehoben und werden auf die Objektorientierung übertragen:

**Zergliedern** eines Sachverhaltes in seine Teile, **Erfassen** seiner Eigenschaften und **Vergleich** hinsichtlich der Unterschiede und Gemeinsamkeiten. Diese Analyseoperatoren schaffen das Material, um durch Objekte, Klassen, Attribute und Beziehungen zu erzeugen und damit zu ordnen. Dieser Prozeß lässt sich auch als Zusammenfügen oder Synthese beschreiben. **Abstrahieren** ist einerseits eine Auswahl der wesentlichen Merkmale eines Sachverhaltes bei gleichzeitiger Vernachlässigung der unwesentlichen Merkmale. Diese

---

<sup>51</sup> Vgl. Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. 1976. S. 27. D. beschreibt die Voraussetzungen, um Probleme lösen zu können. Die Grundlage bildet das Wissen über einen Realitätsbereich des Problems. „Diesen Teil der kognitiven Struktur nennen wir epistemische Struktur (von griechisch episteme = Wissen) ... „Dieses Wissen allein reicht nicht aus, um Probleme zu lösen. Es bedarf der Ergänzung durch Vorschriften und Verfahren, die diesen Prozeß organisieren. Er nennt diese zweite Struktur die „heuristische Struktur“.

<sup>52</sup> Klix, F.: Information und Verhalten. 1971. S. 620

<sup>53</sup> Vgl. Kluwe, R. H. und Haider, H.: Modelle zur internen Repräsentation komplexer technischer Systeme. In: Mentale Repräsentationen. Engelkamp, J. (Hrsg.). 1993. S. 130. „Es wird angenommen, dass diese Operationen nicht mitteilbar sind.“

„idealisierende“<sup>54</sup> Abstraktion führt zur Bildung abstrakter Datentypen und Operationen, denen nicht in jedem Fall ein Gegenstand oder ein Vorgang aus den abzubildenden Zusammenhängen entspricht.

Beim **Verallgemeinern** oder dem „generalisierenden“<sup>55</sup> Abstrahieren geht es um das Erfassen gemeinsamer Eigenschaften. Mit dieser Operation verbindet sich das **Klassifizieren** als Einordnen eines Sachverhaltes. Das Klassenkonzept und die Vererbung sind Folgen generalisierenden Abstrahierens. Sie stehen im Dienste der Hierarchiebildung. Das Gegenteil besteht im **Konkretisieren** als Übergang vom Allgemeinen zum Besonderen“.<sup>56</sup>

Wie bei den Ausführungen zur Objektorientierung beschrieben, werden diese Vorgänge in Schleifen durchlaufen. Wann immer eine Operation zu Ergebnissen führt, die nicht den Erwartungen entsprechen, können die Prozesse einem Sprungbefehl gleich erneut durchlaufen werden. In rückgekoppelten Schleifen können diese Operatoren immer wieder zur Anwendung kommen. Hier geht es um Funktionen, die nicht berücksichtigen, wann eine Ordnung als stabil angenommen und damit aus den iterativen Bearbeitungsschleifen genommen wird, um als stabiler Bau-

---

<sup>54</sup> Aubenque, P.: Abstraktion. In: Historisches Wörterbuch der Philosophie. Ritter, J. [u. a.] (Hrsg.). Bd. 1. 1971. S. 44. Die historischen Wurzeln des Begriffs „Abstraktion“ werden durch A. beschrieben. Er ordnet ihn Aristoteles (384- 322) zu, der ihn im Bereich der Mathematik zum Zweck der Vereinfachung eingeführt hat. Er beschreibt: „Die Aphairese besteht also darin, das in Gedanken auszuklammern, was man dennoch dem betreffenden Subjekt zugehörig weiß.“ Damit ist eine Funktion der Abstraktion festgelegt. Die Aufmerksamkeit gilt dabei nicht dem Gemeinsamen, sondern dem Unterscheiden.

<sup>55</sup> Ebd. S. 44. Alexander von Aphrodisias (2.- 3. Jh. n. Chr.) ergänzt eine Möglichkeit der Abstraktion, die in der Vernachlässigung des Unterschieds und der Konzentration auf das Gemeinsame besteht. Er „räumt im Zusammenhang ... zwei Verständnismöglichkeiten ... ein ... [Er; d. Verf.] kennt neben der Abstraktion des Mathematischen und neben der Trennung einer Qualität von ihrem Subjekt über Aristoteles hinausgehend, auch den Gewinn des Allgemeinen durch Abstraktion vom Einzelnen.“ Er kehrt damit die Funktion nach Aristoteles um.

Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 26. „Die generalisierende Abstraktion hebt Eigenschaften hervor, die dem, was wahrgenommen wird, gemeinsam sind ... Die isolierende Abstraktion sondert Eigenschaften aus, weil diese, für die Erklärung von etwas, besonders interessant sind.“

<sup>56</sup> Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. 1976. S. 112

stein für neue Schleifen verwendet zu werden. Nach welchen Kriterien erfolgt diese Entscheidung?<sup>57</sup>

Diese Operatoren organisieren z. B. die Abbildung eines Problemereiches in Objekten. In einem ersten Schritt geht es um die Erfassung von Eigenschaften und Vergleichen, um Anknüpfungspunkte zu bestehenden Elementen der Wissensstruktur zu erhalten, die dann in iterativen Vorgängen immer weiter verfeinert und ausgebaut werden.<sup>58</sup> Diese Grundoperatoren können auf unterschiedliche Weise miteinander kombiniert werden. Der wiederholte Ablauf von Operatorenkombinationen führt nach N. Seel zur Bildung einer Prozedur oder, kybernetisch gesprochen, zu einem Algorithmus. Er beschreibt die Funktion und die Kombination von Operatoren.<sup>59</sup> Wenn diese Operatoren sich auf jede Form menschlicher Nachrichtenverarbeitung auswirken, dann natürlich auch auf die Gestaltung objektorientierter Modelle.

---

<sup>57</sup> Die Entscheidung für eine Ordnung kann nach ästhetischen Gesichtspunkten erfolgen. Neben den Kategorien wie Nützlichkeit und Einfachheit spielt auch die kaum zu operationalisierende Kategorie des „Geschmacks“ eine Rolle. Eine Ordnung gefällt oder sie gefällt nicht. Diese Dimension wird bei den Entscheidungen im Projektmanagement einer Softwareentwicklung nicht berührt. Hier werden Funktionen als Maß genommen, um Teilziele zu definieren. Die Bedeutung dieser ästhetischen Dimension ist meiner Meinung nach noch zu leisten.

<sup>58</sup> Vgl. Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. 1976. S. 36. „Die Problemlösepsychologie kennt eine ganze Menge von ‚Heurismen‘ (= Findeverfahren) der Suchraumeinengung.“ Heurismen sind Strategien, die dazu dienen, die Barriere zwischen einem Ziel und einem Ausgangspunkt zu überwinden. Dazu stehen verschiedene Operatoren als Grundelemente zur Verfügung, die in verschiedenen Heuristiken miteinander kombiniert eingesetzt werden können.“  
Vgl. Weisberg, R.: Kreativität und Begabung. 1989. S. 11. W. untersucht Kreativität differenziert nach verschiedenen Erscheinungsformen, zu denen u.a. das Problemlösen zählt. Seine Übersicht über experimentelle Befunde verdeutlicht, dass sich dieses Phänomen dem systematischen Zugang zu verschließen scheint. Er bezeichnet das populäre Kreativitätsverständnis als dunklen, „in sich vielschichtigen Mythos“.

<sup>59</sup> Seel, N. M.: Weltwissen und mentale Modelle. 1991. S. 75. „Allgemein können sie als ‚äußere Verknüpfung‘ verstanden werden, die Strukturen erzeugen, wenn sie zu einer nichtleeren Menge Z von Zuständen eine weitere Menge ... hinzutritt und Elemente des Operatorenbereiches mit Elementen aus Z auf eine Art und Weise verknüpft werden, dass wieder Elemente aus Z entstehen ... Liegt eine ganze Sequenz von Operatoren vor und bewirkt jeder Operator eine Veränderung eines Zustands, liegt eine ‚Prozedur‘ vor, die auch als eine Komplexion (bzw. Verkettung) einzelner Operationen zu verstehen ist ... „

## 4.5 Objekte als Abbildungsmittel

### Externe semantische Modellbildung

Sobald eine interne Modellbildung zu Zeichnungen, Darstellungen oder Diagrammen führt, wird das interne semantische Modell in ein externes semantisches Modell überführt.<sup>60</sup> D. h., sobald sich ein Mensch durch Kommunikation öffnet, erzeugt er ein externes semantisches Modell. Darunter fallen demnach alle Verfahren, die dazu dienen, ein Modell z. B. in einem technischen oder wissenschaftlichen Zusammenhang zu erzeugen. Ein externes semantisches Modell beruht auf einem Zeichensystem. Es ist an einen Informationsträger gebunden. Ein externes semantisches Modell wird durch die Regeln und Zeichen der UML festgelegt. Sie setzen der Modellentwicklung einen Rahmen und leiten durch die Werkzeuge und Regeln auch die interne Modellbildung an. Die Regeln externer semantischer Modellbildung beeinflussen die Gestaltung der internen Modelle. Dabei zeichnet sich die Objektorientierung durch folgende Besonderheiten aus.

### Plausibilität

Dadurch, dass in der Objektorientierung das Zeichensystem der Sprache eine wichtige Rolle spielt, werden auch Beziehungen zwischen den einzelnen Bausteinen in der UML benutzt. UML nutzt das Zeichensystem der Sprache.<sup>61</sup> Dabei verlieren die objektorientierten Begriffe ihre Mystik: „Sie sind der natürlichen Sprache vertraut ... In der objektorientierten Softwaretechnik ... unterliegen gewöhnliche Dinge und Ereignisse des sprachlichen Alltags der gleichen kognitiven wie technischen Ordnung und Verarbeitung.“<sup>62</sup>

### Lebendigkeit

„Das objektorientierte Design begünstigt eine Sichtweise der Welt als System kooperierender Handlungsträger ... Objekte werden zwar als

---

<sup>60</sup> Ebd. S. 186. Die „externe semantische Modellbildung (EMB) [dient; d. Verf.] der Darstellung, bzw. Vermittlung subjektiver Weltauffassung und kann als eine Externalisierung bzw. Objektivierung mentaler Modelle verstanden werden.“

<sup>61</sup> Vgl. ebd. S. 150

unbelebte oder konzeptionelle Entitäten der wirklichen Welt modelliert, innerhalb ihres Systems sind sie jedoch agierende Bestandteile, ebenso wie ein Mensch Handelnder in seiner Welt ist.<sup>63</sup> Anthropomorphes Denken ist nicht mehr, wie in der in der Vergangenheit, als Ausdruck einer mangelhaften analytischen Verstandesleistung oder unzureichender Selbstdisziplin betrachtet, sondern als ein verstärkendes Mittel bei der Erzeugung von Modellen. In Kapitel 2 wurde die besondere Art P. Coads beschrieben, Objekte in Dialoge miteinander treten zu lassen. Die Fragen, die Objekte beantworten können, sind Folge der anthropomorphen Sicht- und Denkweise. In die Objektorientierung ist die anthropomorphe Sicht des Akteurs gefordert, aus der heraus Assoziationen zum menschlichen Verhalten ausgelöst werden. Dadurch ermöglicht sie einen anderen Grad der Identifikation und schafft im Abbildungsprozess eine Tür für Emotionen. „Objekte werden erschaffen ... Sie erben und vererben. Sie haben eine Identität, die mit persönlichem Fürwort ... angesprochen wird. Diese Identität überdauert Zustandsänderungen. Objekte besitzen intelligente Verhaltensmuster“<sup>64</sup>. Die Abbildungsprozesse gewinnen auf diese Art und Weise eine weitere, bisher unterdrückte Dimension.

Der Weg der Objektorientierung steht im Gegensatz zu einem Wissenschaftsverständnis, das sich durch eine Denaturierung auszeichnet. Es geht vielmehr darum, diese Dimension der Natürlichkeit zu erhalten und auch diese Möglichkeit menschlicher Nachrichtenverarbeitung in ein Verfahren einzubinden.<sup>65</sup> Anthropomorphie wird nicht als eine Störung bewertet, sondern als ein Mittel betrachtet, das es

---

<sup>62</sup> Ebd. S. 150

<sup>63</sup> Wirfs, R. [u. a.]: Objektorientiertes Software-Design. 1993. S. 7

<sup>64</sup> Quibeldey-Cirkel, K.: Das Objektparadigma in der Informatik. 1994. S. 151

<sup>65</sup> Frank, H. G.: Philosophische und kybernetische Aspekte der Pädagogik. In: Kybernetische Pädagogik - Schriften 1958- 1972. Meder, B. und Schmid, W.F. (Hrsg.). 1974. Bd. 1. S. 369. „Überspitzt formuliert: die moderne Naturwissenschaft ist gerade dadurch als Naturwissenschaft gekennzeichnet, dass sie darauf verzichtet, von der Natur zu sprechen, dass sie vielmehr die Natur in Komponenten zerlegt und damit denaturiert. Man kann vermuten, dass am Ende unseres Jahrhunderts die bis dahin ‚modern‘ gewordene ‚Geisteswissenschaft‘ dadurch gekennzeichnet sein wird, dass sie nicht mehr vom ‚Geist‘ und seinen Derivaten spricht, ihn vielmehr in Komponenten zerlegt und damit zu einer Systematik von Informationen und informationellen Prozessen ‚entspiritualisiert‘ haben wird.“

ermöglichen soll, Daten nicht nur auf anschauliche Art darzustellen, sondern auch das Zusammenspiel zwischen ihnen lebendig zu gestalten.

### **Daten bekommen Gestalt**

Die Beschreibung des Umgangs mit abstrakten Datentypen verdeutlicht ein Grundproblem der elektronischen Datenverarbeitung: „Der zu modellierende Rohstoff ‚Information‘ [ist; d. Verf.] per se gestaltlos.“<sup>66</sup> Visualisierung und Anthropomorphie sind die Gegenspieler der Gestaltlosigkeit von Daten. Sie bewirken einen hohen Grad an Anschaulichkeit.<sup>67</sup> Mit der UML wird eine Vielzahl von „nicht-ikonischen“<sup>68</sup> Darstellungsmöglichkeiten angeboten, um aus Daten Objekte zu gestalten, die durch die entsprechenden Symbole visualisiert werden. Objekte bekommen durch die Symbole eine Gestalt, die sie von anderen Objekten unterscheidbar macht.

Die Objektivierung wirkt dabei in zweifacher Hinsicht. Sie stellt eine Möglichkeit für ein NVS dar, subjektives Wissen zu externalisieren. Andererseits stellt die Ausarbeitung und Ausformung eines externen semantischen Modells eine Möglichkeit dar, den Erzeugungsprozess selbst zum Gegenstand der Reflektion zu machen. Dabei wird sowohl für seinen Erzeuger, der seine Modellbildung vor Augen geführt bekommt, als auch für andere Individuen, der Ablauf der Prozesse transparent.

---

<sup>66</sup> Quibeldey-Cirkel, K.: Das Objektparadigma in der Informatik. Stuttgart: Teubner. 1994 S. 142

<sup>67</sup> Vgl. Lehnert, U.: Der EDV-Trainer. 1997. S. 112. L. beschreibt die Funktion der Visualisierung bei der Vermittlung komplexer Sachverhalte. „Visualisierung ist vor allem dann angezeigt, wenn die Informationen nicht nur eine lineare Struktur aufweisen ... sondern eine komplexe bzw. zweidimensionale Struktur darstellen, wenn also Zusammenhänge und gegenseitige Abhängigkeiten vorliegen, die ‚flächig gelesen‘ werden müssen.“ Im Rahmen der Modellierung stehen sowohl Entwicklung als auch Vermittlung innerhalb eines Teams im Vordergrund.

<sup>68</sup> Vgl. Seel, N. M.: Weltwissen und mentale Modelle. 1991. S. 190. Als Merkmal für „nicht-ikonische“ Zeichen führt S. an, dass sie abstrakte Symbole sind, deren Bedeutungen erst gelernt werden müssen und sich im Gegensatz zur Ikone nicht von allein erschließen.

Vgl. Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. S. 163. S. ordnet ikonische graphische Modelle der Klasse der Bildmodelle zu. Ihr Merkmal ist, dass sie sich durch die „Originalähnlichkeit“ auszeichnen. Diese Voraussetzung ist bei den grafischen Elementen von UML nicht gegeben. Der Begriff „ikonisch“ trifft nicht zu.

Das Modell kann zum Gegenstand eines „inneren Dialogs“<sup>69</sup> des Erzeugers oder einer Diskussion in einem Entwicklungsteam werden. Die „semiotische Kompetenz“<sup>70</sup> eines Anwenders wird dadurch geschult.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass durch diese Darstellungen der Grad des Systemverstehens höher ist, als wenn die Zusammenhänge im Quellcode vorlägen und zur Diskussion stünden.<sup>71</sup> Die Visualisierung steht damit im Dienste der Anschaulichkeit sowohl für die Entwickler als auch für Außenstehende. Bei dem Versuch, die Komplexität zu reduzieren, wird hier nicht die Mathematisierung, sondern die Visualisierung eingesetzt.

#### 4.6 Zusammenfassung

Die in diesem Kapitel vorgestellten Modelle können eine Anfangspunkt Grundlage für ein Curriculum für Informatiker bilden. Vielleicht ist sogar der Ausbau und die Erweiterung der Zielgruppe solcher Inhalte über die Informatiker hinaus für jeden Wissenschaftszweig notwendig, um die Grenzen und Möglichkeiten menschlichen Abbildens zu beleuchten.

Doch zurück zur UML. Wenn die Natürlichkeit für Abbildungsverfahren gefordert wird, ist die Unterscheidung in zwei Ebenen notwendig. Zum einen handelt es sich auch hier um ein von Menschen für Menschen erdachtes Werkzeug, das damit innerhalb dieser Grenzen die Forderung nach Natürlichkeit erfüllt. Es bewegen sich die Entwickler der

---

<sup>69</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 229. Schmid beginnt seine Ausführungen über die „innere Stimme“ in bezug zu Sokrates. Der Mensch verfügt über die Möglichkeit zur „Auseinandersetzung mit sich selbst“ in Form eines Dialogs. Schmid untersucht die verschiedenen Erscheinungsarten und Funktionen.

<sup>70</sup> Seel, N. M.: Weltwissen und mentale Modelle. 1991. S. 205. Mit „semiotischer Kompetenz“ bezeichnet S. die Fähigkeit, externe semantische Modelle zu bilden. Er verbindet mit der Verbesserung der Abbildungskompetenz eines Anwenders einen positiven Einfluß auf seine Möglichkeiten zur mentalen Modellbildung.

<sup>71</sup> Booch, G.: Rational Rose, <http://www.rational.com/pst/products/rosefamily.html>, 30.05.1997. „In jedem Projekt - unabhängig von der Komplexität - wird ein Design durch Modellieren hergestellt. Es werden Modelle komplexer Systeme dargestellt, weil es ansonsten unmöglich ist, die Gesamtheit zu verstehen. Dem Menschen sind enge Grenzen gesetzt, Komplexität zu verstehen. Auf endlose Linien eines Programmcodes zu starren, wird einem Programmierer nur wenig helfen, einen Überblick über ein Projekt und seine Zusammenhänge zu erhalten.“

Objektorientierung in dem Rahmen, der dem NVS-Mensch gesetzt ist. Die Fragestellung muss daher verfeinert werden. Die Grundlage für die Modelle menschlicher Nachrichtenverarbeitung stellen eine Momentaufnahme und verschiedene Aspekte dessen dar, was über das Denken bekannt ist. Die Objektorientierung stellt insofern etwas Besonderes dar, weil der Bezug und der Anspruch ein natürliches Verfahren zu entwickeln, erhoben worden ist. Es ist natürlich, weil es nicht im Gegensatz zu den bestehenden Modellen menschlicher Nachrichtenverarbeitung steht, sondern auf diesen Prinzipien aufbaut und sie sogar erweitert.

Die verschiedenen Perspektiven aus der Sicht eines Objekts, die Einbindung in ein Netz von Beziehungen, die Anthropomorphie und die Möglichkeit des visuellen Modellierens öffnen ein Spielfeld für die Modellbildung, das etwas Besonderes darstellt. Das Erzeugen dieser Modelle durch die Objektorientierung macht diese Prozesse des Denkens sichtbar und führt einem sensiblen Anwender die Strukturen seines Denkens vor Augen. Objektorientierung stellt eine neue Strategie für die Organisation des Denkens und für das Abbilden dar.

## 5. Objekte als Werkzeuge des Denkens

In den Kognitionswissenschaften stehen wesentliche Bereiche menschlichen Denkens im Mittelpunkt und werden mit erfahrungswissenschaftlichen Mitteln innerhalb ethischer Grenzen untersucht. Die Prozesse werden unter anatomischen, physikalischen, chemischen und elektrischen Aspekten untersucht. Diese Ergebnisse machen deutlich, mit welchen Mitteln sich menschliche Nachrichtenverarbeitung und damit Denken vollzieht. Damit werden jedoch nicht alle Bereiche menschlicher Nachrichtenverarbeitung abgedeckt. Die Suche nach den Regeln menschlicher Nachrichtenverarbeitung führt über den Bereich der Kognitionswissenschaften hinaus in die Philosophie, „Metaphysik“<sup>1</sup> und Kybernetik. Das Verhältnis dieser drei Wissenschaften ist kompliziert. Einerseits stehen philosophische und metaphysische Fragen vor dem Hintergrund einer erfahrungswissenschaftlich geprägten Sicht nicht besonders hoch im Kurs.<sup>2</sup> Andererseits drängen auch Fragen nach dem Wesen und dem Zweck des Denkens auf eine Antwort. In der Kybernetik ist ein geeigneter Raum, um die Fragen zu stellen, die in anderen Bereichen keinen Platz haben.

In diesem Kapitel, steht das Denken als Prozeß des Werdens im Mittelpunkt. Der enge Zusammenhang zwischen der Objektorientierung und den kognitionswissenschaftlichen Modellen menschlicher Nachrichtenverarbeitung wird um diesen Aspekt erweitert. Dabei

---

<sup>1</sup> Mittelstraß, J. (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. 1984. Bd. 2. S. 870. M. unterscheidet in der Darstellung zum Begriff „Metaphysik“ in zwei Phasen. Die Grenze zwischen den Phasen bilden die Arbeiten I. Kants, mit denen eine neue Zeit beginnt. Die erste Phase wird maßgeblich durch Aristoteles und seinen Interpreten T. v. Aquin geprägt. Hier gilt Metaphysik als die „erste Philosophie“, die sich als „allgemeine Lehre vom Sein ... bzw. vom Seienden ausbildet ... „. I. Kant leitet eine neue Orientierung ein, indem er die Metaphysik als Wissenschaft begründet.

