

Beiträge des Instituts für Umweltsystemforschung
der Universität Osnabrück

Herausgeber: Prof. Dr. Michael Matthies

Beitrag Nr. 23

Modellbildung und -anwendung
in den Wissenschaften V

Horst Malchow (Hrsg.)

August 2001



ISSN-Nr. 1433-3805

**Beiträge des Instituts für Umweltsystemforschung
der Universität Osnabrück**

ISSN 1433-3805

Herausgeber

Prof. Dr. Michael Matthies
Universität Osnabrück
Institut für Umweltsystemforschung
Artilleriestr. 34

D-49069 Osnabrück

Tel. 0541/969-2575
Fax. 0541/969-2599

E-Mail: matthies@uos.de
<http://www.usf.uni-osnabrueck.de>

© USF – Institut für Umweltsystemforschung, Universität Osnabrück

**Dieser Beitrag enthält die schriftlichen Ausarbeitungen der Studierenden zum
Proseminar Angewandte Systemwissenschaft im Sommersemester 2001.**

Inhaltsverzeichnis

1. Ivo Siekmann

Der Einsatz mathematischer Modellierung in der Psychologie am Beispiel des PSI-Modells

	7
1.1 Probleme der mathematischen Modellierung in Physik und Psychologie . . .	7
1.2 Kurze Einführung in die PSI-Theorie	10
1.2.1 Kognition: Vier psychische Makrosysteme	10
1.2.2 Elementare Systeme und automatische Steuerung	10
1.2.3 Hochinferente Systeme	13
1.2.4 Motivation	15
1.2.5 Psychische Energetisierung durch Affekt	15
1.2.6 Modulationsannahmen	16
1.2.7 Das STAR-