<sup>2</sup> Vgl. Metzinger, T.: Subjekt und Selbstmodell. 1993. S. 13f. M. beschreibt, dass durch die Neuro- und Kognitionswissenschaften soviel empirisches Material vorliegt, vor dem weder Geisteswissenschaftler im allgemeinen noch Philosophen im besonderen die Augen verschließen können. Dieser Umstand sollte Anlass sein, um über die Beziehung zwischen Geistes- und Naturwissenschaften nachzudenken. M. versucht die Synthese zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und Philosophie.

steht die These im Mittelpunkt, dass mit dem Objekt im Sinne der Objektorientierung ein besonderes Abbildungsmittel vorliegt, das zu Prozessen des Denkens anregt und anleitet. Das Vorgehen gliedert sich in zwei Schritte. Einen wesentlichen Bezugspunkt für die Diskussion dieser These stellen die kybernetisch-metaphysischen Untersuchungen von W. F. Schmid dar. Vor diesem Hintergrund werden die Begriffe Modularität, Intuition und Algorithmus zum Werden und damit zum menschlichen Denken in Beziehung gesetzt.

### **5.1 Kybernetik und Werden**

Mit diesem Kapitel schließt sich der Gedankenkreis. H. Franks Vorgabe, dass nicht die Anwendung von Modellen, sondern die Reflektion über diese Modelle die Kybernetik vor anderen Wissenschaften auszeichnet, bildet dabei das Verbindungsglied.<sup>3</sup> Objektorientierung ist deshalb aus kybernetischer Sicht nicht nur ein Weg zur Objektivierung menschlichen Denkens, sondern als Methode selbst zu betrachten.<sup>4</sup>

Im Vergleich zum ersten Kapitel wird der Blick auf die Modellierungssprache dadurch erweitert, dass der Aspekt des Werdens in den Mittelpunkt rückt. Die Schnittstelle zwischen Kybernetik, Philosophie und Metaphysik wird belebt, weil die Frage nach dem Werden die Grenzen menschlichen Erkennens und Wissens berührt. Dabei setzt sich der Gedanke durch, dass das Verhältnis zwischen dem NVS Mensch und einer ihn umgebenden Welt ein konstruierendes,

---

<sup>3</sup> Frank, H. G.: Kybernetik und Philosophie. In: Kybernetische Pädagogik. Meder, B. und Schmid, W. F. (Hrsg.). 1974. Bd. 5. S. 311. „Bis hierher ist nicht einzusehen, weshalb die Modellthematik in der Kybernetik eine größere Rolle spielen soll als in den Naturwissenschaften. Hier wie dort ist das Modell eine wie auch immer geartete ... Zusammenfassung der bisher gewonnenen Erkenntnisse über den untersuchten Gegenstandsbereich mit dem Ziel, den weiteren Erkenntnisfortschritt zu erleichtern. Nun aber ist das Fortschreiten der Erkenntnis selbst ein informationeller Prozeß, also ein Gegenstand der Kybernetik. Das bedeutet: für die Kybernetik sind Modelle nicht nur ... Ausdrucksmittel und Hilfsmittel der Forschung, sondern sie erscheinen zugleich als Gegenstandsbereich dieser Forschung.“

gestaltendes Element enthält, das in der Auseinandersetzung mit Reizen aus einer umgebenden Welt wirksam wird.<sup>5</sup> Wenn Menschen konstruieren und modellieren, existieren dann überhaupt Grenzen der Erkenntnis? Wenn man davon ausgeht, dass Menschen sich durch dieses gestalterische Element in ihrer Nachrichtenverarbeitung auszeichnen, das sich als Neugier, Entdecken und Lernen zeigt, wird deutlich, dass das Sein nicht ohne das Werden möglich ist und beide in einer komplementären Beziehung zueinander stehen.<sup>6</sup> Auch wenn in einer Metaphysik das Sein im Mittelpunkt steht, bedarf sie der Ergänzung

---

<sup>4</sup> Trotz der Unschärfe wähle ich den Begriff „Denken“ aus, um den qualitativen Unterschied zu den kognitionswissenschaftlichen Zusammenhängen zu verdeutlichen. Der Begriff wird im Verlauf des Kapitels beschrieben.

<sup>5</sup> Vgl. Glaserfeld, E.: Konstruktion der Wirklichkeit und des Begriffes der Objektivität. In: Einführung in den Konstruktivismus. 1997. S. 48. Diese Position steht für mich in Verbindung mit dem Konstruktivismus, dessen Vertreter auf die Unterscheidung zwischen ontischer Welt und Subjekt eingehen. G. nennt einen Grundgedanken des Konstruktivismus: „Wissen wird vom denkenden Subjekt nicht passiv aufgenommen, sondern aktiv aufgebaut. Die Funktion der Kognition ist adaptiv und dient der Organisation der Erfahrungswelt, nicht der Entdeckung der ontologischen Realität“. Der Blick wendet sich von der „ontologischen Realität“, auf die Bedingungen und die Funktionen, die bei der Aus-einandersetzung des Menschen mit seiner Umwelt eine Rolle spielen. Die Radikalität dieser Kritik birgt das Risiko in sich, gegen die Position selbst ge-wendet zu werden, sobald das Verbindende zwischen den denkenden Subjekten betont wird.

<sup>6</sup> Vgl. Frank, H. G.: Drei Thesen zur Philosophie der Kybernetik. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1952- 1972. Meder, B. S. und Schmid, W. F. (Hrsg.). 1973. Bd. 1. S. 358ff. F. untersucht in diesem Artikel den Zusammenhang zwischen Philosophie und Kybernetik. Er bezeichnet das Verhältnis als komplementär und macht damit deutlich, dass sein Verständnis von Wissenschaft und des damit verbundenen Abbildungsprozesses einen Teil umfasst, den er erfahrungswissenschaftlich zwar nicht erfassen kann, der aber trotzdem eine unverzichtbare Rolle im Ganzen spielt.

Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 147. S. erweitert den generellen Zusammenhang zwischen Philosophie und Kybernetik und verleiht ihm durch den Begriff des „Werdens“ eine neue Qualität. „Im Gegensatz zum Sein, das dem Denken als Gegenstand erscheint, bedeutet das Werden das Denken des Denkens selbst. Indem sich das Denken dem Werden öffnet, wird es sich selbst zum Gegenstand.“

durch das Werden.<sup>7</sup> Das Sein bedarf des Werdens, um überhaupt erscheinen zu können.

Vier verschiedene Seinsgrade kennzeichnen den Weg vom Werden zum Sein. Sie lauten:

**„mögliche Möglichkeiten** (Intuitionen und Ideen),  
**wirkliche Möglichkeiten** (Betrachtungen von Vorgängen, die für eine Abbildung oder Definition interessant erscheinen),  
**mögliche Wirklichkeiten** (Entwürfe für Bilder und Begriffe),  
**wirkliche Wirklichkeiten** (endgültige Fassung von Bildern oder Begriffen als Handlungsvorlage) [Hervorhebungen d. Verf.]<sup>8</sup>

Die wirkliche Wirklichkeit kann einer Metaphysik des Seins und die mögliche Möglichkeit einer Metaphysik des Werdens zugeordnet werden. Auf den Menschen gewendet ist Denken Mittel und Gegenstand sowohl der Metaphysik wie der Kybernetik, bei der die informationellen Prozesse im Mittelpunkt stehen. Dabei kann die Objektorientierung eine besondere Rolle spielen. Es macht diese

---

<sup>7</sup> Vgl. Aristoteles: Metaphysik. Schwarz, F. F. (Hrsg.). 1984. S. 1555 (Ziff. 1025b). A. verdeutlicht, dass es einer „ersten Philosophie“ bedarf, die die Grundlage für die Entfaltung der anderen Wissenschaften legt. Alle Wissenschaften „umschreiben nur ein bestimmtes Seiendes und eine bestimmte Gattung und beschäftigen sich damit, nicht mit dem Seienden schlechthin und insofern es Seiendes ist, sondern sie gehen vielmehr von diesem aus; die einen erklären es mit Hilfe der Sinneswahrnehmung, die anderen nehmen das Was als Voraussetzung.“ Er sieht den Bedarf, diese Frage in einer ersten Philosophie zu untersuchen.

Vgl. Heidegger, Martin: Gesamtausgabe. Bd. 29/30: Die Grundbegriffe der Metaphysik. 1983. S. 1ff. H. macht deutlich, dass Metaphysik in ihren Anfängen die Tätigkeit des Philosophierens selbst meint. „Metaphysik ist ein Fragen, indem wir in das Ganze des Seienden hineinfragen und so fragen, dass wir selbst, die Fragenden, dabei mit in Frage gestellt werden.“ H. beschreibt im ersten Kapitel die Begriffsgeschichte und den Wandel von einer inhaltlichen zu einer technischen Wissenschaft. Die Metaphysik erfährt dabei eine Degradierung zu einer „philosophischen Disziplin“ und verliert den Charakter einer ersten Wissenschaft, von der Aristoteles spricht. H. spricht davon, dass sich die Philosophie seit Descartes allein den Dingen zuwendet und damit alles, was sich hinter ihnen verbirgt unberührt lässt. Sie stellt nichts in Frage und riskiert nichts. Aber der Bereich des Unterbewusstseins, dessen, was hinter einer Handlung steht, ist irgendwann in den Bereich der Tiefenpsychologie, der Religion, der Esoterik oder der Mystik delegiert worden.

Vgl. Volkmann-Schluck, K.-H.: Einführung in das philosophische Denken. 1989. S. 47. Seine Behauptung lautet, dass die philosophische Frage nach dem Wesen verloren worden ist, die jetzt durch die Kybernetik wieder eine Bedeutung erfährt.

<sup>8</sup> Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 149

Prozesse des Gestaltens und damit des Werdens erlebbar. Es geht darum, aktiv in einem Prozeß Grenzen zu setzen und einen Ausschnitt von Welt zu gestalten, der für das abzubildende Umfeld als relevant angesehen wird. Die Ausgestaltung dieser Beziehungen und das Schaffen eines komplexen Zusammenspiels aktiver, selbständiger Objekte setzt eine Vielzahl von Auswahl-, Entscheidungs- und damit Gestaltungsprozessen voraus.

Die mit diesem Kapitel verbundene Hypothese lautet, dass durch UML das Denken auf besondere Weise strukturiert und angeleitet wird. Der Gebrauch des Werkzeugs erfordert, dass die Gedanken in die Form der leeren Objekt-Schablone zu bringen sind. Sie ermöglichen das Erzeugen einer individuellen Ordnung in einer als komplex empfundenen Welt. Man kann diese Gestaltungsprozesse des Denkens erfahren, beobachten und erleben. Es wird erfahrbar, was sich dem kartesischen Zugriff verschließt.<sup>9</sup> Die Anwendung der Modellierungssprache UML erhöht die Wahrscheinlichkeit, die Prozesse des Gestaltens zu erleben.

## **5.2 Denken und der gestalterische Grundtrieb**

Denken ist Ausdruck des gestalterischen Grundtriebs im Leben eines Menschen. Dieses Moment, Veränderungen zu erfahren, ist eine der wesentlichen Triebfedern menschlichen Denkens. „Denken dient dem Zweck, entweder um alte Bilder und Empfindungen neu zu entdecken oder um neue Bilder oder Begriffe zu finden.“<sup>10</sup> Es handelt sich um einen „Basic Instinct“.

---

<sup>9</sup> Die Frage nach den Prozessen, die einer wissenschaftlichen Beweisführung vorausgehen und die den Entdeckungszusammenhang betreffen, wird durch die erweiterte Fragestellung nach dem Werden berührt. Der Bereich des Erfahrbaren wird durch die Anwendung der Objektmethode erweitert und zu einem aktiven Mittel der Erkenntnis im Abbildungsprozess.

<sup>10</sup> Schmid, W. F.: Basic Instinct. 1994. S. 19.

Die Bedingungen, unter denen Ereignisse eintreten, bei denen Neues entsteht, sind bisher nicht systematisch zu erfassen. Wenn es eine Fähigkeit des Systems ist, spielerisch neue Verbindungen zu erzeugen und Prozesse des Werdens möglich zu machen, dann gilt es mehr über diesen Basic Instinct zu erfahren, damit die Bedingungen geschaffen werden können, um diesen Grundtrieb zu entfalten. Es geht hier um die Prozesse, die dieses Werden, d. h. eine neue Verknüpfung oder Beziehung zwischen vorhandenen und neuen Elementen ermöglichen. Diese Prozesse sind nach Meinung von W. F. Schmid dem Menschen im Prinzip zugänglich, aber sie sind in der modernen Welt durch die Einflüsse von Medien und Erziehung verbaut.<sup>11</sup>

Die Aufgabe, diese Prozesse erfahrbar zu machen und dafür zu sorgen, dass der gestalterische Grundtrieb sich entfaltet, kann nicht durch Regeln und Gesetze erfolgen, weil sie die Zufälligkeit dieser Prozesse nicht erfassen. Der spielerische Charakter dieser Prozesse lässt sich nur durch ein System abbilden, das diesem Spielfeld einen offenen Rahmen setzt. Es geht darum, Bedingungen zu identifizieren, unter denen die Entfaltung des Basic instincts oder des gestalterischen Grundtriebs möglich und damit das Entfalten des Werdens wahrscheinlich wird.

Zwei dieser Bedingungen für die Entfaltung des Basic instinct lauten:

1. Interhemisphärischer Dialog und damit die Nutzung beider

---

<sup>11</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic Instinct. 1994. S. 19. S. beschreibt, dass im Rahmen des Schulunterrichts die Gefahr besteht, dass die Funktionen der rechten Hemisphäre nicht entsprechend gefördert und gefordert werden. „Der Unterricht in der Schule besteht gewöhnlich in der Verwendung von Mustern ...“ Wenn dies über Jahre geschieht, „dann versagt die rechte Gehirnhälfte sehr häufig, und schöpferische Einfälle bleiben aus“.

„Hemisphären“.<sup>12</sup>

2. Der sichere Umgang mit sich selbst, um die Rahmenbedingungen zu erkennen, die das schöpferische Denken fördern.<sup>13</sup>

### 5.3 Phasen des Denkens

Um diese Bedingungen zu überprüfen, geht es in dem ersten Schritt um den Phasencharakter menschlicher Nachrichtenverarbeitung, der bereits in Kapitel 4 beschrieben wurde. Um diese Prozesse zu beschreiben, dienen die vertrauten Begriffe Wahrnehmen, Betrachten, Beobachten und Begreifen.

#### Wahrnehmen

„Grundsätzlich handelt es sich bei Wahrnehmungen um Verzweigungen bzw. Vernetzungen im Gehirn.“<sup>14</sup> Wahrnehmung ist mehr als die Perzeption. Wahrnehmung ist ein neurales Ereignis, das unmittelbar mit den Vorgängen im Bewußtsein verknüpft ist. Der Begriff Wahrnehmung beschreibt mehr als den Eingang und die Verarbeitung von sensorischen Reizen und die damit verbundenen Ereignisse. Die Wahrnehmung kann sich sowohl auf die Ereignisse richten, die durch sensorische Reize ausgelöst werden, als auch auf die Ereignisse einer inneren, geistigen Welt. Dabei können alte Bilder aktiviert und erneut Gegenstand der Wahrnehmung werden. W. F. Schmid führt darüber hinaus als dritte Art die seelische Wahrnehmung ein, die er auch als

---

<sup>12</sup> Vgl. Gazzinga, M.: Das erkennende Gehirn. 1988. S. 67. Gemeinsam mit R. Sperry hat G. in der Forschung der „Split-brain“-Patienten gearbeitet. Epilepsie-Patienten wurden durch Eingriffe das Corpus Callosum, d. h. die Brücke zwischen den Gehirnhälften, durchtrennt. G. beschreibt, dass dadurch eine „Duellsituation“ zwischen beiden Hemisphären aufgetreten ist, d. h. die Frage, welche der Hälften den Vorzug erhält. Auf ihrer Forschung beruht weiterhin die Theorie der unterschiedlichen Arbeitsweisen beider Hemisphären. Die linke Hemisphäre bevorzugt sprachliche, die rechte Hemisphäre dagegen nichtsprachliche Zeichen. Durch die operative Unterbrechung der Verbindung wurden diese Ergebnisse und damit Rückschlüsse auf die gesunden Menschen und ihre Verarbeitungsmechanismen ermöglicht.

<sup>13</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 18ff. Den verschütteten Weg zum Basic instinct will S. mit den Mitteln der Philosophie wieder frei machen. Er selbst charakterisiert seine wissenschaftliche Position durch den Bezug zur Metaphysik und der Kybernetik.

<sup>14</sup> Ebd. S. 257

„intuitives Wahrnehmen“ oder auch „reines Wahrnehmen“ bezeichnet.<sup>15</sup> Der Unterschied zu den vorangegangenen zwei Klassen der Ereignisse besteht darin, dass sie ohne die Färbung durch Sinneseindrücke auskommt.<sup>16</sup> Es geht dabei um das Erfassen der Prozesse, die die menschliche Nachrichtenverarbeitung ermöglichen. Diese drei Arten der Wahrnehmung liefern das Material für alle weiteren Bearbeitungsschritte im Bewußtsein.

### **Betrachten**

Die wahrgenommenen Ereignisse können betrachtet werden, sobald sie Aufmerksamkeit erregt haben und ausgewählt worden sind. „Betrachten (...) bedeutet die Bereitschaft, seine Aufmerksamkeit und/oder Konzentration so lange auf Ereignisse zu richten, bis diese das Gehirn zur Assoziation oder Projektion veranlassen. Dadurch entwickelt sich die Möglichkeit, auf Wahrnehmungen zu reflektieren.“ Die Bedingung, die mit dem Übergang der Wahrnehmung zum Betrachten verbunden wird, ist das Fokussieren über die Gegenwartsdauer von durchschnittlich 10 Sekunden hinaus.<sup>17</sup> In der Enge des Bewußtseins wird diesem Reiz ein Speicherplatz gegeben.

### **Beobachten**

„Sind Reflexionen so interessant, dass sie zu entsprechenden Beobachtungen veranlassen, dann geht Betrachten in gezieltes Suchen [oder auch Beobachten; d. Verf.] über.“<sup>18</sup>

### **Begreifen**

Begreifen stellt schließlich den Versuch dar, die gefundene Antwort in Form von Sprachzeichen festzulegen, d. h. eine Definition zu bilden.

---

<sup>15</sup> Ebd. S. 409

<sup>16</sup> Vgl. ebd. S. 92. „Wahrnehmen ist das unvoreingenommene Aufnehmen sinnlich, geistig oder seelisch vernehmbarer Ereignisse.“

<sup>17</sup> Vgl. ebd. S. 449. Sinnliches Wahrnehmen wird zum Betrachten, d. h. „über die Gegenwartsdauer hinaus wahrnehmen, also länger als durchschnittlich 10 Sekunden.“

Vgl. Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 1969. Bd. 2. S. 72. Auch F. gibt die Gegenwartsdauer von ungefähr 10 Sekunden an.

„Wir begreifen Wahrnehmungen nur durch Sprache: Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Wahrnehmungsinhalten müssen begrifflich gefasst (definiert) werden.“<sup>19</sup>

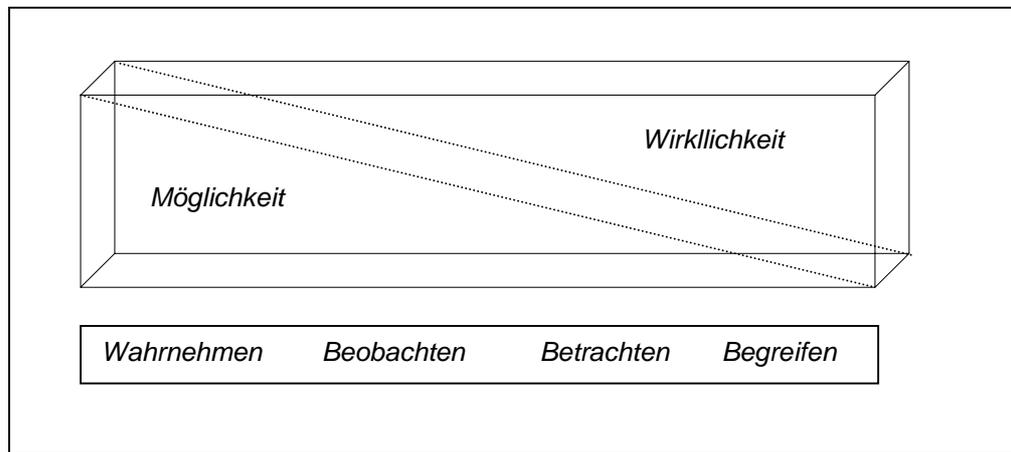


Bild 5.1: Von der Möglichkeit zur Wirklichkeit

Die Phasen Wahrnehmen, Betrachten und Begreifen sind seriell miteinander verbunden. Die Klarheit und die Grenzen zwischen den Prozessen verschwimmen aber durch die erlebbare Dynamik und Geschwindigkeit, die sie kennzeichnen. Denken gestaltet sich „aus der Gleichzeitigkeit von sinnlichem, geistigem Wahrnehmen, Betrachten, Beobachten, Fühlen und Erfahren“.<sup>20</sup> Außerdem besteht die Möglichkeit, aus einer Phase einen Rückschritt zu machen, um sich erneut einem Ereignis zuzuwenden. Hier wird die Einschränkung deutlich, die in der Begrenzung des Zeichensystems der menschlichen Sprache liegt.

Das Denken, das über den Bereich der geistigen und sinnlichen Wahrnehmung hinausgeht, bezeichnet er als „reines Denken“. „Rein“<sup>21</sup> gedacht werden können nur die Prozesse, die das menschliche Gehirn

<sup>18</sup> Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 449

<sup>19</sup> Ebd. S. 44

<sup>20</sup> Ebd. S. 469

<sup>21</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 449 S. führt neben der Möglichkeit sinnlich und geistig wahrzunehmen die seelische Wahrnehmung als dritte Quelle ein. Er benutzt dabei die Begriffe „seelisch“ und „intuitiv“ synonym. Die Intuition eröffnet die Möglichkeit, auf dieser dritten Ebene wahrzunehmen.

und seine Funktionen organisieren. Den Menschen zeichnet aus, dass er über die Fähigkeit verfügt, sich sowohl von den Vorgängen der konkreten Bearbeitung von Inhalten aus dem Gedächtnis oder dem epistemischen Wissen als auch von den sinnlichen Wahrnehmungen noch einmal zu distanzieren und die Prozesse selbst zum Gegenstand des Betrachtens, Beobachtens und Begreifens machen zu können. Hier liegt die Eigenschaft verborgen, die die Tür zu der Metaphysik und zur Reflektion über das Werden öffnet.

#### **5.4 informationelle Kräfte und Objektorientierung**

Um das Denken und den damit verbundenen gestalterischen Grundtrieb umsetzen zu können, stehen dem menschlichen Gehirn informationelle Kräfte zur Verfügung, die diese Prozesse ermöglichen. Kategorische Kräfte sorgen für den Aspekt, unter dem ein Ereignis erscheint. Wie etwas erscheint, wird durch die logischen und „ästhetischen“<sup>22</sup> Kräfte organisiert.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Vgl. Mittelstraß, J. (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Bd. 1. 1984. S. 191ff. Die etymologische Spur des Begriffes führt in die Antike. Die Übersetzung des Wortes „αἰσθησις“ lautet „[sinnlich] wahrnehmen“. Die Ästhetik befasst sich im Gegensatz zum begrifflichen Erkennen mit Handlungen sinnlichen Erkennens. Mittelstraß verbindet mit der Ästhetik den Versuch, sinnliche Wahrnehmungen zu systematisieren. Der Begriff wird überwiegend in der Kunsttheorie und der Philosophie verwendet.

<sup>23</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 56. Den Ausgangspunkt bildet die „Einheit von Sein und Werden“. In dieser Urmonade sind alle Kräfte in einem harmonischen Verhältnis zueinander. Aus dem Spiel der Kräfte können sich Möglichkeiten bilden, die durch die ordnende Kraft der Kategorien festgelegt und damit zur Wirklichkeit werden.

### 5.4.1 Ästhetische Kräfte

„Elementare bzw. ästhetische Kräfte sind naturhafte Bewegungen, die sich nicht weiter in Komponenten zerlegen lassen. Diese Bewegungen finden sich in allen Natürlichen und naturgemäßen Denkweisen.“<sup>24</sup> Die Gruppe der ästhetischen Kräfte besteht aus vier dichotomen Paaren. Es sind bisher folgende elementare Kräfte bekannt:

|                      |   |                        |
|----------------------|---|------------------------|
| <b>binden</b>        | ↔ | <b>lösen</b>           |
| <b>hinzufügen</b>    | ↔ | <b>wegnehmen</b>       |
| <b>größer werden</b> | ↔ | <b>kleiner werden</b>  |
| <b>gleich werden</b> | ↔ | <b>ungleich werden</b> |

Bild 5.2: Ästhetische Kräfte

Die Begriffe bilden Paare, die sich im Urzustand einander im Gleichgewicht halten. W. F. Schmid leitet die ersten vier ästhetischen Kräfte aus den Erscheinungen im Kosmos ab.<sup>25</sup> Ihr freies Spiel ist durch keine Grenzen festgelegt. Sie scheinen mehr oder weniger zufällig zu wirken. Das Wirken dieser elementaren Kräfte ist für den Menschen seiner Meinung nach nur durch „Intuition“<sup>26</sup> erfahrbar.

Um die ästhetischen Kräfte in ihrem Wirken beschreiben zu können,

---

<sup>24</sup> Vgl. ebd. S. 365

<sup>25</sup> Vgl. ebd. S. 249

<sup>26</sup> Vgl. ebd. S. 247. „Intuitionen heißen Gedanken, bevor sie durch die Erfahrungen und/oder Sinneseindrücke ‚eingefärbt‘ werden.“ Intuition wird als Begriff Gegenstand des Kapitels 5.3.

Vgl. ebd. S. 253. Die Intuition ist eine menschliche Fähigkeit, die sich dann entfaltet, wenn den ästhetischen Kräften Raum und Zeit gegeben wird, um spielerisch Möglichkeiten zu erzeugen. Intuitionen haben eine Chance, wenn dem Zufall ein Raum gegeben wird. „Erst im letzten Augenblick des Loslassens – das ist die Geburt der eigentlichen Idee – erscheint bloß Zufälliges plötzlich in einem Zusammenhang (konvergierendes oder vertikales Denken).“ Die Indikatoren für ein Funktionieren der Intuition sind eine innere Stimme, ein innerer Dialog, Sprachzeichen oder das Auftauchen von Fragen. Intuition ist ein rechts-hemisphärisches Phänomen.

greife ich auf R. Arnheim zurück.<sup>27</sup> Er beschreibt die Wirkung der ästhetischen Kräfte in bezug auf die sinnliche Wahrnehmung. Phänomene, wie das Ergänzen fehlender Teile, das Sichtbarwerden von Unsichtbarem und die Angleichung oder der zunehmende Kontrast zwischen Farben, dienen ihm dazu, das Wirken dieser elementaren Kräfte zu beschreiben. Wahrnehmung wird unmittelbar zu einem strukturierenden Prozeß, sobald die Aufmerksamkeit auf einen Reiz gerichtet ist. R. Arnheim beschreibt diesen Vorgang des strukturierten Wahrnehmens in bezug auf die visuelle Wahrnehmung als „Intelligenz des Sehens“.<sup>28</sup> Die Wahrnehmungsprozesse sind mit einem Bearbeitungszyklus nicht abgeschlossen, sondern können wiederholt Gegenstand einer Bearbeitung werden. Die entstandenen Bilder sind nicht starr, sondern bleiben flüchtig.<sup>29</sup> Das Ziel aller möglichen Operationen bleibt, die innere und die äußere Ordnung der Welt auf ein erträgliches Maß einander anzugleichen. Wahrnehmung ist ein gestalterischer, ästhetischer Prozeß.

Die ästhetischen Kräfte werden für den Bereich des Denkens der rechten Hemisphäre zugeordnet. Auch diese Kräfte bedürfen eines Gegenspielers, damit die spielerisch entstehenden Verbindungen fixiert werden können.

#### **5.4.2 Logische Kräfte**

Damit die Verbindungen aus dem Wirken der ästhetischen Kräfte in stabile Strukturen übergehen können, werden sie durch die logischen bzw. ordnenden Kräfte ergänzt. Der linken Hemisphäre werden z. B. die

---

<sup>27</sup> Vgl. Arnheim, R.: Anschauliches Denken. 1972. S. 45ff. A. widmet sich in seiner Arbeit den gestaltpsychologischen Aspekten der Wahrnehmung. Er beschreibt seine Arbeit als den Versuch, die Rolle der Wahrnehmung als gestalterische Bewusstseinsfunktion zu erklären. Er wendet sich in den ersten zwei Kapiteln seines Buches der visuellen Wahrnehmung zu und führt dazu den Begriff der „Intelligenz des Sehens“ ein, um die Grundsätze und Mechanismen der Wahrnehmung zu beschreiben.

<sup>28</sup> Ebd. S. 45

<sup>29</sup> Vgl. ebd. S. 25. „Manches ist dem Blick unmittelbar erfassbar, anderes setzt sich uns erst allmählich zusammen und auseinander; alles aber unterliegt ständiger Bestätigung, ständiger Nachprüfung. Es wechselt, es vervollständigt sich, korrigiert und vertieft sich und gewinnt an Verständlichkeit.“

Erzeugung und Verarbeitung von Sprachzeichen zugeordnet. Analyse und Synthese stehen im Mittelpunkt des Ordners. „Die Herstellung einer Struktur verlangt die Entscheidung für einen Zusammenhang auf der Basis einer vorweg ausgesuchten Menge von Elementen.“<sup>30</sup> Wenn das Spiel der ästhetischen Kräfte zufällige Ordnung liefert, dann werden sie durch die logischen Kräfte gebunden und festgelegt. Sie wirken dabei strukturierend, systembildend bzw. struktur- oder system-modifizierend. Sie bilden die Grundlage für Erfahrungen, indem durch sie Zusammenhänge hergestellt werden können, die als Inhalte des Gedächtnisses abgelegt und zur weiteren Handlungsorganisation abgerufen werden können. Ordnen bedeutet sich orientieren.

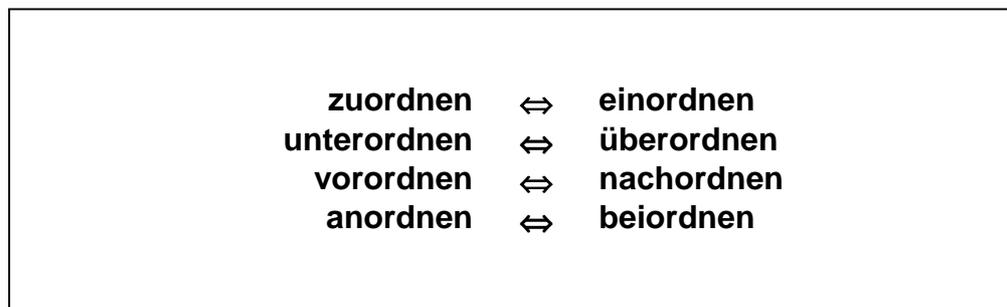


Bild 5.3: Logische Kräfte

Auch die ordnenden Kräfte bilden dichotome Paare: „Logische Kräfte bilden Dyaden, also Einheiten von einander ergänzenden Ordnungen. Es gibt folgende Dyaden: Identifikation/ Interpretation = (zu- und einordnen), Hierarchie = (unter- und überordnen), Aktualität = (vor- und nachordnen), Struktur/System = (an- und beiordnen).“<sup>31</sup> Die Ordnungen stellen acht Möglichkeiten dar, Elemente zueinander in Beziehung zu setzen. Durch das Ordnen verliert das Spiel der ästhetischen Kräfte seine Vorläufigkeit und Veränderbarkeit. Logische Kräfte legen fest.

<sup>30</sup> Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 367

<sup>31</sup> Ebd. S. 73

### 5.4.3 Kategorien

Mit dem Begriff der „Kategorie“<sup>32</sup> verbindet sich die dritte Art der Kräfte, die zwischen den logischen und ästhetischen Kräften eine koordinierende Funktion ausübt. Der Begriff der Kategorie führt in die Antike zurück. Aristoteles nimmt die sprachlichen Zeichen zum Anlass, um nach dahinter verborgenen Strukturen zu suchen.<sup>33</sup> Sein Interesse erweitert sich dadurch, dass er eine Ordnung zu entwickeln versucht, die auf die ersten Begriffe zurückführt, die sich nicht mehr ableiten lassen. Er sucht die Ursprünge der Sprache.<sup>34</sup> Sie führt ihn zu zehn induktiv abgeleiteten Kategorien, von denen er annimmt, dass sie keinen gemeinsamen Oberbegriff mehr haben, also ursprüngliche oder Grundbegriffe sind.<sup>35</sup> Wenn man die griechische Denkfigur des Zusammenhangs von Sein, Denken und Sprache voraussetzt, dann stellt allein schon diese Frage nach den ersten Begriffen und der

---

<sup>32</sup> Vgl. Mittelstraß, J. (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. 1984. Bd. 2. S. 368. In der historischen Darstellung geht M. auch auf andere Autoren ein. Den Anfang nimmt die Kategorienlehre jedoch mit Aristoteles. Er greift als erster diesen Begriff auf. Durch ihn wird „das Wort ‚Kategorie‘ Terminus der philosophischen Fachsprache.“ I. Kant wird als zweiter Autor von M. hervorgehoben, weil er der Kategorienlehre eine neue Richtung gibt.

<sup>33</sup> Oehler, K.: Einleitung. In: Aristoteles: Kategorien. Flashar, H. (Hrsg.). 1984. S. 37ff. „Erst als das Denken sich selbst als Gegenstand entdeckte und sich der Beziehung zwischen Sein, Denken und Sprache bewußt wurde, begann die Untersuchung der Formen des Logos, der in der für griechisches Welterleben charakteristischen Weise beides ist: Sprache und Gedanke.“ O. fasst den Standpunkt von Aristoteles zum Zusammenhang von Sprache und Denken wie folgt zusammen: „Sein Schema der psychischen Zuständigkeit oder Widerfahrnis, die symbolisiert ist im gesprochenen Wort und aufgefasst als Repräsentation des Dinges im Gedanken, stellt gleichzeitig die Bedingung dar, unter der mittels der konventionellen Zeichen der Sprache intersubjektive Verständigung möglich ist ... Aber es ist auch hier wichtig, im Auge zu behalten, dass Aristoteles Zeichen und Zeichenprozesse im Rahmen seines Parallelismusschemas von Sein, Denken und Sprache analysiert. Dieser Parallelismus, der für seine gesamte Epistemologie und Ontologie grundlegend ist, bestimmt auch seine Struktur der Semiotik: das Denken folgt den Dingen, und die Sprache folgt dem Denken.“

<sup>34</sup> Vgl. Schickert, K.: Die Form der Widerlegung beim frühen Aristoteles. 1977. S. 2. Den Ausgangspunkt im Fragen und Suchen nach den Kategorien hat anfänglich einen handwerklichen Hintergrund, wie S. hervorhebt. Die Argumentationskunst zählt zu einem Mittel, dass gezielt bei Diskussionen im öffentlichen Rahmen eingesetzt wird. Sie zählt zum Ausbildungsgegenstand eines jeden Redners.

<sup>35</sup> Oehler, K.: Einleitung. In: Aristoteles: Kategorien. Flashar, H. (Hrsg.). 1984. S. 37. „Von dem, was ohne Verbindung geäußert wird, bezeichnet jedes entweder eine Substanz oder ein Quantitatives oder ein Qualitatives oder ein Relatives oder ein Wo oder ein Wann oder ein Liegen oder ein Haben oder ein Tun oder ein Erleiden.“ Die Kategorienlehre des Aristoteles ist damit nicht abgeschlossen. Er nimmt in der Folge Veränderungen vor. Ausgenommen davon bleiben nur die Kategorien der Substanz, Quantität, Qualität und Relation.

Versuch, eine Antwort zu finden, einen bedeutenden Schritt in der Philosophie dar. Auf der Suche nach den Strukturen menschlicher Sprache sucht Aristoteles nach den Strukturen menschlichen Denkens.

Ein weiterer Philosoph, der sich des Begriffs der Kategorie bedient, ist I. Kant. Er ist auf der Suche nach den Grenzen der Erkenntnis.<sup>36</sup> Er hält dem Vordenker Aristoteles vor, dass seine Kategorien-sammlung einer „Rhapsodie“<sup>37</sup> gleiche. Er hält es für nicht legitim, auf induktive Art und Weise nach diesen Begriffen zu suchen. Seine Leitfrage lautet: „Wie kommt unser Verstand überhaupt zu Begriffen? Wie geht es zu, dass unser Verstand Begriffe bilden kann, die sich auf einen bestimmten Gegenstand beziehen und mit ihm übereinstimmen (denn das ist der Sinn von ‚Erkennen‘)?“<sup>38</sup> Das ist das Thema der von I. Kant begründeten transzendentalen Logik, in deren Mittelpunkt sein Kategoriensystem steht.<sup>39</sup>

„Sein Begriff der Kategorie repräsentiert auf diese Weise zugleich die Strukturiertheit der Welt möglicher Erfahrung, wie die Grundstrukturen möglicher Erkennbarkeit.“<sup>40</sup> Diese 12 Kategorien, oder „reinen

---

<sup>36</sup> Vgl. Mittelstraß, J. (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. 1984. Bd. 2. S. 368. In der historischen Darstellung geht M. auch auf andere Autoren ein. Den Anfang nimmt die Kategorienlehre jedoch mit Aristoteles. I. Kant gibt der Kategorienlehre eine neue Richtung, die es rechtfertigt, auch seinen Namen hervorzuheben.

<sup>37</sup> Kant, I.: Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können. Malter, R. (Hrsg.). 1995. § 39, S. 92. Den induktiven Weg der Beweisführung für die reinen Verstandesbegriffe schließt I. Kant aus, weil er weder die Vollständigkeit noch die Güte der entdeckten Begriffe für ausreichend hält. Er greift zwar auf Aristoteles zurück, distanziert sich aber von seiner induktiven Vorgehensweise.

<sup>38</sup> Störig, H. J.: Kleine Geschichte der Philosophie. 1993. S. 401

<sup>39</sup> Vgl. Kant, I.: Kritik der reinen Vernunft. Toman, R. (Hrsg.) 1995. S. 403. Jede Begriffsbildung ist ein Urteilen, bei dem Inhalte oder Merkmale verknüpft werden. Begriffsbildung ist seiner Meinung nach Urteilsbildung. Seinen vier Grundbegriffen entsprechen die ersten vier aristotelischen Kategorien. I. Kant bezeichnet sie aber als Urteilsformen. Er unterteilt sie zusätzlich in jeweils drei weitere, so dass sich eine Tafel von 12 Urteilsformen ergibt. In den Kategorien-tafeln von K. wird unterschieden in die Quantität (Einheit, Vielheit, Allheit), die Qualität (Realität oder Wirklichkeit, Negation oder nicht Wirklichkeit, Limitation oder Begrenzung), die Relationen (Substanz und Akzidenz, Ursache und Wirkung, Gemeinschaft oder Wechselwirkung), Modalität (Möglichkeit oder Nichtmöglichkeit, Dasein ist nicht sein, Notwendigkeit oder Zufälligkeit).

<sup>40</sup> Baumgartner, H. J.: Kategorien. 1973. S. 768

Verstandesbegriffe“<sup>41</sup>, bleiben auch bei I. Kant provisorisch. Er kann sie, obwohl er sie beschreibt und verwendet, nicht definieren, wie er selbst in der „Kritik der reinen Vernunft“ ausführt.<sup>42</sup> Er erfährt eine Grenze seines Systems.

Beide Autoren versuchen die Grundlagen zu entwickeln, um den Erkenntnisprozess transparent zu machen oder mindestens Voraussetzungen für einen solchen Weg zu schaffen. W. F. Schmid greift ebenfalls den Begriff der Kategorie auf, um ihn vor dem kybernetischen Hintergrund zu verwenden. Sie sind „jene Informationen, welche das Entstehen von Formen steuern und regeln“.<sup>43</sup> Kategorien stellen die Meta-Informationen für die ordnenden und ästhetischen Kräfte dar. Sie sind teilweise durch Wiederholungen gelernt oder, sinnlich erfahrbar.<sup>44</sup> Kategorien entstehen aus ästhetischen und logischen Kräften. Reine Information und reine Energie verbinden sich durch einen Zufall. Wenn diese Verbindung sich als stabil erweist, dann entstehen Kategorien, die wiederum die Kräfte beeinflussen können.<sup>45</sup> Weil die Kategorien weder stofflich noch energetisch sind, handelt es sich um Information.<sup>46</sup>

W. F. Schmid leitet 12 Kategorien ab, die sich durch ein Fragepronomen, ein Substantiv oder als Auswirkung, durch ein Adjektiv beschreiben lassen:

---

<sup>41</sup> Eisler, R.: Kant Lexikon. 1994. S. 282

<sup>42</sup> Kant, I.: Kritik der reinen Vernunft. 1995. S. 126- 94. „Der Definition dieser Kategorien überhebe ich mich in dieser Abhandlung geflissentlich, ob ich gleich im Besitz derselben sein möchte.“ Auch sein Hinweis, dass sie hier nur dazu führen, „den Hauptpunct der Untersuchung aus den Augen“ zu verlieren, verschiebt die Beantwortung der Definition der Kategorien nur. Er bleibt sie, trotz seiner optimistischen Selbsteinschätzung, schuldig.

<sup>43</sup> Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 222

<sup>44</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 308

<sup>45</sup> Vgl. ebd. S. 180f.

<sup>46</sup> Vgl. Wiener, N.: Cybernetics. 1963. S. 166. W. stellt in Hinblick auf Information fest, dass sie „weder Materie noch Energie.“ Information ist etwas Drittes. Vgl. Völz, H.: Grundlagen der Information. 1991. S. 553. V. greift diese deutsche Passage auf und weist darauf hin, dass N. Wiener falsch übersetzt worden sei. „Das englische Wort ‚matter‘ bedeutet nämlich dem Kontext gemäß: Stoff, Gegenstand und nicht Materie, Ursache, Angelegenheit ... Somit Existieren ... im Einklang mit N. Wiener drei Objektklassen: Stoff, Energie und Information.“

| <b>Frage</b> | <b>Kategorie</b> | <b>wirkt...</b> |
|--------------|------------------|-----------------|
| 1. Wer?      | Grund            | faktisch        |
| 2. Was?      | Wesen            | existentiell    |
| 3. Welche?   | Eigenschaft      | qualitativ      |
| 4. Wieviel?  | Maß              | quantitativ     |
| 5. Wo?       | Raum             | lokal           |
| 6. Wann?     | Zeit             | temporal        |
| 7. Warum?    | Ursache          | kausal          |
| 8. Wozu?     | Wirkung          | final           |
| 9. Wobei?    | Umstand          | konditional     |
| 10. Wie?     | Art und Weise    | modal           |
| 11. Womit?   | Mittel           | instrumental    |
| 12. Wofür?   | Zweck            | teleologisch    |

Bild 5.4: Kategorientabelle nach W. F. Schmid<sup>47</sup>

„Fragen heißt Suchen. Wer fragt, möchte etwas entdecken. Indem wir eine Frage formulieren, markieren wir die Richtung des Weges, auf dem wir das Gesuchte zu finden hoffen.“<sup>48</sup> Deshalb kann jede der 12 Kategorien durch ein Fragepronomen beschrieben werden. Sie stellen den Motor für die menschliche Entwicklung dar. Die Lust am Fragen steht für die Neugierde, die Welt und ihre Zusammenhänge zu ergründen.<sup>49</sup>

Kategorien sind Momentaufnahmen in dem natürlichen und dynamischen Prozeß des Werdens. Sie vermitteln dadurch den Eindruck, als ob es sich um Stufen handeln würde. Die Dynamik im

<sup>47</sup> Erstellt nach: Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 165

<sup>48</sup> Ebd. S. 165

<sup>49</sup> Vgl. ebd. S. 183. Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Kategorien? „Die Kategorien selbst entstehen spielerisch aus Prozessen des Ordnen ... Auf diese Weise entstehen mehr oder weniger regelmäßig benachbarte Anordnungen. Aus dem Raum [1; d. Verf.] heraus entwickeln sich also ganz offensichtlich eine von diesem Raum abhängige Zeit (2) durch Vor- und Nachordnen, das Wesen (3) mit bestimmten Eigenschaften (4) durch Über- und Unterordnen. Weil diese Eigenschaften von unterschiedlicher Ausprägung sind, entbergen sie dadurch zugleich die Kategorie des Maßes (5). Da Ereignisse unterscheidbar sind, erlauben sie auch, Ursache (6) und Wirkung (7) zu erkennen und damit ineins Arten und Weisen (8) des Verhaltens von Erscheinungen, je nach Umstand (9) und verfügbarer Strategie oder Mittel (10). Ereignisse treten niemals absolut auf, sondern in Verbindung mit anderen (11) in einem größeren Zusammenhang(12).“

Zusammenspiel der drei Kräfte wird dazu in Form der Momentaufnahme nur scheinbar unterbrochen. Das Herstellen einer Ordnung ist eine Überföhrungsfunktion aus dem Strom der M6glichkeiten in Wirklichkeit. „Die logische Form besteht aus zwei Kräfte und einem Gesichtspunkt, unter dem das Zusammenspiel der beiden Kräfte zustande kommt (= Kategorie).“<sup>50</sup>

Dieser Kategoriebegriff unterscheidet sich von dem des Aristoteles und I. Kants. Es geht weder um Gattungen noch um Qualit4ten. Kategorien sind eine Klasse von Momenten, die entweder als Ergebnis des Kr4ftespiels erscheinen oder die als Frage die Kr4fte aktivieren.

Die Funktion der Kategorien als bewusstseinsorganisierende Kr4fte beschreibt W. F. Schmid als „Regelkreis des Bewusstseins“<sup>51</sup>. Dabei 6bernehmen sie die Rolle der F6hrungsgr66en. Sollte man kategorische Fragen nicht beantworten k6nnen, dann handelt es sich um „St6rungen im Zusammenspiel der Kategorien mit den elementaren Kr4ften (Synonym f6r 4sthetische Kr4fte; d. Verf.) und Ordnungen“.<sup>52</sup> Die Kategorien leiten das Zusammenspiel 4sthetischer und logischer Kr4fte unter jeweils ihrem spezifischen Aspekt.

Weil die Kategorien den angeborenen oder erworbenen nat6rlichen Anlagen des Menschen, seine Umwelt zu gestalten, entsprechen, wird, der aristotelischen Tradition folgend, menschliche Nachrichtenverarbeitung nicht in Gegenst4nde verschiedener Wissenschaftsbereiche zerteilt, sondern in seiner Einheit bewahrt. Denken, Sprechen und Logik bilden eine Einheit. Den gestalterischen Grundtrieb zu

---

<sup>50</sup> Ebd. S. 405

<sup>51</sup> Vgl. ebd. S. 278. „Indem Kategorien (F6hrungsgr66en) das Bewu6tsein entsprechend beeinflussen, organisiert dieses Wahrnehmungen so, dass nur jene Eigenschaften (Zu- und Einordnungen) bewu6t werden, welche sowohl f6r ein vergegenw4rtigtes Interesse oder ein vorhandenes Bed6rfnis (6ber- und Unterordnung) als auch eine bestimmte Situation (An- und Beiordnung) wichtig erscheinen.“

<sup>52</sup> Ebd. S. 182

erfüllen oder ihn wiederzubeleben, ist dabei ein Maß für den Grad der Lebenserfüllung und für die Intensität des Lebens.

Vor dem Hintergrund dieses Bilds kann die Objektorientierung eine besondere Rolle spielen. Denken ist ein Vorgang, der drei natürlichen informationellen Kräften einen Raum gibt, um sich zu entfalten. Objekte leiten zum Denken an. Sie werden in ihrem Zusammenspiel durch die Mittel der Objektorientierung entwickelt.<sup>53</sup>

Ich werde im folgenden versuchen, das Denken und die damit verbundene Idee der Kräfte zur Objektorientierung in Beziehung zu setzen.

### **5.5 Objekte und Denken**

Der Anwender der Modellierungssprache UML nimmt wahr, betrachtet, beobachtet und begreift bei der Modellierung eines Bildausschnittes einer ihn umgebenden Welt. Es handelt sich, wenn der Zweck der Abbildung und die dabei verwendeten Mittel vernachlässigt werden, um einen alltäglichen Prozeß menschlicher Nachrichtenverarbeitung. Die Unterscheidung in ein Innen und ein Außen, in Subjekt und Objekt wird dabei vorausgesetzt. Eine besondere Rolle spielt dabei die Grenze, die durch den eigenen Körper gesetzt wird. Die Auseinandersetzung des Individuums mit seiner Umwelt fußt auf der Unterscheidung in Subjekt und umgebende Objekte. Sie bekommen Namen und werden als Repräsentationen Gegenstand menschlicher Nachrichtenverarbeitung. Dabei wird der Prozeß der inneren Gestaltung der Objekte und ihrer Repräsentationen nicht als gestaltender Prozeß erlebt, sondern als Anwendung gelernter Strukturen. Bei der Anwendung der Objektorientierung wird sowohl die Grenze zwischen Subjekt und

---

<sup>53</sup> Vgl. ebd. S. 38. Mit „Multiphrenie“ ist der Zustand gemeint, der sich einstellen kann, wenn ein Mensch die Harmonie zwischen den angelegten Kräften verliert. Er tritt auf, wenn das Dasein nicht mehr in einer Einheit erlebt wird, sondern in verschiedene Wirklichkeiten zerfällt. Diesen Zusammenhang wiederherzustellen, bedarf einer besonderen Hilfestellung, die durch die unveröffentlichte „Dreiplus-Neun“-Methode von S. erreicht werden kann.

Objekt, zwischen belebter und unbelebter Natur sowie zwischen Gegebenem und Gestaltetem in Frage gestellt.

Dieses gestaltende Moment, d. h. die Erzeugung eines Objekts als Mittel einer Modellbildung, wird durch die Prozesse der Objekterzeugung im Rahmen der Objektorientierung bewußt und erfahrbar. Eine Ordnung ist hier nicht gegeben, sondern wird gesucht. Als Vorbilder für die Modellierung können sowohl körperliche wie ideelle Dinge dienen. Außerdem erfordert die Schablone, die es auszufüllen gilt, dass das Objekt eine aktive Rolle spielt und durch Anthropomorphie zum Leben erweckt wird. Der Umgang mit Objekten führt zu einem bewußten Gestalten, Probieren und Überprüfen von Eigenschaften, Beziehungen und Funktionen in einem System aus aktiven Elementen. Der Anwender kann dabei das Gestalten erfahren. In diesem Sinne ist das Verfahren Therapie und Einladung zum Denken, um gestalterische Spielräume wiederzuentdecken.

### **5.5.1 Module**

Bei der Überführung einer Möglichkeit in die Wirklichkeit kommt es auf das Ausprobieren verschiedener Wege an. Dazu bedarf es der Beteiligung ästhetischer Kräfte, die vorhandene Ordnungen auflösen und neu zusammenfügen. Eine Bedingung für das Auflösen und Erzeugen von Ordnungen ist die Verwendung von selbständigen Einheiten oder Modulen, die das kreative Spiel ermöglichen. Für das Denken sind Module „relativ selbständige gedankliche Einheiten, die sich auch ziemlich beliebig miteinander kombinieren lassen. Modulares Denken kommt vermutlich der Natur insofern am nächsten, als es Elemente erzeugt, deren Verbindungen zu Veränderungen von

Phänomenen oder gar zu neuen Erscheinungen führen.“<sup>54</sup> Modulares Denken ermöglicht, dass sich die Gestalt oder das Zusammenspiel einzelner Abschnitte neu organisieren lässt, ohne dabei ein Projekt als Ganzes zu gefährden.

Folgende einfache Spielregeln können für modulares Denken abgeleitet werden:

- „Es gibt kategorische, ästhetische und logische Prozesse ( $\alpha$ ,  $\lambda$  und  $\kappa$ ).
- Es gibt Wahrnehmungsformen, um diese Vorgänge zu gestalten.
- Es existieren Symbole, um die einzelnen Gestaltungsprozesse festzuhalten.
- Es gibt Spielregeln (Axiome).“<sup>55</sup>

Auf Objekte als Abbildungsmittel gewendet, sind sie einerseits Gegenstand der informationellen Prozesse, wenn es um ihre Erzeugung geht, andererseits stehen sie dann als aktive, selbständige Einheiten im Zusammenspiel mit anderen Objekten zur Verfügung. Sowohl das Innere dieser Einheiten wie deren Beziehungen zu anderen Objekten sind Gegenstand der Gestaltung.

Der Begriff des Moduls als „selbständige gedankliche Einheit“ ist im doppelten Sinne auf UML anwendbar. Module und Moduldiagramme

---

<sup>54</sup> Vgl. Gazzinga, M. S.: Das erkennende Gehirn. 1988. S. 148. G. behauptet, dass seine Untersuchungen mit Split-Brain-Patienten, denen das Corpus Callosum durchtrennt worden ist, bestätigen, dass die menschliche Nachrichten-verarbeitung modular organisiert ist. Die Anordnung der Module „variiert von Mensch zu Mensch“. Er behauptet, dass diesen Modulen eine anatomische Spezialisierung entspricht. Er wendet das Modularitätsprinzip aber nicht allein an, um den individuellen Aufbau und die Organisation des menschlichen Gehirns zu verdeutlichen, sondern auch um den Denkprozeß zu erklären. Modularität ist für ihn sowohl Organisationsprinzip und damit der Schlüssel zur Selbstorganisation als auch eine Erklärung für den Ablauf des Denkens selbst. Wenn man die These, dass sich Denken modular vollzieht, annimmt, dann können auch nur die Zusammenhänge wirksam gedacht werden, die sich modular zerlegen lassen. Das Organisationsprinzip entfaltet sich dann effektiv, wenn die Inhalte eine solche Bearbeitung zulassen. Wenn Denken sich modular vollzieht, dann ergibt sich daraus eine Anforderung an jede Abbildungsform oder auch Modellierungssprache.

<sup>55</sup> Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 140

sind einerseits ein Darstellungsmittel und bezeichnen „Programmeinheiten“. Andererseits wird der Begriff Modul durch G. Booch auch in einem allgemeineren Zusammenhang als selbständiger Baustein beschrieben, der sich durch klare Grenzen von seinem Umfeld unterscheidet. In diesem Sinne sind Objekte, Klassen, Module und Pakete selbständige Einheiten auf unterschiedlichen Darstellungsebenen. Auf jeder Ebene wird durch ihr Zusammenspiel das Verhalten eines Systems oder eines Teilbereichs modelliert. Die Modularität ist als wesentliche Eigenschaft des Abbildungsverfahrens auf allen Ebenen der Systembetrachtung nachweisbar.

Das Prinzip der Modularität spielt auch eine Rolle für die Organisation des Denkens, in dem es das gestalterische Spiel zulässt. Dabei ist die Beteiligung der drei Kräfte möglich und nötig, um Abbildungen zu erzeugen. Wenn das Gestalten und das Spiel mit den vorläufigen Ordnungen erfolgt, wird es entweder auf einem Bildschirm oder anderen Medien sichtbar. Die Notationen stellen die Mittel dar, mit denen die Ergebnisse des Gestaltungsprozesses festgehalten werden. Die Spielregeln werden als „gerade genug“<sup>56</sup> bezeichnet und setzen den Verbindungsmöglichkeiten Grenzen. Bei der Verwendung von CASE-Tools sind sie im Programm hinterlegt und zeigen mit einem Alarm die entsprechenden Regelverletzungen an. UML ist modular aufgebaut. Es unterstützt durch diese Eigenschaft die modulare Organisation des Denkens.

### **5.5.2 Algorithmen**

Die Gestaltung von Modulen und deren Zusammenspiel führt zur Bildung von Algorithmen. Sie setzen sich aus einer eindeutigen Abfolge von Handlungen und definierten Zwischenzielen zusammen. Sie machen es möglich, wiederholbare Ergebnisse auf ökonomische Art

---

<sup>56</sup> Vgl. Eriksson, H. und Penker, M.: UML Toolkit. 1998. S. 45. Als „gerade genug“ beschreiben die Autoren ihre Einstellung als Modellentwickler. Sie schätzen die Freiheitsgrade, die UML als Modellierungssprache lässt. Durch die Notationen wird ein kleinstes gemeinsames Vielfaches festgelegt. UML stellt für sie einen gelungenen Kompromiß dar.

und Weise produzieren zu können. Ob sie dabei der allgemeinen Handlungsorganisation dienen oder der Objektivierung menschlichen Denkens in Form von Modellen und Programmen, bleibt davon unberührt.

Dabei entwickelt sich der Algorithmus in der Dimension der Zeit. Zunächst wird das Spielmaterial erzeugt und dabei erste Ordnungen hergestellt, die sich in iterativen Zyklen immer weiter verfeinern. Die Besonderheit des modularen Vorgehens besteht darin, dass die entstehende Ordnung erst beim Generieren und Verknüpfen der einzelnen Module entsteht.<sup>57</sup> Erst dann, wenn sich stabile Strukturen beim Spiel ergeben, verliert es an Freiheitsgraden und kann zu einer Ordnung oder einem Algorithmus reifen. Der Algorithmus liegt abschließend in Form von Diagrammen vor, die das Systemverhalten aus verschiedenen Perspektiven darstellen.<sup>58</sup>

Dabei steht einem Anwender ein dreidimensionales Spielfeld der Kräfte zur Verfügung, in dem die Überführung einer möglichen Möglichkeit zur wirklichen Wirklichkeit gestaltet werden kann. Die Modellierungssprache UML bietet dem Anwender Formen und Regeln an, die der Herstellung der Bausteine der Modellierung des Zusammenspiels dienen.

---

<sup>57</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic Instinct. 1994. S. 192. „Modulares Denken ... wird durch einen Algorithmus repräsentiert, bei dem die Abfolge der Schritte nicht festgelegt ist. Der Algorithmus entsteht erst durch die Anwendung ... Module sollen schöpferisches Denken fördern.“

<sup>58</sup> Vgl. Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung – Analyse und Design mit der Unified method language. 1997. S. 26. Ö. verwendet das Adjektiv „evolutionär“, um diesen Prozeß des Reifens der Modelle und Beziehungen zu einem Algorithmus zu beschreiben.

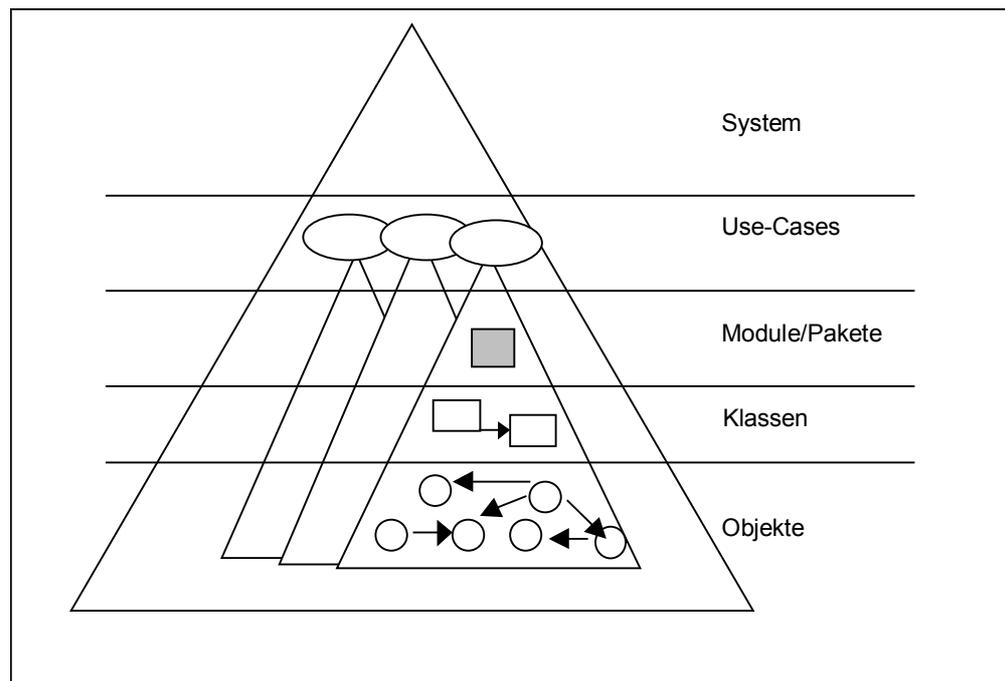


Bild 5.5: hierarchische Struktur

Die Überführung des Denkens in ein Programm, d. h. die Objektivierung menschlichen Denkens, führt zu einer Ausbildung einer hierarchischen Struktur. Das Abbilden mit UML verbindet den Top-Down mit dem Bottom-up-Ansatz. Durch die Entwicklung einer Systembeschreibung, bei der äußere Grenzen festgelegt werden, geht es auch um das Entdecken von Funktionen, die das System zu erfüllen hat. Diese Gedanken werden in Use-Cases umgesetzt, die als Ovale dargestellt sind. Sie bilden Orientierungspunkte für die Modellierung. Das Feld ist abgesteckt. Äußere Grenzen sind beschrieben, Begriffe identifiziert und Vorgänge festgelegt. Hier endet der Top-down-Ansatz.

Die Modellierung der Use-Cases erfolgt Bottom-Up, weil es mit Objekten einsetzt, den kleinsten Bausteinen, aus denen sich aus ihnen Klassen und Pakete entwickeln lassen. Auf den verschiedenen Ebenen stehen unterschiedliche modulare Abbildungsmittel zur Verfügung, um Zusammenhänge als Nachrichtenaustausch darzustellen. Zwischen den Elementen werden vernetzte Strukturen ausgebildet. Die Art der

„struktogrammatischen“<sup>59</sup> Darstellung bildet menschliches Denken nicht nur ab, sondern fördert durch den modularen Aufbau und die Verwendung graphischer Elemente ästhetische, logische und kategoriale Kräfte. „Wahrscheinlich bestehen zwischen struktogrammatischen Darstellungen und der Vorgehensweise der Natur insofern strenge Analogien, als es bei beiden Prozessen um schritt- und phasenweises Verfeinern von Verhaltensmustern geht.“<sup>60</sup> Um diesen Aspekt herum, sind die Vorgehensweisen und Darstellungsmittel der UML angeordnet. Sie leitet einen Prozeß an. Trägt diese Modellierungssprache UML selbst algorithmische Züge? T. Grams schlägt vor, sie als „semi-algorithmisches Vorgehen“<sup>61</sup> zu bezeichnen, um deutlich zu machen, dass durch Regeln und Werkzeuge einerseits Grenzen gesetzt werden, die dennoch Freiheit für gestalterische, individuelle Entscheidungen lässt.<sup>62</sup> Durch den Abbildungsprozess mit UML wird das menschliche Denken angeleitet und schließlich objektiviert.

## 5.6 Intuition

Die Anwendung der Objektorientierung erzeugt Ordnungen. Gleichzeitig schafft es aber auch die Bedingungen, die für ein Spiel der ästhetischen, logischen und informationellen Kräfte notwendig sind. Z. B. dient die Modularität einerseits dazu, Algorithmen herzustellen, gleichzeitig eröffnet sie i. V. m. der Anthropomorphie aber auch die Möglichkeit, eine Ordnung spielerisch zu überprüfen und dabei

---

<sup>59</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S.143. Struktogrammatische Verfahren dienen der graphischen Darstellung von Prozessen. Sie können als Algorithmen bezeichnet werden, die eine eindeutige Abfolge von Schritten und Bedingungen darstellen. Ein solches Zeichensystem bedarf einer Semantik und Syntaktik.

<sup>60</sup> Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 145

<sup>61</sup> Vgl. Grams, T.: Denkfallen und Programmierfehler. 1990. S. 27. G. beschreibt: „Anders als beim Algorithmus, genauer: beim algorithmischen Vorgehen (oder Denken), sind beim semi-algorithmischen Vorgehen die einzelnen Schritte nicht exakt vorgezeichnet. Der Problemlöser hat gewisse Entscheidungsmöglichkeiten, die alle zur richtigen Lösung führen.“

<sup>62</sup> Vgl. Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung – Analyse und Design mit der Unified method language. 1997. S. 22. Ö. fordert den Leser in seiner Einführung auf, auch der Methode und den Darstellungsmitteln gegenüber eine kritische Haltung zu bewahren. Er fordert sogar den Leser auf, sich eine eigene Methode zu konfektionieren.

aufzulösen. Die Wahrscheinlichkeit für die Beteiligung der rechten Hemisphäre wird durch das anthropomorphe Vorgehen erhöht, weil es der, nach logischen „Verkehrsregeln des Denkens“<sup>63</sup> arbeitenden linken Hemisphäre nicht gelingen kann, virtuellen Objekten Leben zu verleihen. Nur mit Hilfe der rechten Hemisphäre lassen sich Grenzen zwischen belebter und unbelebter Natur überwinden. Das Spielmaterial, das die rechte Hemisphäre benötigt, um ästhetische Kräfte betätigen zu können, muß nicht nur modularen Charakter haben, sondern es bedarf auch einer besonderen Form. Die Minimalanforderung lautet, dass es sich um eine Darstellungsform handelt, die nicht nur auf Sprache aufgebaut ist, weil die Sprachverarbeitung der linken Hemisphäre zugeordnet wird und damit die Wahrscheinlichkeit der Beteiligung der rechten Hemisphäre verringert. Diese Bedingung wird dadurch erfüllt, dass grafische Darstellungsformen in der UML eingesetzt werden.

Wenn es gelingt, beide Hemisphären an einer Modellbildung zu beteiligen, kann sich die Intuition entfalten.<sup>64</sup> Die linkshemisphärischen Ordnungen werden rechtshemisphärisch aufgelöst, bis sich Strukturen einstellen, die stabil genug sind, um in der Überführung von der Möglichkeit zur Wirklichkeit fortzufahren.

Die Bedingungen und die Wahrscheinlichkeit lassen sich nicht schärfer als in dieser Formulierung fassen, weil das Eintreten des Spieles eine Funktion eines harmonisch arbeitenden Nachrichtenverarbeitungssystems ist. Es haben verschiedene Autoren Zweifel daran, dass in der

---

<sup>63</sup> Binnig, G.: Aus dem Nichts. 1997. S. 63. „Wir haben oft sehr komplexe Entscheidungen zu treffen, die wir nicht nach logischen Gesichtspunkten klären können. Sie sind zu komplex, als dass wir die Probleme mit unserem Verstand lösen könnten ... Und da müssen wir andere Mechanismen einsetzen, die anders wirken.“ Er beschreibt eine Situation, in der die „Verkehrsregeln des Denkens“ überfordert werden und andere Strategien eingesetzt werden müssen, um eine Problemlösung zu erzielen.

<sup>64</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic Instinct. 1994. S. 247. S. beschreibt Intuition als Wahrnehmung, die sich auf die seelischen Ereignisse richtet und die frei von Erfahrungen und Sinneseindrücken ist. Um Momente reinen Wahrnehmens zu erkennen, bedarf es einer harmonischen Nutzung aller zur Verfügung stehender Kräfte

modernen Welt dieser Zustand als normal bezeichnet werden kann.<sup>65</sup> Eine fehlende Verbindung kann eine Modellierungssprache wie UML nicht wiederherstellen. Es kann aber die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass diese Verbindung wieder entdeckt wird und sich das Gefühl für diesen Kontakt und die Beteiligung aller Kräfte wiederherstellt. Möglicherweise sind die Erinnerungen an diesen Kontakt noch aus der Kindheit bekannt. Um das zu beschreiben, was dieser Modus menschlicher Nachrichtenverarbeitung leisten kann, der scheinbar über die Leistungsfähigkeit des menschlichen Bewußtseins und der Anwendung logischer Operatoren hinausgeht, greife ich auf G. Binnig zurück. Er beschreibt diesen Modus als immer dann wirksam, wenn die „Verkehrsregeln des Denkens“ nicht mehr ausreichen, um ein Problem zu lösen, und die Logik überfordert wird. In der Sprache der Hemisphärenspezialisierung heißt es, dass das System mit logischen Kräften der linken Hemisphäre eine Aufgabe nicht lösen kann und deshalb auf die ästhetischen Kräfte der rechten Hemisphäre zurückgreift, um zu einer Lösung zu gelangen. Diese Überforderung wird durch das Mittel der Anthropomorphie unterstützt.

Es geht darum einen Rahmen und ein Spielfeld zu öffnen, das die Transparenz und die Nachvollziehbarkeit ermöglicht und zugleich die Tür für die Beteiligung der anderen Kräfte offen lässt. Die Aufgabe lautete, das eine zu ermöglichen, ohne das andere durch zu enge

---

<sup>65</sup> Debono, E.: Laterales Denken. Düsseldorf. 1992. S. 322. D. weist darauf hin, dass laterales Denken kein Ersatz, sondern eine notwendige Ergänzung zum traditionellen logischen Denken darstellt, das gegenwärtig dominant ist. Er unterscheidet in diesem Zusammenhang den „vertikalen“ und „lateralen“ Denkstil. Laterales Denken verwendet Informationen „provokativ“, um bestehende Ordnungen in Frage zu stellen. Die Umstrukturierung dieser in Frage gestellten Muster erfolgt dann „intuitiv“. Das Spielerische im Umgang mit Zusammenhängen und das anschließende Auswählen und Umstrukturieren erledigt die Intuition. Laterales Denken wird zum Mittel einer „intuitiven Umstrukturierung“. Es stellt das Komplement zum logischen Denken dar. Vgl. Schmid, W. F.: Basic Instinct. 1994. S. 12. Den Zugang zur dritten Quelle der Wahrnehmung hält S. für verkümmert. Den Weg zur Wiederbelebung des Basic instinct will S. mit den Mitteln der Philosophie öffnen. Sein System metaphysischer Zeichen dient der Repräsentation der 12 Kategorien und der jeweils 8 ästhetischen und logischen Kräfte. Sie sind an die mathematischen Zeichen angelehnt. Als Mittel reinen Denkens können sie „die Organisation des Bewußtseins apriori“ repräsentieren.

Regeln zu ersticken. Es geht um einen Kompromiß, der mit UML versucht wird, das eine zu tun, ohne das andere unmöglich oder unwahrscheinlich zu machen. Vor diesem Hintergrund erscheint die Aussage von K. Quibeldey-Cirkel, dass die Objektorientierung die Intuition fördert und dass sich die „ureigenen Denk- und Verhaltensweisen des Menschen“<sup>66</sup> am Objekt orientieren, in einem anderen Licht.

Intuition wird möglich, wenn man das Spiel der Kräfte zulässt und ihnen Raum und Zeit gibt, um die vorhandenen Elemente so zu verändern und spielerisch zusammenzufügen, bis der Zufall zu einer Verbindung führt, die gefällt. Intuition ist die Fähigkeit des Menschen, natürliche Bewegungen und Prozesse zu erkennen. Um dieses Erkennen zu ermöglichen, können nur Bedingungen erfüllt werden, die ein solches Erkennen wahrscheinlich machen. Die Intuition lässt sich nicht programmieren. Es geht darum, die Voraussetzungen zu schaffen, damit dieses Spiel möglich wird. „Intuition setzt das Schaffen als Bedingung ihrer Möglichkeit voraus.“<sup>67</sup>

## 5.7 Schlussfolgerungen

UML kann nicht dazu dienen, das Denken selbst in seiner Organisationsform darzustellen, wie es W. F. Schmid mit den metaphysischen Zeichen deutlich macht. Aber als Methode zur „grafischen Darstellung natürlicher bzw. informationeller Prozesse (dient es; d. Verf.) dem Zweck, diese zunehmend besser zu begreifen und zu beherrschen. Das strukturelle oder systemische Bild vermittelt dem Betrachter eine Vorstellung von den Bildungs- und Gestaltgesetzen der Natur.“<sup>68</sup> Dabei fordert die Anwendung der UML und der mit ihr erzeugten Module den Anwender zum Spielen auf. Sie öffnen dabei einen alternativen Weg zur Wiederbelebung des gestalterischen Grundtriebs. Durch das Werkzeug Objekt und die damit verbundene Modellierungs-Sprache lässt sich das Spielmaterial

---

<sup>66</sup> Quibeldey-Cirkel, K.: Das Objektparadigma in der Informatik. 1994. S. 160

<sup>67</sup> Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 363

<sup>68</sup> Ebd. S. 147

herstellen, das die Kräfte zum Spielen herausfordert. Der Anwender kann die Produkte als Spiegel seiner Denkstrukturen analysieren oder mindestens ein Gefühl für diese natürlichen Gestaltungsprozesse entwickeln, die eine Entfaltung des Basic instincts wahrscheinlich machen.

Durch das Werkzeug Objekt verändert sich die Art und Weise, wie wir Dinge tun. Sie erweitern das Spektrum an Handlungsmöglichkeiten, in dem sie die Art und Weise verändern, wie Abbildungen erzeugt werden. Die Objektmethode stellt eine Erweiterung des Abbildungsrepertoires dar. Sie ist eine andere Strategie des Abbildens und Entdeckens. Sie fügt den Möglichkeiten abzubilden, die Dimension der Lebendigkeit zu. Durch die Beteiligung der rechten Hemisphäre und der ihr zugeordneten Kräfte werden Zusammenhänge nicht auf eine „unwissenschaftliche“<sup>69</sup> Art und Weise reduziert, sondern wesentlich erweitert. Dabei baut sich das System selbst. Der Abbildungsprozess wird in rückgekoppelten Schleifen immer wieder durchlaufen und dabei der Frage unterzogen, ob die gefundene Lösung oder der eingeschlagene Weg elegant und zielführend ist. Es wachsen Systeme im Rahmen der Notationen. Objekte sind die systemischen Bausteine einer modularen Struktur. Der Umgang mit ihnen verlangt ein Umdenken und einen Perspektivenwechsel, der einer kindlichen Position, wie sie E. Bloch beschreibt, sehr nahe kommt.<sup>70</sup>

Das Modellieren mit Objekten ist eine andere Art, die informationellen Kräfte, die Gegenstand der Kybernetik sind, zu nutzen. Das Verfahren

---

<sup>69</sup> Vgl. Frank, H. G.: Drei Thesen zur Philosophie der Kybernetik. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1952-1972. Meder, B. S. und Schmid, W. F. (Hrsg.). Bd. 1. 1973. S. 368. F. beschreibt, dass sich der naturwissenschaftliche Abbildungsweg dadurch auszeichnet, dass die Zusammenhänge denaturiert werden. In den kybernetischen Disziplinen werden die informationellen Prozesse „entspiritualisiert“. Beiden gelingt es durch den Einsatz der Abbildungsmittel und die Verwendung von Kalkülen, diese Entfremdung und Trennung vom Subjekt zu erzielen. Anthropomorphie kann aus dieser Perspektive nur als unwissenschaftlich zurückgewiesen werden.

<sup>70</sup> Vgl. Einleitung S. 4

macht die Produkte sichtbar und ermöglicht gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit, den Basic instinct zu beleben.

## 6. Abschluss

Es sind jetzt alle Bausteine zusammengestellt, die einen Abschluss der Gedankengänge zulassen. Im ersten Teil ging es in den Kapiteln 1 bis 3 um die Einführung in die Kybernetik, die Vorstellung und die Anwendung des Modellverfahrens. Dabei stand das Modellierungswerkzeug Objekt im Mittelpunkt. Im zweiten Teil ging es dann um die Modellmethode selbst und ihre Bedeutung für den Anwender. Wie H. Frank deutlich macht, unterscheidet sich die Kybernetik von anderen Wissenschaften dadurch, dass sie nicht allein Modelle, sondern die Methode selbst zum Gegenstand der Betrachtung macht. Diese veränderte Perspektive wird in den Kapiteln 4 und 5 deutlich.

Auch wenn der Begriff der Kybernetik nicht auf jeder Betrachtungsebene den gleichen Grad an Präsenz hat, verweise ich noch einmal auf die Definition, dass die Erzeugung, Übermittlung, Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung zum Arbeitsgebiet der Kybernetik zählen.<sup>1</sup> Auch wenn der Begriff nicht überall explizit im Mittelpunkt steht, bildet er dennoch die Klammer um alle Abschnitte der Arbeit.

Um den Gedankengang des ersten Teils der Arbeit abzuschließen, gehe ich den kybernetischen Abbildungsweg rückwärts und werde die Schnittmengen zwischen den Phasen der technischen Objektivation, der Modellierung und der Beobachtung und Beschreibung zum Werkzeug Objekt zusammenfassen.

Die letzte Phase in dem dreistufigen kybernetischen Abbildungsweg nach H. Frank besteht in der Programmierung oder auch der Simulation.

---

<sup>1</sup> Vgl. Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. S. 61

Ein Zusammenhang wird objektiviert, indem die Ergebnisse einer Arbeit als unabhängig vom Forschenden ausgewiesen werden. Die Objektorientierung spielt hier eine besondere Rolle, wenn man sie als Mittel der Modellentwicklung und Programmierung betrachtet. Es handelt sich aus dieser Sichtweise um die aktuelle „gestaltende Technik“<sup>2</sup>, mit der Programme auf dem universalen Werkzeug Rechner hergestellt werden.<sup>3</sup> Auf dieser Ebene kann kein Kybernetiker, der sich neben der konstruierenden auch der gestaltenden Technik annimmt, die Objektorientierung umgehen.

Wendet man sich der zweiten Phase des kybernetischen Abbildungsweges zu, dann beschreibt H. Frank sie mit dem Stichwort der Kalkülisierung. In dieser Phase werden Unterschiede zu H. Franks Vorgehen sichtbar. Er setzt auf die Formel oder auch das mathematische Kalkül, das der Simulation vorausgeht. Es zeichnet sich durch die höchste Dichte und größte Härte einer Definition aus. Das Kalkül dient dabei der Reduktion von Komplexität, indem es z. B. die Zusammenhänge verdeutlicht, die als empirisches Datenmaterial vorliegen und als Mittel, um Ergebnisse reproduzieren und programmieren zu können.<sup>4</sup> Die Objektorientierung zeigt einen anderen Weg auf, ohne das mathematische Kalkül zu verwenden. Das objektorientierte Modell tritt an seine Stelle.

Es erreicht dabei nicht den gleichen Härtegrad des mathematischen

---

<sup>2</sup> Vgl. Frank, H. G. und Meder, B. S.: Einführung in die kybernetische Pädagogik. 1971. S. 21. F. unterscheidet zwischen der „konstruierenden“ Technik, die zum Kalkül führt, und der „gestaltenden“. Sie setzt das Kalkül voraus und überführt dieses in ein technisches Modell.

<sup>3</sup> Die entsprechenden aktuellen Programmiersprachen wie Java bauen auf der Objektorientierung auf.

<sup>4</sup> Vgl. Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 1969. S. 32ff. F. beschreibt, dass mit dem Kalkül die Reduktion von Komplexität und die Reproduzierbarkeit verbunden sind.

Kalküls.<sup>5</sup> Diesem Nachteil stehen aber auch Vorteile gegenüber. Durch die objektorientierten Modelle werden Bereiche abbildbar, die sich dem mathematischen Zugriff verschließen, wie die Simulation des Haustieres in Kapitel 3 deutlich machen soll. Ohne komplexe mathematische Operationen und eine empirische Datenmenge kann Verhalten auf eine einfachere Art und Weise modelliert werden. Beobachtbares Verhalten liefert hier die Bausteine für die Modellierung. Einfache mathematische Operationen wurden erst im reifen Modell notwendig, als es um die Organisation einzelner Verhaltensweisen und ihrer Wechselwirkungen ging. Das Werkzeug Objekt tritt als Mittel zur Bewältigung von Komplexität an die Stelle des mathematischen Kalküls.

Wendet man sich den Prinzipien zu, die im Abbildungsprozess zur Anwendung kommen, dann bezeichnet H. Frank die kartesische Vorgehensweise der Zergliederung komplexer Sachverhalte bis in seine kleinsten Bausteine als ein wesentliches Kennzeichen kybernetischen Abbildens. Dabei wird die Hierarchiebildung als Ordnungsprinzip genutzt. Auch in der Objektorientierung findet sich diese Vorgehensweise. Das System und sein Verhalten werden jeweils in unterschiedlichen Granularitäten, aus verschiedenen Perspektiven untersucht und im Modell Schritt für Schritt zusammengefügt. Die kartesischen Prinzipien sind als Forderungen nicht explizit hinterlegt, sie finden sich aber in den Notationen wieder und werden deshalb von einem Anwender genutzt, sobald er mit dem Modellieren beginnt. Ich gehe an dieser Stelle noch einen Schritt weiter, mit der Behauptung, dass die Objektorientierung dabei zum systemischen Denken anleitet, weil die Gestaltung von Objekten und deren Zusammenspiel auf den unterschiedlichen Ebenen in iterativen Schleifen ein System entstehen

---

<sup>5</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Basic instinct. 1994. S. 27. S. unterscheidet Abstraktionen in vier Grade abnehmender Härte. Sie lauten: Formel, Algorithmus, mathematischer oder philosophischer Begriff und künstlerischer oder echter pädagogischer Begriff.

lässt.

In diesem zweiten Schritt des Abbildungsweges werden damit Gemeinsamkeiten im Hinblick auf die kartesischen Prinzipien deutlich, aber Unterschiede in der Wahl der Mittel bei der Modellerzeugung deutlich. Ein streng erfahrungswissenschaftlich geprägtes Vorgehen, das auf das Ziel der Exaktheit ausgerichtet ist, steht einem offenen System gegenüber, das im Wesentlichen aus einem Werkzeugkoffer besteht, der mit Abbildungsmitteln gefüllt ist. Anwender können von ihnen so Gebrauch machen, wie sie es für angemessen halten. Die Abbildungsmittel und die damit verbundenen Regeln und Prinzipien setzen den Rahmen. Das Ziel, Beobachtungen und Prozesse zu objektivieren, leitet die Entwickler.

Die erste Phase schließlich nennt H. Frank die verstehende oder die phänomenologische Phase. Es geht um das Verstehen eines Phänomens und seine Beschreibung. Das Kapitel 3 hat deutlich gemacht, dass auch in der Objektorientierung eine beobachtende und beschreibende Phase, die zur Erfassung der Eigenschaften eines abzubildenden Systems dient, notwendig ist. Ob dabei kommerzielle oder wissenschaftliche Interessen den Anfangspunkt darstellen, um sich mit einem Phänomen oder einem System intensiv auseinanderzusetzen und die damit verbundenen Prozesse über das Modell und das Programm zu objektivieren, hat auf die Art und Weise, zu beschreiben, und die dabei verwendeten Werkzeuge keinen Einfluß. Sowohl ein Kybernetiker, der sich an H. Franks Vorgehen hält, als auch ein Softwareentwickler fassen das System in Worte, die dann die Grundlage für die Modellentwicklung darstellen. Mit der Objektorientierung wird zu dieser beschreibenden Phase keine Alternative geliefert. In beiden Vorgehensweisen bilden Beobachtungen und ihre Beschreibung die Grundlage. Durch die Objektorientierung werden aber die Ergebnisse

insofern anders genutzt, als sie direkt das Material abgeben, um zur Generierung der Objekte zu dienen. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei den Systemgrenzen und den Prozessen, die ein späteres Programm erfüllen soll. Diese systemische und prozessorientierte Sichtweise hebt die Objektorientierung bereits in der beschreibenden Phase hervor. Auch in dieser Phase sind Rückschritte möglich, wenn deutlich wird, dass Elemente fehlen oder ergänzt werden müssen.

Wenn sich der Blick jetzt noch einmal auf den gesamten Abbildungsweg richtet, wird deutlich, dass das Werkzeug Objekt durchgängig benutzt wird. Es verbindet Analyse, Design und die Phase der technischen Gestaltung. Ohne Phasenbrüche erscheinen die einzelnen Abschnitte enger beieinander zu liegen als im Frankschen Vorgehen, das sich philosophischer, naturwissenschaftlicher und technischer Mittel bedient. Durch die Objektorientierung können sich, um das Bild aus dem Kapitel 1 aufzugreifen, Philosophen oder Geisteswissenschaftler, Naturwissenschaftler und Techniker miteinander unterhalten und zusammenarbeiten, ohne sich voneinander verabschieden zu müssen. Ein gemeinsames Werkzeug kann sie zusammenführen und neue Felder der Zusammenarbeit eröffnen.

Vor dem Hintergrund des kybernetischen Werkzeugkoffers stellt das Werkzeug Objekt und die damit verbundenen Modellierungs-Sprache UML eine Alternative und eine Erweiterung dar.

Beide Vorgehensweisen zielen auf die Objektivierung und erreichen das Ziel auf unterschiedliche Art und Weise. Aber das kybernetische Denken führt noch einen Schritt weiter, der durch die Kapitel 4 und 5 deutlich werden soll. Die Modellmethode selbst kann in bezug zu dem Anwender gesetzt werden. Dabei wird die Nähe zu den Wissenschaften, die sich mit der menschlichen Nachrichtenverarbeitung befassen, deutlich. Auch

diese Verbindungen sind von H. Frank erkannt worden. Sein Interesse an der Informationspsychologie und seine Beiträge machen diese Bedeutung deutlich. Das mathematische Kalkül steht in Verbindung mit dem Wissen von der Enge des Bewußtseins. Die Aufgliederung in die verschiedenen Disziplinen, die sich unter dem Sammelbegriff der Kognitionswissenschaften zusammenfassen lassen und aus der jeweiligen Perspektive Beiträge zum Verstehen des nachrichtenverarbeitenden Systems Mensch liefern. Es liegt eine große Summe von Daten und Modellen vor.<sup>6</sup> Sie zeigen, die derzeit bekannten Eigenschaften und Prozesse der menschlichen Nachrichtenverarbeitung auf.

Dass sich die Informatik dem Menschen und den Wissenschaften vom Menschen zuwendet, weil hier das Finden eines passenden Schlüssels für den Umgang mit Komplexität zu finden sei, führte zu dem Gedanken, Elemente und Modelle zusammenzustellen, die mit der Objektorientierung in Beziehung stehen könnten und die Vorgänge beschreiben, die mit dem Werkzeug Objekt in Verbindung stehen. Aus den Modellen und Gedanken des vierten Kapitels wird deutlich, dass die Enge des Bewußtseins das Nadelöhr jeder bewussten Informationsverarbeitung ist. Je nach der Intensität der Auseinandersetzung werden verschiedene Verarbeitungsebenen angesprochen und verschiedene Repräsentationsformen verwendet. In welcher Art und Weise neuronale Prozesse Bedeutung bekommen und in welchen Formaten sie gespeichert werden, ist offen. Eine besondere Bedeutung nehmen aber die Sprache und die Verarbeitung von Bildern dabei ein. Sie lassen sich den bevorzugten Verarbeitungsmodi der beiden Hemisphären zuordnen. Der Anspruch, dass es sich bei der Objektorientierung um ein „natürliches Abbildungsverfahren“ handelt, kann nur heißen, dass es nicht im Widerspruch zu bestehenden Modellen steht. Die

---

<sup>6</sup> Vgl. Metzinger, T.: Subjekt und Selbstmodell. 1993. S. 13f

Objektorientierung erfüllt meiner Meinung nach diese Bedingung.

Wenn es darum geht, ein Bild zu finden, das die Kognitions-  
wissenschaften mit der Objektorientierung verbindet, würde ich ein Netz  
auswählen. Die Kognitionswissenschaften beschreiben, wie sich Netze  
unter verschiedenen Aspekten und zu unterschiedlichen Zwecken  
knüpfen. Die Objektorientierung zeigt, wie die netzähnlichen Strukturen  
während der Modellierung wachsen und sich zunehmend verfeinern.

Das letzte Kapitel führt schließlich über die kognitionswissenschaftlichen  
Modelle hinaus, weil der Aspekt des Werdens in den Mittelpunkt rückt.  
Im Rahmen der Kognitionswissenschaften wird erklärt, wie menschliche  
Nachrichtenverarbeitung sich vollzieht, aber nicht wozu. Dabei erscheint  
das biologische Ziel des Überlebens als dem modernen Leben zu  
entfernt, als dass es eine zufriedenstellende Erklärung bietet.<sup>7</sup> Ein  
Schlüssel zu diesem Verstehen eröffnet sich über den Begriff des  
Werdens, den H. Frank durch die komplementäre Beziehung zwischen  
Philosophie und Naturwissenschaft in seinem Abbildungsweg be-  
rücksichtigt. Dieser hat weiter an Bedeutung gewonnen. Um diesen  
Aspekt zu beleuchten, dienen die „kybernetisch-metaphysischen“  
Untersuchungen von W. F. Schmid.

Sie dienen in Verbindung mit dem Kapitel 4 u. a. dazu, die  
Eigenschaften des Denkens zusammenzustellen und sie in Verbindung  
mit der Objektorientierung zu diskutieren. Dabei zeichnet sich das  
menschliche Denken dadurch aus, dass es diesen gestalterischen

---

<sup>7</sup> Vgl. Augstein, R. und Wolff, G.: Nur noch ein Gott kann uns retten. Der Spiegel,  
Nr.23/1976, S. 193ff. Heidegger stellt den Begriff des Denkens in den Mittelpunkt des  
Interviews. Seine Position ist gekennzeichnet dadurch, dass die Philosophie ihr Ende  
erreicht hat und ihre Aufgabe an die Teilwissenschaften übergegangen ist. Eine  
Sonderrolle in einer technischen Welt nimmt die Kybernetik ein, die an die Stelle der

Anteil, diese Beziehung zum Werden in sich trägt. Sie lauten: Der modulare Aufbau des menschlichen Gehirns macht modulares Denken möglich. Modularität ermöglicht die Beteiligung beider Hemisphären, wenn das Material in der geeigneten Repräsentationsform vorliegt. Denken erzeugt hierarchische Strukturen unterschiedlicher Auflösung in iterativen Schleifen. Dabei werden Möglichkeiten in Wirklichkeiten überführt. Die Objektorientierung schafft durch das Konzept des aktiven und selbständigen Objekts und die damit verbundenen Möglichkeiten der Darstellung, ein besonderes Feld von Bedingungen, die dem gestalterischen Grundtrieb ein Spielfeld zur Entfaltung bieten. Vielleicht hilft ein solches Verfahren die Brücke zu den Verhaltensweisen der Kindheit zu bauen, und damit einen Beitrag zur Nutzung aller Kräfte zu leisten.

Ich schließe diese Arbeit mit zwei Anmerkungen ab:

Der Preis einer mangelnden Härte im Vergleich mit dem objektorientierten Modell und dem Kalkül relativiert sich, wenn dadurch der Kreis derer erweitert wird, die sich mit Kybernetik befassen. Möglicherweise löst sich auf diese Art und Weise das Vertriebsproblem, von dem W. F. Schmid in seinem Beitrag zur Festschrift anlässlich H. Franks Geburtstag spricht.<sup>8</sup> Ob damit der Begriff der Kybernetik eine Wiederbelebung erfährt, bleibt offen. Beobachtbar ist, dass der Begriff wenig Verwendung findet, obwohl die damit verbundenen Begriffe und Prinzipien sich in vielfältigen Verwendungen entdecken lassen.<sup>9</sup> In Bezug auf das nachrichtenverarbeitende System Mensch ergeben sich

---

Philosophie getreten ist.

<sup>8</sup> Vgl. Schmid, W. F.: Mutmaßungen über ein Ereignis, das noch nicht stattgefunden hat: die Kybernetische Pädagogik in Deutschland. 1998, S. 87. S. Vermutet, dass die Idee H. Franks deshalb nicht genügend Verbreitung gefunden hat, weil es ein Vertriebsproblem gibt. Er nennt verschiedene Gründe für die geringe Verbreitung, wie mangelndes technisches und mathematisches Wissen.

<sup>9</sup> Als Beispiel kann die Objektorientierung selbst gelten, in der der Bezug zur Kybernetik in keinem der hier verwendeten Werke hergestellt wird.

möglicherweise durch das Werkzeug Objekt Impulse für die Bildungskybernetik. H. Franks Absicht, auch für die Kritiker an der Wissenschaftlichkeit der Pädagogik zu gewinnen, führte zu dem Verlust derer, die dem traditionellen geisteswissenschaftlichen Verfahren und Denken treu geblieben sind. Möglicherweise kann UML dieses „Vertriebsproblem“<sup>10</sup> lösen helfen.

Wenn man Wissenschaft im Sinne G. Batesons als Wahrnehmungsweise versteht, dann ist das Werkzeug Objekt Folge und Ausdruck einer veränderten Wahrnehmungsgewohnheit, die neue Fragen aufwirft und neue Perspektiven eröffnet.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Ebd. S. 87

<sup>11</sup> Vgl. Bateson, G.: Geist und Natur. 1997. S. 39f. Wissenschaft ist für B. eine „Wahrnehmungsweise“, die dazu dient, Unterschiede zu entdecken. Wahrnehmungen unterliegen den Veränderungen durch neue Perspektiven und Werkzeuge. Er zieht den Schluss, dass „Wissenschaft sondiert; sie beweist nicht“.

## Literaturverzeichnis

- Abott, R. J.: Knowledge Abstraction. In: Communications of the ACM. Vol. 30, August 1997. S. 664-671
- Acham, K.: Abstraktion. In: Historisches Wörterbuch der Philosophie. Ritter, J. [u. a.] (Hrsg.). Bd. 1. Stuttgart: Schwabe & Co, 1971. S. 59-63
- Aho, A. V. und Ullmann, J. D.: Informatik. Bonn, Albany: Internat. Thomsen Publ., 1996
- Aubenque, P.: Abstraktion. In: Historisches Wörterbuch der Philosophie. Ritter, J. [u. a.] (Hrsg.). Bd.1. Stuttgart: Schwabe & Co, 1971. S. 42-44
- Augstein, R. Und Wolff, G.: Nur noch ein Gott kann uns retten. Der Spiegel, Nr.23/1976. S. 193-219
- Aristoteles: Metaphysik. Schwarz, F.F. (Hrsg.). Stuttgart: Reclam. 1984
- Aristoteles: Topik. Nachdruck der 2. Aufl. von 1922. Band 12 aus der Reihe: Philosophische Bibliothek. Hamburg: Felix Meiner Verlag. 1968
- Arnheim, R.: Anschauliches Denken. Köln: DuMont. 1972
- Balzert, H.: Methoden der objektorientierten Systemanalyse. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Bi. Wiss. Verlag. 1995
- Banyard, P. [u. a.]: Einführung in die Kognitive Psychologie. München, Basel: Reinhardt. 1995
- Bateson, G.: Geist und Natur. 5. Aufl. Frankfurt: Suhrkamp. 1997
- Baumgartner, H. M.: Kategorie. In: Handbuch philosophischer Grundbegriffe. Krings, H. [u.a.] (Hrsg.). Bd. 2. München: Kösel. 1973
- Blaha, M. R. [u. a.]: Relational Database Design using an Object-Orientated Methodology. In: Communications of the ACM, Vol. 31(4). S. 415-427
- Brachmann, R.: What Is-A and Isn't: An Analysis of Taxonomic Links. In: Semantic Networks. IEEE Computer Vol. 16(10). Oktober 1983. S. 30-36
- Bieri, P.: Was macht Bewußtsein zu einem Rätsel? Antrittsvorlesung an der Universität Marburg. In: Spektrum der Wissenschaft 10/92. S. 8-20
- Bieri, P.: Generelle Einführung. In: Analytische Philosophie des Geistes. Bieri, P. (Hrsg.). Aus der Reihe: Neue Wiss. Bibl. 1993. S. 1-28
- Binnig, G.: Aus dem Nichts. 2. Aufl. München: Piper. 1997
- Bloch, E.: Tübinger Einleitung in die Philosophie. 2. Aufl. 2. Bde. Frankfurt: Suhrkamp, 1964
- Boehm, B. W.: Software Engineering. In: IEEE Transactions on Computers. Vol. 25, 1976, 12. S. 1226-1241
- Boehm, B. W. : A Spiral Model of Software Development and Enhancement. In: ACM Sigsoft, Software Engineering Notes 11(4). 1986. S. 22-42
- Booch, G.: Object-orientated Development. In: IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 12 (2). 1986. S. 211-221
- Booch, G.: Objektorientierte Analyse und Design. Bonn, Paris, Reading (Mass.) [u. a.]: Addison-Wesley. 1994
- Booch, G.: UML, [Http://www.rational.com/pst/tech\\_papers/uml\\_rt.html](http://www.rational.com/pst/tech_papers/uml_rt.html). 30.05.1997
- Booch, G.: Rational Rose, [Http://www.rational.com/pst/products/rosefamily.html](http://www.rational.com/pst/products/rosefamily.html). 30.05.1997
- Booch, G. Rumbaugh, J. und Jacobsen, I.: Das UML – Benutzerhandbuch. Bonn, Paris, Reading (Mass.) [u. a.]: Addison-Wesley. 1999

- Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation. Braunschweig. Wiesbaden: Vieweg. 1992
- Braitenburg, V. und Schütz, A.: Cortex: hohe Ordnung oder größtmögliches Durcheinander?. In: Chaos und Fraktale. Heidelberg: Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsgesellschaft. 1989. S. 164-177
- Braitenburg, V. und Hosp, I. (Hrsg.): Die Natur ist unser Modell von ihr. Hamburg: Rowohlt. 1996
- Braunroth, M. [u.a.]: Ansätze und Aufgaben der linguistischen Pragmatik. Frankfurt: Suhrkamp. 1975
- Brooks, F. P.: No Silver Bullet. In: IEEE Computer Vol. 20. April 1987. S. 10-19
- Burkhardt, R.: UML - Unified Modeling Language. Bonn, Reading (Mass.) [u. a.]: Addison Wesley. 1997
- Butler-Report: Wird die Objekttechnologie endlich erwachsen. In: OBJEKTSpektrum 5/97. S. 17-19
- Capra, F: Wendezeit. Bern, München, Wien: Scherz Verlag. 1982
- Capra, F: Lebensnetz. München: Th. Knaur Nachf.. 1996
- Chen, S: and Pin, P.: The Entity Relationship Model-Toward an unified View of data. In: ACM Transactions on Database Systems Vol.1, No. 1 March 1976. S. 936
- Coad, P.: Object models. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1995
- Coad, P. und Jill, Nicola: Objektorientated Programming. London: Prentice Hall. 1993
- Coleman, D. Malan, R. und Cotton, T.: Fusion 2.0: A process for UML. In: Handbook of Object Techonolgy. Zamir, S. Boca Raton [u. a.]: RC. Press. 1999. S. 9-1 bis 9-23
- Courtois, P.: On Time and Space Dekomposition on Complex Structures. Communications of the ACM Vol.28(6). 1986. S. 590-604
- Cox, B. J.: Object-Orientated Programming. Reading (Mass.) [u. a.]: Addison Wesley, 1987
- Crick, F.: Was die Seele wirklich ist. München: Artemis. 1994
- Crick, F: und Koch, C.: Das Problem Bewußtsein. In: Spektrum der Wissenschaft 11/92. S. 144-152
- Crutchfield, J. P. [u. a.]: Chaos. In: Chaos und Fraktale. Heidelberg, Spektrum Verlag. 1989. S. 8-20
- Cube, F.: Was ist Kybernetik. Bremen: Schünemann. 1967
- Danner, H.: Methoden geisteswissenschaftlicher Pädagogik. 3. Aufl. München, Basel: Reinhardt. 1994
- Damasio, A.: Descartes Irrtum. München: List. 1995
- Darwin, C.. The origin of Species. New York, Mentor Books. 1958
- Davies, P.: Prinzip Chaos. 4. Aufl. München: Goldmann. 1993
- Debono, E.: Der Denkprozeß. Reinbek: Rowohlt. 1975
- Debono, E.: Laterales Denken. Düsseldorf, Wien: Econ. 1992
- Descartes, R.: Discourse de la methode. Gäbe, L. (Hrsg.). Hamburg: Felix Meiner. 1990
- Dijkstra, E. W.: Programming Considered as a Human Activity. In: Classics in Software Engineering. New York (NY): Yourdon Press. 1979. S. 3-10
- Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 1976
- Dörner, D.: Die Logik des Mißlingens. Reinbek: Rowohlt. 1989

- Dörner, D. (Hrsg.): Das Gedächtnis. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe. 1995
- Eisenecker, U.: Das generative Paradigma oder Was kommt nach der Objektorientierung? In: Objektspektrum 6/96. S. 30-34
- Eisler, R.: Kant Lexikon. Hildesheim, Zürich, New York: Olms. 1994
- Engelkamp, J. und Pechmann, T.: Kritische Anmerkungen zum Begriff der mentalen Repräsentation. In: Mentale Repräsentationen. Engelkamp, J. und Pechmann, T. (Hrsg.). Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag H. Huber. 1993. S. 7-16
- Engelkamp, J. (Hrsg.): Mentale Repräsentationen. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag H. Huber. 1993
- Engelmore, R. S. Morgan, T. J. and Nii, H. P.: Blackboard systems. Wokingham, (Engl.): Addison-Wesley. 1988
- Eriksson, H. and Penker, M.: UML Toolkit. New York; Chichester; Weinheim [u. a.]: John Wiley & Sons. 1998
- Ferner, H. und Staubesand, J. (Hrsg.): Nervensystem, Haut und Sinnesorgane. München, Wien, Baltimore: 1979, 11/12.Aufl. Bd. 3, aus der Reihe: Anatomie des Menschen. Benninghoff, A.
- Fink, E.: Das Spiel als Weltsymbol. Stuttgart: Kohlhammer. 1960
- Fink, E.: Einleitung in die Philosophie. Würzburg: Königshausen und Neumann. 1985
- Fischbach, G. D.: Gehirn und Geist. In: Spektrum der Wissenschaft 11/92, S. 30-41
- Flashar, H. (Hrsg.): Aristoteles: Kategorien. Bd. 17. Berlin: Akadem. Verlag. 1984
- Foerster, H. von: Kybernetik. Berlin: Merve Verlag. 1993
- Foerster, H. von: Wissen und Gewissen. Schmidt, S. J. (Hrsg.). 3. Aufl. Frankfurt: Suhrkamp. 1996
- Frank, H. G. (Hrsg.): Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften. 3. Aufl. Frankfurt: Umschau. 1964
- Frank, H. G.: Was ist Kybernetik. In: Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften. Frank, H. G. (Hrsg.) 3. Aufl. Frankfurt: Umschau. 1964.S. 13-26
- Frank, H. G.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 2 Bde. 2. völlig überarbeitete und wesentlich erweiterte Aufl. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 1969
- Frank, H. G. und Meder, Brigitte S.: Einführung in die kybernetische Pädagogik. München: dtv. 1971
- Frank, H. G.: Über das Verhältnis zwischen kybernetischen und philosophisch-geisteswissenschaftlichen Disziplinen. In: Kybernetische Pädagogik - Schriften 1958-1972. Meder, B. und Schmid W. F. (Hrsg.). Bd. 1. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 1974. S. 203-215
- Frank, H. G.: Philosophische und kybernetische Aspekte der Pädagogik. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften. 1958- 1972. Meder, B. und Schmid W. F. (Hrsg.). Bd. 1. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 1974. S. 518-535
- Frank, H. G.: Bewußtsein und Gedächtnis. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1958- 1972. Meder, B. und Schmid W. F. (Hrsg.). Bd. 2. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 1974. S. 15-32
- Frank, H. G.: Informationspsychologie. In: Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften. Frank, H. G. (Hrsg.). 3. Aufl. Frankfurt: Umschau, 1964, S. 243-258
- Frank, H. G.: Kybernetik und Philosophie. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1958- 1972. Meder, B. und Schmid, W. F.(Hrsg.). Bd. 1. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer, 1974, S. 193-380
- Frank, H. G.: Philosophische und kybernetische Aspekte der Pädagogik. In: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1958- 1972. Meder, B. und Schmid, W. F. (Hrsg.). Bd. 1. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 1974. S. 516-535

- Frank, H. G.: Drei Thesen zur Philosophie der Kybernetik. In: Kybernetische Pädagogik- Schriften 1952-1972. Meder, Brigitte. S. und Schmid, W. F. (Hrsg.). Bd. 1. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 1973. S. 358-375
- Frank, H. und Meyer, I.: Rechnerkunde: Kybernetische Pädagogik – Schriften 1958-1972. Meder, B. und Schmid W. F. (Hrsg.). Bd. 5. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 1974. S. 585-774
- Frank, H. G.: Bildungskybernetik. München: KoPäd. 1996
- Friedlein, C.: Geschichte der Philosophie. 15. Aufl. Berlin: Erich Schmidt. 1992
- Gazzinga, M.: Das erkennende Gehirn. Paderborn: Schönigh. 1988
- Glaser, W. R.: Repräsentation bei Mensch und Maschine. In: Mentale Repräsentationen. Engelkamp, J. Hrsg. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag H. Huber. 1993. S. 40-50
- Glaserfeld, E. von: Radikaler Konstruktivismus. Frankfurt: Suhrkamp. 1997
- Glaserfeld, E. von: Konstruktion der Wirklichkeit und des Begriffes der Objektivität. In: Einführung in den Konstruktivismus. 3. Aufl. München: Piper, 1997. S. 9-40
- Gleick, J.: Chaos - die Ordnung des Universums. München: Knauer. 1988
- Grams, T.: Denkfallen und Programmierfehler. Berlin, Heidelberg: Springer. 1990
- Grathoff, R.: Metaphorik und Apriori lebensweltlicher Forschung. In: Phänomenologie der Praxis. Kojima, H. (Hrsg.). Würzburg: Königshausen und Neumann. 1989. S. 53-72
- Grön, A.: Der Aufbruch zum Konkreten: Philosophie im 20. Jahrhundert. Hügli, A. (Hrsg.). 2. Aufl. Reinbeck: Rowohlt. 1994. S. 407-413
- Grön, A.: Maurice Merleau-Ponty: Wahrnehmung und Welt. In: Philosophie im 20. Jahrhundert. Hügli, A. (Hrsg.). 2. Aufl. Reinbeck: Rowohlt. 1994. S. 472-486
- Haken, H. und Wunderlin, A.: Die Selbststrukturierung der Materie. Braunschweig: Vieweg. 1991
- Hayward, J. W. und Varela, F. J. (Hrsg.): Gewagte Denkwege. München, Zürich: Piper. 1996
- Heidegger, M.: Phänomenologische Interpretation von Kants Kritik der reinen Vernunft. Görland, Intraud (Hrsg.). Frankfurt: Klostermann 1977
- Heidegger, M.: Gesamtausgabe. Bd. 2: Sein und Zeit. Frankfurt: Klostermann. 1977
- Heidegger, M.: Gesamtausgabe. Bd. 29/30: Die Grundbegriffe der Metaphysik. Frankfurt: Klostermann. 1983
- Herrmann, T.: Mentale Repräsentation: Mentale Repräsentationen. Engelkamp, J. (Hrsg.). Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag H. Huber. 1993. S. 17-30
- Herrmann, T. und Grabowski, J.: Sprechen. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Verlag. 1994
- Hickersberger, A.: Der Weg zur objektorientierten Software. Heidelberg: Hüthig. 1992
- Hoffmann, J.: Wird Wissen in Begriffen repräsentiert? In: Mentale Repräsentationen. Engelkamp, J. und Pechmann, T. (Hrsg.). Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag H. Huber. 1993. S. 81-92
- Horn, E. und Schubert, W.: Objektorientierte Software-Produktion. München, Wien: Hauser. 1993
- Humboldt, W. von: Schriften zur Sprache. Böhler, M. (Hrsg.). Stuttgart: Reclam. 1973
- Hügli, A. (Hrsg.): Philosophie im 20. Jahrhundert. 2. Aufl. Reinbeck: Rowohlt. 1994
- Hüholdt, J.: Wunderwelt des Lernens. 8. Aufl. Bochum: Verlag für Didaktik. 1993
- Husserl, E.: Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie. Schumann, Karl (Hrsg.). Band III/1, erstes Halbbuch. 3. Aufl. Den Haag: M.us Nijhoff. 1976
- Jacobsen, I.: Object-Oriented Software Engineering. 11. Aufl. Harlow (Engl.), Reading (Mass.)[u. a.]: Addison Wesley. 1998

- Jakobs, W. G.: Bewußtsein: Handbuch philosophischer Grundbegriffe. Krings, H. [u.a.] (Hrsg.). Bd. 1. München: Kösel Verlag. 1973. S. 232-246
- Janssen, P.: Phänomenologie. In: Historisches Wörterbuch der Philosophie. Bd. 7. Ritter, J. [u. a.] (Hrsg.). Basel, Stuttgart: Schwabe & Co. 1971. S. 498- 515
- James, M.: Principles of Object-Orientated Analysis and Design. Engelwood Cliffs (NY): Prentice Hall. 1993
- Johnson-Laird, P.: Der Computer im Kopf. 2. Aufl. München: dtv. 1996
- Jürgens, H. Peitgen, H. und Saupe, D.: Fraktale – eine neue Sprache für komplexe Strukturen. In: Chaos und Fraktale. Heidelberg: Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsgesellschaft. 1989. S. 106-118
- Kahrmann, K.-O.: Organisation ästhetischer Prozesse. [Masch.-schr.] Diss. Pädagogische Hochschule Flensburg. 1978
- Kant, I.: Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können. Malter, R. (Hrsg.). Stuttgart: Reclam. 1995
- Kant, I.: Kritik der reinen Vernunft. Toman, R. (Hrsg.). Köln: Könenmann. 1995
- Kant, I.: Was heißt sich im Denken orientieren? Weischedel, W. (Hrsg.). Bde. 12. Frankfurt: Suhrkamp. 1968. Bd. 1. S. 267-283
- Kant, I.: Logik. Weischedel, W. (Hrsg.). Bde. 12. Frankfurt: Suhrkamp. 1968. Bd. 4. S. 423-582
- Kant, I.: De mundi sensibilis. Weischedel, W. (Hrsg.). Bde. 12. Frankfurt: Suhrkamp. 1968. Bd. 1. S. 11-113
- Klaus, G.: Kybernetik und Erkenntnistheorie. Berlin: VEB Verlag der Wissenschaften. 1972
- Klaus, G. und Liebscher, H.: Systeme, Information, Strategien. Berlin: VEB Verlag Technik Berlin. 1974
- Klaus, G. und Liebscher, H.: Wörterbuch der Kybernetik. 4. Aufl. Berlin: Dietz. 1976
- Klee, P. : Pädagogisches Skizzenbuch. Mainz: Florian Kupferberg Verlag. 1965 Nachdruck von 1925
- Klix, F.: Information und Verhalten. Stuttgart, Wien: Verlag H. Huber Bern. 1971
- Klösch, R. und Gall, H.: Objektorientiertes Reverse Engineering. Berlin, Heidelberg, New York: Springer. 1995
- Kluwe, R. H. und Haider, H.: Modelle zur internen Repräsentation komplexer technischer Systeme. In: Mentale Repräsentationen. Engelkamp, J. (Hrsg.). Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag H. Huber. 1993, S. 127-146
- Kojima, H. (Hrsg.): Phänomenologie der Praxis. Würzburg: Königshausen und Neumann. 1989
- Krings, H. [u. a.] (Hrsg.): Handbuch philosophischer Grundbegriffe. 6 Bde. München: Kösel Verlag. 1973
- Krings, H.: Denken. In: Handbuch philosophischer Grundbegriffe. Krings, H. [u.a.] (Hrsg.). Bd. 1. München: Kösel, 1973. S. 275- 288
- Krüger, G.: Go to Java 2. Bonn: Addison-Wesley-Longman. 1999
- Kuhn, T.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. 10. Aufl. Frankfurt: Suhrkamp. 1989
- Küpfmüller, K.: Einführung in die theoretische Elektrotechnik. 6. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer. 1959
- Landa, L. N.: Algorithmierung im Unterricht. Berlin: Volk und Wissen. 1969
- Lang, E.: Zur Geschichte des Wortes Kybernetik: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Beiheft zu Band 9. Quickborn: Schnelle. 1968
- Lehmann, M. M. und Belady, L. A.: Programm Evolution. London [u. a.]: Academic Press. 1985
- Lehnert, U.: Der EDV-Trainer. 4. ergänzte Aufl. München, Wien: Oldenbourg. 1997

- Lehrl, S.: und Fischer, B.: Der maximale zentrale Informationszufluß bei Kupfmüller und Frank. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft Heft 4, Bd. 26. Tübingen. 1985. S. 147-153
- Lehmann, M. M. und Belady, L. A.: Programm Evolution. London [u. a.]: Academic Press. 1985
- Lobin, G. [u. a.] ( Hrsg.): Europäische Kommunikationskybernetik. München: KoPäd. 1998
- Longo, G. O.: Technologie und Erkenntnis. In: Die Natur ist unser Modell von ihr. Braitenburg V. und Hosp, I. (Hrsg.). Hamburg: Rowohlt. 1996. S. 187-207
- Luft, A.: NeuroTutor. CD-ROM Version 1.0. Tübingen: Thieme 1994
- Maar, C., Pöppel, E. und Christaller, T. [Hrsg.]: Die Technik auf dem Weg zur Seele. Hamburg: Rowohlt. 1996
- Mainzer, K.: Computer - Neue Flügel des Geistes. Berlin, New York: Walter de Gruyter. 1995
- Malter, R.: Abstrakt. In: Handbuch philosophischer Grundbegriffe. Krings, H. (Hrsg.). Bd. 1. München: Kösel Verlag. 1973. S. 20- 28
- Mangold-Allwin, R.: Flexible Konzepte. Frankfurt a. M.: Verlag P. Lang. 1993
- Markowitsch, H. J.: Neuropsychologie des Gedächtnisses. Göttingen, Toronto, Zürich: Hogrefe. 1992
- Martin, James: Principles of Object-Orientated Analysis and Design. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1993
- Marx, W.: Die Phänomenologie Edmund Husserls. München: Fink. 1987
- Maturana, H. und Varela, F. J.: Der Baum der Erkenntnis. München: Goldmann. 1987
- Meder, B. S. und Schmid, W. F. (Hrsg.): Kybernetische Pädagogik – Schriften 1952-1972. 5 Bde. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer. 1973
- Merleau-Ponty, M.: Phänomenologisch-psychologische Forschung. Bd. 7: Phänomenologie der Wahrnehmung. Graumann, C. F. und Linschoten, J. (Hrsg.). Berlin: DeGruyter. 1966
- Metzinger, T.: Subjekt und Selbstmodell. Paderborn, München, Wien, Zürich: Schöningh, 1993
- Meyer, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung. München, Wien: Prentice Hall. 1990
- Minsky, M. [Hrsg.]: Semantic Information Processing. Cambridge [Mass.], London: MIT Press. 1968
- Miller, G.: The magical Number Seven, plus or minus Two: Psychological Review 63. 1956. S. 81-87
- Mittelstraß, J. (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. 3 Bde. Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut. 1984
- Mittendorfer, J.: Einführung in Objektorientierte Programmierung mit TurboPascal 6.0. Bonn, München, Reading. (Mass.) [u.a.]: Addison Wesley. 1991
- Neisser, U.: Kognition und Wirklichkeit. Stuttgart: Klett-Cotta. 1979
- Niemann, H. und Bunke, H.: Künstliche Intelligenz in der Bild- und Sprachanalyse. Stuttgart: Teubner. 1987
- Neumann, H. A.: Objektorientierte Entwicklung von Softwaresystemen. Bonn, Paris, Reading (Mass.) [u.a.]: Addison-Wesley. 1995
- Nygaard, K.: Basic Concepts in Object-Orientated Programming. ACM Sigplan notices vol. 21(10), 1986. S. 128-142
- Oehler, K.: Einleitung. In: Aristoteles: Kategorien. Flashar, H. (Hrsg.). Berlin: Akademie Verlag Berlin. 1984
- Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung - Analyse und Design mit der Unified method language. 2. aktualisierte Aufl. München, Wien: Oldenbourg. 1997
- OWIS Software: OTW 2. CD-ROM. 1997

- Pagel, B.: Software Engineering: Die Phasen der Software-Entwicklung. Bonn, Paris, Reading (Mass.) [u.a.]: Addison-Wesley. 1994
- Parnas, D.: On the Criteria to be used in Decomposing Systems into Modules. In: Communications ACM, 15 (2), 1053-1058
- Paulisch, F.: Objektorientierung – die menschliche Perspektive. In: Objektspektrum 1/97, S. 24
- Pietschmann, H.: Phänomenologie der Naturwissenschaften. Berlin; Heidelberg; New York [u. a.]: Springer. 1996
- Planck, M.: Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft. Krafft, F. (Hrsg.). München: Kindler. 1971
- Platon: Sämtliche Werke. Grassi, E. (Hrsg.). 5 Bde. Hamburg: Rowohlt. 1957
- Platon: Platons Staat. Apelt, O. (Hrsg.). 5. Aufl. Leipzig: Felix Meiner. 1920
- Pöppel, E.: Radikale Syntopie an der Schnittstelle von Gehirn und Computer. In: Die Technik auf dem Weg zur Seele. Maar, C., Pöppel, E. und Christaller, T. [Hrsg.] Hamburg: Rowohlt. 1996. S. 12-29
- Popper, Karl R. und Eccles, J. C.: Das Ich und sein Gehirn. München: Piper. 1982
- Quillian, R. M.: Semantic Memory. In: Semantic Information Processing. Minsky, M. [Hrsg.]. Cambridge [Mass.], London: MIT Press. 1968. S. 216-270
- Quibeldey-Cirkel, K.: Das Objektparadigma in der Informatik. Stuttgart: Teubner. 1994
- Pressman, R. S.: Software Engineering. 2. Aufl. New York [u. a.]: McGraw-Hill. 1987
- Raasch, J.: Systementwicklung mit Strukturierten Methoden. 3. Aufl. München, Wien: Springer. 1993
- Radermacher, F. J.: Kreativität. In: Forschung & Lehre 10, 1995, S. 545-550. Siehe auch: [http://www.faw.uniulm.de/deutsch/Literatur/Radermacher/kreat\\_4.html](http://www.faw.uniulm.de/deutsch/Literatur/Radermacher/kreat_4.html). 11.08.1997
- Rational Software Productions: Visual Modeling. CD-ROM 1997
- Rational Rose: Product Information Rational Rose 98i. <http://www.rational.com/products/rose/....> Ausdruck vom 21.07.1999
- Rational Rose: Product Information, Changes and New. <http://www.rational.com/products/rose/....> Ausdruck vom 21.07.1999
- Reichling, B. und Keichel, S.: Werkzeugunterstützte Modellierung in einem professionellen Projekt. In: OBJEKTSpektrum, 2/97. S. 78-84
- Ritter, J. (Hrsg.): Historisches Wörterbuch der Philosophie. 9 Bde. Stuttgart: Schwabe & Co. 1971
- Rojas, P.: Theorie der neuronalen Netzwerke. Berlin, Heidelberg. New York: Springer. 1993
- Rosch, E.: Kognitionspsychologie. In: Gewagte Denkwege. Hayward J. W. und Varela, F. J. (Hrsg.). München, Zürich: Piper. 1996. S. 119-151
- Roth, G.: Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Frankfurt: Suhrkamp. 1994
- Roth, G.: Die Bedeutung der Hirnforschung. In: Die Natur und unser Modell von ihr. Braitenburg, V. und Hosp, I. (Hrsg.). Reinbek: Rowohlt. 1996. S. 87-109
- Rubin K. and Goldberg, A.: Object Behavior Analysis. In: Communications of the ACM 1992 Vol. 35(9). S. 48-62
- Rumbaugh, J. [u. a.]: Object-Orientated Modeling and Design. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1991
- Schach, Stephen R.: Classical an Object-Orientated Software Engineering. 3. Aufl. Chicago [u. a.]: Irwin. 1996
- Schäfer, S.: Objektorientierte Entwurfsmethoden. Bonn, Paris, Reading (Mass.) [u.a.]: Addison-Wesley. 1994
- Schade, U.: Konnektionismus. Opladen: Westdt. Verlag. 1992

- Schader, M. und Rundshagen, M.: Objektorientierte Systemanalyse. Heidelberg: Springer. 1994
- Schickert, K.: Die Form der Widerlegung beim frühen Aristoteles. München: Beck. 1977
- Schmid, U. und Kindsmüller, M. C.: Kognitive Modellierung. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akad. Verlag. 1996
- Schmid, U.: Objektorientierte Softwareentwicklung OOA-OOD-OOP. Erschienen 1996 für die VHS Stuttgart
- Schmid, W. F.: Zum Stellenwert der Kybernetik in der Lehrer-Ausbildung. In: Grundlagen aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Bd. 15. 1974. S. 97-102
- Schmid, W. F.: Sprachkybernetische Textanalyse. Köln. 1975
- Schmid, W. F. und Höfling, H.: Technik zur Intelligenzsteigerung. Stuttgart, Bad Cannstatt: Frommann Holzboog. 1979
- Schmid, W. F.: Technik des Lernens. Stuttgart, Bad Cannstatt: Frommann Holzboog. 1980
- Schmid, W. F.: Basic Instinct. Weinheim: Beltz. 1994
- Schmid, W. F.: Mutmaßungen über ein Ereignis, das noch nicht stattgefunden hat: die Kybernetische Pädagogik in Deutschland. In: Europäische Kommunikationskybernetik. Lobin, G. [u. a.] (Hrsg.). München: KoPäd, 1998. S. 85-90
- Schmidt, H.: Der Mensch in der technischen Welt: Die anthropomorphe Bedeutung der Kybernetik. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Beiheft zu Band 6. Hamburg: Schnelle. 1965. S. 35-46
- Schmidt, H.: Regelungstechnik: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. Beiheft zu Band 6. Hamburg: Schnelle. 1965. S. 21-35
- Schmidt, R. F.: Neuro- und Sinnesphysiologie. Berlin: Springer. 1998
- Schnelle, H.: Die Natur der Sprache. Berlin, New York: DeGruyter. 1991
- Schnelle, H.: Sprache und Gehirn: Spektrum der Wissenschaft 4. 1994. S. 1- 16
- Schopenhauer, A.: Gesamtausgabe. Bd. 7: Über die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grund. Leipzig: Brockhaus. 1941
- Schröter, K.: Ein allgemeiner Kalkülbegriff, in: Forschungen zur Logik und zu Grundlagen der exakten Wissenschaft, Heft 6. Leipzig. 1941
- Seel, N. M.: Weltwissen und mentale Modelle. Göttingen, Toronto, Zürich: Hogrefe. 1991
- Shlaer, S. und Mellor, S. J.: Objektorientierte Systemanalyse. München, Wien. 1996
- Simon, H. A.: Die Wissenschaft vom Künstlichen. (übersetzt von Wiener, O.) 2. Aufl. Berlin: Springer Verlag. 1994
- Sommerville, I.: Software Engineering. 3. Aufl. Wokingham (Engl.), Reading (Mass.): Addison-Wesley. 1989
- Sowa, J. F.: Conceptual Structures. Bonn, Paris, Reading (Mass.) [u.a.]: Addison-Wesley, 1984
- Spitzer, M.: Ein Gehirn - Two Minds: Psychatrie des linken und rechten Gehirns. Oepen, G. (Hrsg.). Köln: 1988, S. 243-247
- Springer, Sally: Linkes- rechtes Gehirn. 3. Aufl. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akad. Verlag, 1995
- Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Wien, New York: Springer. 1973
- Steinbuch, K.: Automat und Mensch. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer. 1965
- Stein, W.: Objektorientierte Analysemethoden. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Bi.-Wiss. Verlag. 1994
- Stevens, J. O.: Die Kunst der Wahrnehmung. 9. Aufl. München: Piper. 1975

- Störig, H.-J.: Kleine Geschichte der Philosophie. 16. Aufl. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer. 1993
- Tack, W. H.: Repräsentation menschlichen Wissens. In: Das Gedächtnis. Dörner, D. (Hrsg.). Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe. 1995. S. 53-74
- Varela, F. J. [u. a.]: Der Mittlere Weg der Erkenntnis. Bern, München, Berlin: Scherz. 1992
- Vetter, M.: Informationssysteme in der Unternehmung. Stuttgart: Teubner. 1990
- Völz, H.: Grundlagen der Information. Berlin: Akademie Verlag. 1991
- Volkman-Schluck, K.-H.: Einführung in das philosophische Denken. 4. Aufl. Frankfurt: Klostermann. 1989
- Wadenfels, B.: Einführung in die Phänomenologie. München: Fink. 1992
- Wagner, H.: Begriff. In: Handbuch philosophischer Grundbegriffe. Krings, H. (Hrsg.). Bd. 1. München: Kösel. 1973. S. 191-209
- Watzlawick, P.: Die erfundene Wirklichkeit. 9. Aufl. München: Piper. 1997
- Weisberg, R. W.: Kreativität und Begabung. Heidelberg: Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsgesellschaft. 1989
- Weiszäcker, Carl Friedrich von: Voraussetzungen des naturwissenschaftlichen Denkens. München: Herderbücherei. 1971
- Weltner, K.: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft. Quickborn: Schnelle. 1970
- Weltner, K.: Vorwort. In: Europäische Kommunikationskybernetik heute und morgen. Lobin G. [u. a.] (Hrsg.). München: KoPäd. 1998. S. XI
- Wessells, M.G.: Kognitive Psychologie. 3. überarb. Aufl. München, Basel: Reinhardt. 1994
- Wiener, N.: Cybernetics. Cambridge (Mass.) 1948. Deutsch: Kybernetik. Düsseldorf, Wien: Econ. 1963
- Wiener, N.: Mensch und Menschmaschine. 3. Aufl. Frankfurt; Bonn: Athenäum, 1966
- Winston, Patrick H.: Künstliche Intelligenz. Bonn; Reading (Mass.) [u.a.]: Addison Wesley. 1987
- Wirfs-Brock, R. Wilkerson, B. und Wiener, L.: Designing Object-Orientated Software. Englewood Cliffs (NJ): Prentice Hall. 1990
- WITHCLASS 25, von Felsing, R. C., RCF Associates 1995
- Wittgenstein, L.: Tractatus logico-philosophicus. Frankfurt: Suhrkamp. 1960
- Yourdon, E. N. (Hrsg.): Classics in Software Engineering. New York, NY: Yourdon Press. 1979
- Yourdon, E. N.: Object-Orientated Analysis and Design. Englewood Cliffs (NJ). Prentice Hall. 1994
- Yourdon, E. [u.a.]: Mainstream objects: an analysis and design approach for buisness. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall. 1995
- Zamir, S.: Handbook of Object Techonolgy. Boca Raton [u. a.]: RC. Press. 1999
- Zemanek, H.: Das geistige Umfeld der Informationstechnik. Berlin, Heidelberg, New York [u. a.]: Springer. 1992
- Zerbe, K.: Bauplan für Objekte. In: c't 21/99. S. 338- 355

# Bildverzeichnis

## 1. Kybernetische Grundlagen

|   |    |
|---|----|
| Bild 1.1: Kybernetische Instanzen                             | 13 |
| Bild 1.2: Schematischer Regelkreis                            | 18 |
| Bild 1.3: Kybernetik zwischen Technik und Geisteswissenschaft | 24 |
| Bild 1.4: Der Weg zur Objektivierung                          | 37 |

## 2. Objektorientierung- Paradigmenwechsel in der Informatik

|   |    |
|---|----|
| Bild 2.1: Softwarelebenszyklus oder Wasserfallmodell                        | 49 |
| Bild 2.2: Modellrepräsentationen in SA/SD                                   | 50 |
| Bild 2.3: Grundbegriffe und Prinzipien objektorientierter Systementwicklung | 55 |
| Bild 2.5: Objekt  | 59 |
| Bild 2.5: Vererbung   | 67 |
| Bild 2.6: Entwicklungsprozess nach P. Coad und N. Jill                      | 70 |
| Bild 2.8: Makroentwicklungsprozeß   | 72 |
| Bild 2.9: Modelle objektorientierter Analyse und Designs                    | 74 |
| Bild 2.10: Use Case Diagramm Studentensekretariat                           | 76 |
| Bild 2.11: Verbindungen zwischen Klassen                                    | 78 |
| Bild 2.12: Sequenzdiagramm: Aufrufen von Studentendaten                     | 80 |
| Bild 2.13: Zustandsdiagramm Suchen-und-Darstellen-eines Datensatzes         | 81 |
| Bild 2.14: Kollaborationsdiagramm Ausdruck-Datensatz-Student                | 82 |

## 3. UML-Modellierung eines virtuellen Haustieres

|  |     |
|--|-----|
| Bild 3.1: Rational Rose Modelor 4.0 Oberfläche       | 89  |
| Bild: 3.2 Luna                                       | 90  |
| Bild 3.3: Vereinfachter Regelkreis Bediener- Lunatic | 94  |
| Bild 3.4: Regelkreis Bediener- Lunatic               | 94  |
| Bild 3.5: Use-Case-Modell Lunatic                    | 96  |
| Bild 3.6: Kollaborationsdiagramm Starten Uhr         | 99  |
| Bild 3.7: Zustandsdiagramm Uhr starten               | 100 |
| Bild 3.8: Sequenzdiagramm Uhr                        | 101 |
| Bild 3.9: Sequenzdiagramm Alter                      | 102 |
| Bild 3.10: Sequenzdiagramm Fütterung                 | 104 |
| Bild 3.11: Kollaborationsdiagramm Stimmung           | 105 |

|  |     |
|--|-----|
| Bild 3.12: Sequenzdiagramm Sauberkeit        | 106 |
| Bild 3.13: Sequenzdiagramm Krankheit         | 107 |
| Bild 3.14: Sequenzdiagramm Disziplin         | 108 |
| Bild 3.15: Sequenzdiagramm Spiel             | 109 |
| Bild 3.16: Zustandsdiagramm Schlafen         | 110 |
| Bild 3.17: Sequenzdiagramm Schlafen          | 111 |
| Bild 3.18: Kollaborationsdiagramm Typ bilden | 112 |
| Bild 3.19: Klassenmodell 1                   | 114 |
| Bild 3.20: Klassendiagramm Uhr               | 115 |
| Bild 3.21: Klassenmodell Speicher            | 117 |

#### **4. Objektorientierung - ein natürliches Abbildungsverfahren**

|  |     |
|--|-----|
| Bild 4.1: „Organogramm für den Informationswechsel im Menschen“                                | 128 |
| Bild 4.2: Verarbeitungsebenen-Modell   | 132 |
| Bild 4.3: Semantisches Netz  | 137 |
| Bild 4.4: „Ein Affe ißt eine Walnuß mit einem Löffel, der aus einer Walnußschale gemacht ist.“ | 140 |

#### **5. Objekte als Werkzeuge des Denkens**

|  |     |
|--|-----|
| Bild 5.1: Von der Möglichkeit zur Wirklichkeit | 158 |
| Bild 5.2: Ästhetische Kräfte                   | 160 |
| Bild 5.3: Logische Kräfte                      | 162 |
| Bild 5.4: Kategorientabelle nach W. F. Schmid  | 166 |
| Bild 5.5: hierarchische Struktur               | 173 |

## Anhang: Lunatic Java-Quellcode

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| Zeit:        | 0 | Start     |
| Alter:       | 0 | Spiel     |
| Toast:       | 0 | Toast     |
| Suessigkeit: | 0 | Süßigkeit |
| Sauberkeit:  | 0 | Spülen    |
| Krankheit:   | 0 | Medizin   |
| Gewicht:     | 0 | Erziehung |
| Stimmung:    | 0 |           |
| Alarm:       | 0 |           |

Bild: Oberfläche von Lunatic

```

public class Lunatic
{
    public static void main(String[] args)
    {
        Uhr uhr = new Uhr();
    }
}

```

---

```

import java.util.Vector;
import javax.swing.JOptionPane;

```

```

public class Alarm extends Speicher
implements Runnable
{
    boolean aktiv;
    Vector alarmtext;

    public Alarm(Uhr uhr)
    {
        super(uhr);
        this.aktiv = false;
        this.alarmtext = new Vector();
    }

    public void weiter()
    {
        super.zunehmen();
    }

    public void schlagen(Object quelle, String string)
    {
        if (quelle.getClass().getName().equals("Hundefutter"))
        {
            this.uhr.liefereDisziplin().feststellen();
        }
        this.alarmtext.addElement(string);
        this.weiter();
        if (!this.aktiv)
        {
            new Thread(this).start();
        }
    }

    public void run()
    {
        while (this.alarmtext.size() != 0)
        {
            if (!this.aktiv)
            {
                this.abarbeiten();
            }
        }
    }
}

```

```

    }

    public void abarbeiten()
    {
        this.aktiv = true;
        if (this.alarmtext.size() != 0)
        {
            JOptionPane.showMessageDialog(this.uhr.liefereGui(), ((String)
this.alarmtext.firstElement()), "Alarm", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
            this.alarmtext.removeElementAt(0);
        }
        this.aktiv = false;
        if (this.alarmtext.size() != 0)
        {
            this.abarbeiten();
        }
    }

    public void ende()
    {
        this.alarmtext = new Vector();
        if (this.aktiv)
        {
            this.alarmtext.addElement("Tja, das war es:\nLunatic ist tot.");
        }
        this.alarmtext.addElement("Tja, das war es:\nLunatic ist tot.");
        if (!this.aktiv)
        {
            new Thread(this).start();
        }
    }
}

```

---

```

public class Alter
{
    int wert;
    Uhr uhr;

    public Alter(Uhr uhr)
    {
        this.wert = 0;
        this.uhr = uhr;
    }

    public void geburtstag()
    {
        this.wert++;

        if (this.abfragen() == 3)
        {
            if (this.uhr.liefereStimmung().abfragen() > 2)
            {
                this.uhr.liefereTyp().setzen(3);
            }
            else
            {

```

```

        this.uhr.liefereTyp().setzen(4);
    }
}

if (this.abfragen() == 6)
{
    if (this.uhr.liefereAlarm().abfragen() < 3)
    {
        this.uhr.liefereTyp().setzen(5);
    }
    else if (this.uhr.liefereAlarm().abfragen() > 5)
    {
        this.uhr.liefereTyp().setzen(6);
    }
    else
    {
        this.uhr.liefereTyp().setzen(7);
    }
}

if (this.abfragen() == 9)
{
    if (this.uhr.liefereAlarm().abfragen() > 2)
    {
        this.uhr.liefereTyp().setzen(8);
    }
    else
    {
        if (this.uhr.liefereStimmung().abfragen() < 2)
        {
            this.uhr.liefereTyp().setzen(9);
        }
        else
        {
            this.uhr.liefereTyp().setzen(10);
        }
    }
}

if ((this.uhr.liefereTyp().abfragen() == 6) || (this.uhr.liefereTyp().abfragen() == 7))
{
    this.uhr.stoppen();
}

if ((this.abfragen() == 17) && (this.uhr.liefereTyp().abfragen() == 9))
{
    this.uhr.stoppen();
}

if (this.abfragen() == 18)
{
    this.uhr.liefereTyp().setzen(11);
}

if ((this.abfragen() == 22) && (this.uhr.liefereTyp().abfragen() == 8))
{
    this.uhr.stoppen();
}

if (this.abfragen() == 56)
{
    this.uhr.stoppen();
}

```

```

        }
    }

    public int abfragen()
    {
        return this.wert;
    }

    public void geburtstag1()
    {
        this.wert++;
    }
}

```

---

```

import java.awt.*;
import javax.swing.*;
import javax.swing.border.*;

```

```

public class Anzeige extends JPanel
{
    JLabel labelString;
    JLabel labelWert;
    String string;
    int wert;

    public Anzeige(String string, int wert)
    {
        super(new GridLayout(1, 2));
        GridBagConstraints c = new GridBagConstraints();

        this.string = string;
        this.labelString = new JLabel(this.string);
        add(this.labelString);

        this.wert = wert;
        this.labelWert = new JLabel(new Integer(this.wert).toString());
        add(this.labelWert);
    }

    public void setzen(int wert)
    {
        this.wert = wert;
        this.labelWert.setText(new Integer(this.wert).toString());
    }

    public void setzen(String string)
    {
        this.labelWert.setText(string);
    }

    public int abfragen()
    {
        return this.wert;
    }
}

```

```

    }

    public void weiter()
    {
        this.wert++;
        this.labelWert.setText(new Integer(this.wert).toString());
    }
}

```

---

```
import java.util.Random;
```

```

public class Disziplin extends Speicher
{
    Random random = new Random();

    public Disziplin(Uhr uhr)
    {
        super(uhr, 0);
    }

    public void feststellen()
    {
        int randomWert = (random.nextInt()%5+1);

        if (randomWert == 2)
        {
            super.setzen(1);
            this.uhr.liefereStimmung().sinkt();
        }
    }

    public boolean istDiszipliniert()
    {
        return (this.abfragen() == 0);
    }

    public void disziplinieren()
    {
        super.setzen(0);
    }
}

```

---

```

public class Gewicht extends Speicher
{
    public Gewicht(Uhr uhr)
    {
        super(uhr, 5);
    }

    public void mehr()

```

```

    {
        super.zunehmen(65);
    }

    public void weniger()
    {
        super.abnehmen(5);
    }
}

```

---

```

import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import javax.swing.*;

```

```

public class Gui extends JFrame
implements ActionListener
{
    Uhr uhr;
    Anzeige anzeigeZeit = new Anzeige("Zeit:", 0);
    Anzeige anzeigeAlter = new Anzeige("Alter:", 0);
    Anzeige anzeigeHundefutter = new Anzeige("Hundefutter:", 0);
    Anzeige anzeigeSuessigkeit = new Anzeige("Suessigkeit:", 0);
    Anzeige anzeigeSauberkeit = new Anzeige("Sauberkeit:", 0);
    Anzeige anzeigeKrankheit = new Anzeige("Krankheit:", 0);
    Anzeige anzeigeGewicht = new Anzeige("Gewicht:", 0);
    Anzeige anzeigeStimmung = new Anzeige("Stimmung:", 0);
    Anzeige anzeigeAlarm = new Anzeige("Alarm:", 0);
    JButton knopfStart = new JButton("Start");
    JButton knopfSpiel = new JButton("Spiel");
    JButton knopfHundefutter = new JButton("Hundefutter");
    JButton knopfSuessigkeit = new JButton("Süßigkeit");
    JButton knopfSpuelen = new JButton("Säubern");
    JButton knopfMedizin = new JButton("Medizin");
    JButton knopfErziehung = new JButton("Erziehung");
    JLabel anzeigeTyp = new JLabel();
    JLabel anzeigeText = new JLabel();
    JPanel panelAnzeige = new JPanel(new GridLayout(9, 1));
    JPanel panelKnoepfe = new JPanel(new GridLayout(9, 1));
    Spiel spiel;

    public Gui(Uhr uhr)
    {
        super("Lunatic");
        setDefaultCloseOperation(DO_NOTHING_ON_CLOSE);
        this.uhr = uhr;

        this.panelAnzeige.add(this.anzeigeZeit);
        this.panelAnzeige.add(this.anzeigeAlter);
        this.panelAnzeige.add(this.anzeigeHundefutter);
        this.panelAnzeige.add(this.anzeigeSuessigkeit);
        this.panelAnzeige.add(this.anzeigeSauberkeit);
        this.panelAnzeige.add(this.anzeigeKrankheit);
        this.panelAnzeige.add(this.anzeigeGewicht);
        this.panelAnzeige.add(this.anzeigeStimmung);
        this.panelAnzeige.add(this.anzeigeAlarm);

        this.panelKnoepfe.add(this.knopfStart);
    }
}

```

```

this.panelKnoepfe.add(this.knopfSpiel);
this.panelKnoepfe.add(this.knopfHundefutter);
this.panelKnoepfe.add(this.knopfSuessigkeit);
this.panelKnoepfe.add(this.knopfSpuelen);
this.panelKnoepfe.add(this.knopfMedizin);
this.panelKnoepfe.add(this.knopfErziehung);
this.panelKnoepfe.add(this.anzeigeTyp);
this.panelKnoepfe.add(this.anzeigeText);

getContentPane().setLayout(new GridLayout(1, 2));
getContentPane().add(this.panelAnzeige);
getContentPane().add(this.panelKnoepfe);

this.knopfStart.addActionListener(this);
this.knopfSpiel.addActionListener(this);
this.knopfHundefutter.addActionListener(this);
this.knopfSuessigkeit.addActionListener(this);
this.knopfSpuelen.addActionListener(this);
this.knopfMedizin.addActionListener(this);
this.knopfErziehung.addActionListener(this);

this.knopfSpiel.setEnabled(false);
this.knopfHundefutter.setEnabled(false);
this.knopfSuessigkeit.setEnabled(false);
this.knopfSpuelen.setEnabled(false);
this.knopfMedizin.setEnabled(false);
this.knopfErziehung.setEnabled(false);

setLocation(10, 10);
setSize(500, 500);
setVisible(true);
}

public void aktualisieren()
{
    StringBuffer stringbuffer = new StringBuffer();
    stringbuffer.append((new Integer(this.uhr.liefereStunde().abfragen())).toString());
    if (stringbuffer.length() < 2)
        stringbuffer.insert(0, '0');
    stringbuffer.append(":");
    stringbuffer.append((new Integer(this.uhr.liefereMinute().abfragen())).toString());
    if (stringbuffer.length() < 5)
        stringbuffer.insert(3, '0');
    this.anzeigeZeit.setzen(stringbuffer.toString());
    this.anzeigeAlter.setzen(this.uhr.liefereAlter().abfragen());
    this.anzeigeHundefutter.setzen(this.uhr.liefereHundefutter().abfragen());
    this.anzeigeSuessigkeit.setzen(this.uhr.liefereSuessigkeit().abfragen());
    this.anzeigeSauberkeit.setzen(this.uhr.liefereSauberkeit().abfragen());
    this.anzeigeKrankheit.setzen(this.uhr.liefereKrankheit().zaehlerAbfragen());
    this.anzeigeGewicht.setzen(this.uhr.liefereGewicht().abfragen());
    this.anzeigeStimmung.setzen(this.uhr.liefereStimmung().abfragen());
    this.anzeigeAlarm.setzen(this.uhr.liefereAlarm().abfragen());
    this.anzeigeTyp.setText("Ich bin ein " + this.uhr.liefereTyp().liefereNamen());

    if (!this.uhr.liefereDisziplin().istDiszipliniert())
    {
        this.knopfErziehung.setEnabled(true);
        this.knopfErziehung.requestFocus();
        this.knopfHundefutter.setEnabled(false);
    }
}

```

```

        this.knopfSuessigkeit.setEnabled(false);
        this.knopfSpiel.setEnabled(false);
    }
    else
    {
        this.knopfErziehung.setEnabled(false);
        this.knopfHundefutter.setEnabled(true);
        if (this.uhr.liefereSauberkeit().istSauber())
        {
            this.knopfHundefutter.requestFocus();
        }
        this.knopfSuessigkeit.setEnabled(true);
        this.knopfSpiel.setEnabled(true);
    }

    this.knopfSpuelen.setEnabled(!this.uhr.liefereSauberkeit().istSauber());
    if (!this.uhr.liefereSauberkeit().istSauber())
    {
        this.knopfSpuelen.requestFocus();
    }

    if (this.uhr.liefereKrankheit().abfragen() != 0)
    {
        this.anzeigeText.setText("Ich bin " + this.uhr.liefereKrankheit().liefereNamen());
        if (this.uhr.liefereSauberkeit().istSauber())
        {
            this.knopfMedizin.setText("Medizin");
            this.knopfMedizin.setEnabled(true);
            this.knopfMedizin.requestFocus();
        }
        else
        {
            this.knopfMedizin.setText("...erst Säubern");
            this.knopfMedizin.setEnabled(false);
        }
    }

    }
    else
    {
        if (this.uhr.istSchlaf())
        {
            this.anzeigeText.setText("Ich schlafe.");
        }
        else
        {
            this.anzeigeText.setText("");
        }
    }
}

public void actionPerformed(ActionEvent e)
{
    Object source = e.getSource();
    if (source == this.knopfStart)
    {
        if (((this.uhr.liefereMinute().abfragen() + this.uhr.liefereStunde().abfragen() +
this.uhr.liefereAlter().abfragen()) == 0)
        {
            this.start();
        }
    }
}

```

```

        }
        else
        {
            this.schliessen();
        }
    }
    else if (source == this.knopfSpiel) this.spiel();
    else if (source == this.knopfHundefutter) this.fuetternHundefutter();
    else if (source == this.knopfSuessigkeit) this.fuetternSuessigkeit();
    else if (source == this.knopfSpuelen) this.spuelen();
    else if (source == this.knopfMedizin) this.pflegen();
    else if (source == this.knopfErziehung) this.uhr.liefereDisziplin().disziplinieren();
}

public void start()
{
    this.knopfHundefutter.requestFocus();
    this.knopfStart.setEnabled(false);
    this.knopfSpiel.setEnabled(true);
    this.knopfHundefutter.setEnabled(true);
    this.knopfSuessigkeit.setEnabled(true);
    this.aktualisieren();
    this.uhr.start();
    this.uhr.liefereAlarm().schlagen(new Hundefutter(null), "Ich habe Hunger!\nGib mir
Hundefutter.");
}

public void ende()
{
    this.uhr.liefereSchlafen().schliessen();
    this.aktualisieren();
    this.knopfStart.setText("Schliessen");
    this.knopfStart.setEnabled(true);
    this.knopfStart.requestFocus();
    this.knopfSpiel.setEnabled(false);
    this.knopfHundefutter.setEnabled(false);
    this.knopfSuessigkeit.setEnabled(false);
    this.knopfSpuelen.setEnabled(false);
    this.knopfMedizin.setEnabled(false);
    this.knopfErziehung.setEnabled(false);
}

public void schliessen()
{
    System.exit(0);
}

public void spiel()
{
    this.spiel = new Spiel(this.uhr, this);
    this.aktualisieren();
}

public void fuetternHundefutter()
{

```

```

        this.uhr.liefereHundefutter().bekommen();
        this.aktualisieren();
    }

    public void fuetternSuessigkeit()
    {
        this.uhr.liefereSuessigkeit().bekommen();
        this.aktualisieren();
    }

    public void spielen()
    {
        this.uhr.liefereSauberkeit().saeubern();
        this.knopfSpuelen.setEnabled(false);
        this.aktualisieren();
    }

    public void pflegen()
    {
        this.uhr.liefereKrankheit().besser();
        this.knopfMedizin.setEnabled(this.uhr.liefereKrankheit().abfragen() != 0);
        this.anzeigeText.setText("");
    }
}

```

---

```

public class Krankheit extends Speicher
{
    int zaehler;
    private String[] namen = {"krank!", "totkrank!", "gestorben. ;-(");

    public Krankheit(Uhr uhr)
    {
        super(uhr, 0);
        this.zaehler = 0;
    }

    public void besser()
    {
        super.abnehmen();
    }

    public void schlimmer()
    {
        super.zunehmen(3);

        if (super.abfragen() > 1)
        {
            this.uhr.liefereAlarm().schlagen(this, "Ich bin totkrank!\nBitte rette mich.");
            this.zaehlerWeiter();
        }
    }
}

```

```

public void zaehlerWeiter()
{
    this.zaehler++;
}

public int zaehlerAbfragen()
{
    return this.zaehler;
}

public String liefereNamen()
{
    if ((this.abfragen() > 0) && (this.abfragen() <4))
    {
        return namen[this.abfragen()-1];
    }
    else
    {
        return "";
    }
}
}

```

---

```

public class Minute
{
    int wert;
    Uhr uhr;

    public Minute(Uhr uhr)
    {
        this.wert = 0;
        this.uhr = uhr;
    }

    public void weiter()
    {
        this.wert++;
        if (this.abfragen() > 59)
        {
            this.wert = 0;
            this.uhr.liefereStunde().weiter();
        }

        if ((this.abfragen() == 5) && (this.uhr.liefereStunde().abfragen() == 0) &&
(this.uhr.liefereAlter().abfragen() == 0))
        {
            this.uhr.liefereTyp().setzen(1);
            this.uhr.liefereAlter().geburtstag1();
        }

        if (((this.abfragen() % 30) == 0) && (!this.uhr.istSchlaf()))
        {
            this.uhr.liefereHundefutter().essen();
        }
    }
}

```

```

        this.uhr.liefereSuessigkeit().essen();
        this.uhr.liefereStimmung().sinkt();
        this.uhr.liefereGewicht().weniger();
        this.uhr.liefereSauberkeit().sinkt();
    }

}

public int abfragen()
{
    return this.wert;
}
}

```

---

{Lunatic-Typen, nach Alter gestaffelt}

1. Label20.caption:= 'Baby'; // Typ 1 nach 5 Minuten
2. Label20.caption:= 'Welpen'; // Typ 2 nach 1 Stunde
3. Label20.caption:= 'Typ1' //Typ 3
4. Label20.caption:= 'Typ2'; // Typ 4
5. Label20.caption:= 'Typ3' //Typ 5
6. Label20.caption:= 'Typ4' //Typ 6
7. Label20.caption:= 'Typ5' // Typ 7
8. Label20.caption:= 'Typ6' //Typ 8
9. Label20.caption:= 'Typ7' //Typ 9
10. Label20.caption:= 'Typ8'; // Typ 10
11. Label20.caption := 'Typ9'; //Typ 11

---

```

public class Sauberkeit extends Speicher
{

    public Sauberkeit(Uhr uhr)
    {
        super(uhr, 5);
    }

    public void steigt()
    {
        super.zunehmen(5);
    }

    public void sinkt()
    {
        super.abnehmen();

        if (this.abfragen() < 3)
        {
            this.uhr.liefereKrankheit().schlimmer();
        }

        if (this.abfragen() == 0)
        {
            this.uhr.stoppen();
        }
    }
}

```

```

    public boolean istSaub()
    {
        return (this.abfragen() > 3);
    }

    public void saubern()
    {
        this.setzen(5);
    }
}

```

---

```

import javax.swing.JOptionPane;

public class Schlafen extends Thread
{
    Uhr uhr;
    boolean aktiv;
    JOptionPane pane;

    public Schlafen(Uhr uhr)
    {
        this.uhr = uhr;
        this.aktiv = false;
    }

    public void start()
    {
        super.start();
        this.aktiv = true;
        System.out.print("Es ist Nacht. ");
    }

    public void run()
    {
        int result = pane.showConfirmDialog(this.uhr.liefereGui(), "Das " +
this.uhr.liefereTyp().liefereNamen() + " will schlafen.\nLicht aus?", "Gute Nacht...",
JOptionPane.YES_NO_OPTION);

        if (this.uhr.liefereStunde().abfragen() > 20)
        {
            pane.showMessageDialog(this.uhr.liefereGui(), "Zu spät!\nDas " +
this.uhr.liefereTyp().liefereNamen() + " mag nun nicht mehr schlafen.", "Ätch",
JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
            result = JOptionPane.NO_OPTION;
        }

        if (result == JOptionPane.YES_OPTION)
        {
            System.out.println("==> schlafen.");
            this.uhr.setzeSchlaf(true);
        }
        else

```

```

        {
            System.out.println("==> nicht schlafen.");
            this.uhr.liefereStimmung().sinkt();
            this.uhr.setzeSchlaf(false);
        }
    }

    public void schliessen()
    {
        if (this.aktiv)
        {
            super.stop();
            pane = null;
            this.aktiv = false;
        }
    }

    public boolean istAktiv()
    {
        return this.aktiv;
    }
}

```

---

```

public class Speicher
{
    int wert;
    Uhr uhr;

    public Speicher(Uhr uhr)
    {
        this(uhr, 0);
    }

    public Speicher(Uhr uhr, int wert)
    {
        this.uhr = uhr;
        this.wert = wert;
    }

    public void zunehmen(int limit)
    {
        if (wert < limit)
        {
            this.zunehmen();
        }
    }

    public void zunehmen()
    {
        this.wert++;
    }
}

```

```

public void abnehmen(int limit)
{
    if (wert>limit)
    {
        this.abnehmen();
    }
}

public void abnehmen()
{
    if (wert>0)
    {
        this.wert--;
    }
}

public int abfragen()
{
    return this.wert;
}

public void setzen(int wert)
{
    this.wert = wert;
}
}

```

---

```

import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.util.Random;
import javax.swing.*;

```

```

public class Spiel extends JDialog
implements ActionListener
{
    final static int links = 0;
    final static int rechts = 1;
    Anzeige anzahl = new Anzeige("Anzahl:", 0);
    Anzeige siege = new Anzeige("Siege:", 0);
    JPanel panelKnoepfe = new JPanel(new GridLayout(1, 2));
    JButton knopfLinks = new JButton("Links");
    JButton knopfRechts = new JButton("Rechts");
    JButton knopfSchliessen = new JButton("Schliessen");
    JLabel ergebnis = new JLabel("Treffen Sie Ihre Wahl.");
    Random random;
    Uhr uhr;
    JFrame frame;

    public static void main(String[] args)
    {
        Spiel spiel = new Spiel(null, new JFrame("Spiel.java"));
        System.exit(0);
    }
}

```

```

public Spiel(Uhr uhr, JFrame frame)
{
    super(frame, "Spiel", true);
    this.random = new Random();
    this.uhr = uhr;
    this.frame = frame;
    setDefaultCloseOperation(DO_NOTHING_ON_CLOSE);
    knopfLinks.addActionListener(this);
    knopfRechts.addActionListener(this);
    knopfSchliessen.addActionListener(this);
    getContentPane().setLayout(new GridBagLayout());
    GridBagConstraints c = new GridBagConstraints();
    c.gridx = 1;
    c.gridy = 0;
    c.gridheight = 1;
    c.gridwidth = 2;
    c.insets = new Insets(2, 2, 2, 2);
    c.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
    c.anchor = GridBagConstraints.NORTHWEST;
    getContentPane().add(anzahl, c);
    c.gridx = 1;
    c.gridy = 1;
    c.anchor = GridBagConstraints.NORTHWEST;
    getContentPane().add(siege, c);
    c.gridx = 0;
    c.gridy = 0;
    c.anchor = GridBagConstraints.NORTHEAST;
    panelKnoepfe.add(knopfLinks);
    c.gridx = 1;
    c.anchor = GridBagConstraints.NORTHWEST;
    panelKnoepfe.add(knopfRechts);
    c.gridx = 1;
    c.gridy = 2;
    c.gridwidth = 2;
    c.anchor = GridBagConstraints.CENTER;
    getContentPane().add(panelKnoepfe, c);
    c.gridx = 0;
    c.gridy = 3;
    c.gridwidth = 4;
    getContentPane().add(ergebnis, c);
    setSize(200, 150);
    setResizable(false);
setVisible(true);
}

public void actionPerformed(ActionEvent e)
{
    Object source=e.getSource();
    if (source == knopfLinks) auswerten(links);
    else if (source == knopfRechts) auswerten(rechts);
    else if (source == knopfSchliessen) beenden();
}

public void auswerten(int richtung)
{
    int randomWert = ((this.random.nextInt()%100)+1);
    anzahl.weiter();
    if (richtung == (randomWert%2))
    {

```

```

        siege.weiter();
    if (anzahl.abfragen() < 5)
    {
        ergebnis.setText("Richtig geraten. Bitte neuer Tip.");
    }
    else
    {
        ergebnis.setText("Richtig geraten. Spiel-Ende.");
    }
}
else
{
    if (anzahl.abfragen() < 5)
    {
        ergebnis.setText("Falsch geraten. Bitte neuer Tip.");
    }
    else
    {
        ergebnis.setText("Falsch geraten. Spiel-Ende.");
    }
}

if (anzahl.abfragen() == 5)
{
    panelKnoepfe.remove(knopfLinks);
    panelKnoepfe.remove(knopfRechts);
    GridBagConstraints c = new GridBagConstraints();
    c.gridx = 0;
    c.gridy = 0;
    c.gridheight = 1;
    c.gridwidth = 2;
    c.insets = new Insets(0,0,0,0);
    c.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
    c.anchor = GridBagConstraints.CENTER;
    panelKnoepfe.add(knopfSchliessen);
}

}

public void beenden()
{
    this.uhr.liefereGewicht().weniger();
    if (siege.abfragen() > 2)
    {
        this.uhr.liefereStimmung().steigt();
    }
    setVisible(false);
}

}

```

---

```

public class Stimmung extends Speicher
{
    public Stimmung(Uhr uhr)
    {
        super(uhr, 5);
    }
}

```

```

public void steigt()
{
    super.zunehmen(8);
}

public void sinkt()
{
    super.abnehmen();

    if ((this.abfragen() == 5) || (this.abfragen() == 0))
    {
        this.uhr.liefereAlarm().schlagen(this, "Ach, ist das langweilig...");
    }
}

public boolean istHappy()
{
    return (this.abfragen() > 5);
}
}

```

---

```

public class Stunde
{
    int wert;
    Uhr uhr;

    public Stunde(Uhr uhr)
    {
        this.wert = 0;
        this.uhr = uhr;
    }

    public void weiter()
    {
        this.wert++;
        if (this.abfragen() > 23)
        {
            this.wert = 0;
            this.uhr.liefereAlter().geburtstag();
        }

        if ((this.abfragen() == 1) && (this.uhr.liefereAlter().abfragen() == 1))
        {
            this.uhr.liefereTyp().setzen(2);
            this.uhr.liefereAlter().geburtstag1();
        }

        if ((this.abfragen() == 19) && (!this.uhr.liefereSchlafen().istAktiv()))
        {
            this.uhr.liefereSchlafen().start();
        }
        if ((this.abfragen() == 20) && (this.uhr.liefereSchlafen().istAktiv()))
        {
            this.uhr.liefereSchlafen().schliessen();
        }
    }
}

```

```

        if (this.abfragen() == 8)
        {
            this.uhr.setzeSchlaf(false);
        }
    }

    public int abfragen()
    {
        return this.wert;
    }
}

```

---

```

public class Suessigkeit extends Speicher
{
    public Suessigkeit(Uhr uhr)
    {
        super(uhr, 0);
    }

    public void essen()
    {
        super.abnehmen();
    }

    public void bekommen()
    {
        if (this.abfragen() < 4)
        {
            this.uhr.liefereGewicht().mehr();
            this.uhr.liefereGewicht().mehr();
        }
        super.zunehmen(4);
    }
}

```

---

```

public class Hundefutter extends Speicher
{
    public Hundefutter(Uhr uhr)
    {
        super(uhr, 1);
    }

    public void essen()
    {
        super.abnehmen();

        if (this.abfragen() < 2)
        {
            this.uhr.liefereAlarm().schlagen(this, "Ich habe Hunger!\nGib mir Hundefutter.");
        }
    }
}

```

```

        if (this.abfragen() == 0)
        {
            this.uhr.stoppen();
        }
    }

    public void bekommen()
    {
        if (this.abfragen() < 4)
        {
            this.uhr.liefereGewicht().mehr();
        }
        super.zunehmen(4);
    }

    public boolean alarm()
    {
        return (this.abfragen() < 2);
    }

    public boolean istTot()
    {
        return (this.abfragen() == 0);
    }
}

```

---

```

public class Typ extends Speicher
{
    private String[] namen = {"Baby", "Welp", "Typ1", "Typ2", "Typ3", "Typ4",
        "Typ5", "Typ6", "Typ7", "Typ8", "Typ9"};

    public Typ(Uhr uhr)
    {
        super(uhr);
    }

    public void setzen(int integer)
    {
        super.setzen(integer);
        System.out.println("Typ gesetzt: " + (new Integer(integer)).toString());
    }

    public String liefereNamen()
    {
        if (this.abfragen() < 12)
        {
            return this.namen[this.abfragen()];
        }
        else
        {
            return "...";
        }
    }
}

```

```
}
```

---

```
public class Uhr extends Thread
{
    Alter alter;
    Alarm alarm;
    Disziplin disziplin;
    Gewicht gewicht;
    Krankheit krankheit;
    Minute minute;
    Sauberkeit sauberkeit;
    Schlafen schlafen;
    Stimmung stimmung;
    Stunde stunde;
    Suessigkeit suessigkeit;
    Hundefutter Hundefutter;
    Typ typ;
    boolean laeuft;
    boolean schlafenStatus;
    Gui gui;

    public Uhr()
    {
        super();
        this.init();
    }

    public void init()
    {
        this.alter = new Alter(this);
        this.alarm = new Alarm(this);
        this.disziplin = new Disziplin(this);
        this.gewicht = new Gewicht(this);
        this.krankheit = new Krankheit(this);
        this.minute = new Minute(this);
        this.sauberkeit = new Sauberkeit(this);
        this.schlafen = new Schlafen(this);
        this.stimmung = new Stimmung(this);
        this.stunde = new Stunde(this);
        this.suessigkeit = new Suessigkeit(this);
        this.Hundefutter = new Hundefutter(this);
        this.typ = new Typ(this);
        laeuft = false;
        schlafenStatus = false;
        this.gui = new Gui(this);
    }

    public void start()
    {
        super.start();
        System.out.println("Uhr gestartet.");
        laeuft = true;
    }

    public void run()
    {
```

```

        while(true)
        {
            try
            {
                sleep(60000); // 60000 == 1min
            }
            catch(InterruptedException e)
            {
            }
            this.weiter();
        }
    }

    public void stoppen()
    {
        this.gui.ende();
        System.out.println("Uhr gestoppt.");
        this.laeuft = false;
        this.alarm.ende();
        super.stop();
    }

    public void weiter()
    {
        this.minute.weiter();
        this.gui.aktualisieren();
    }

    public boolean istNacht()
    {
        return ((stunde.abfragen() < 8) || (stunde.abfragen() > 19));
    }

    public boolean istLauf()
    {
        return (this.laeuft);
    }

    public boolean istSchlaf()
    {
        return (this.schlafenStatus);
    }

    public void setzeSchlaf(boolean schlafenStatus)
    {
        this.schlafenStatus = schlafenStatus;
        System.out.println(liefereStunde().abfragen());
    }

    public Alter liefereAlter()
    {
        return this.alter;
    }

```

```
public Alarm liefereAlarm()
{
    return this.alarm;
}

public Disziplin liefereDisziplin()
{
    return this.disziplin;
}

public Gewicht liefereGewicht()
{
    return this.gewicht;
}

public Krankheit liefereKrankheit()
{
    return this.krankheit;
}

public Minute liefereMinute()
{
    return this.minute;
}

public Sauberkeit liefereSauberkeit()
{
    return this.sauberkeit;
}

public Schlafen liefereSchlafen()
{
    return this.schlafen;
}

public Stimmung liefereStimmung()
{
    return this.stimmung;
}

public Stunde liefereStunde()
{
    return this.stunde;
}

public Suessigkeit liefereSuessigkeit()
{
    return this.suessigkeit;
}

public Hundefutter liefereHundefutter()
{
```

```
        return this.Hundefutter;
    }

    public Typ liefereTyp()
    {
        return this.typ;
    }

    public Gui liefereGui()
    {
        return this.gui;
    }
}
```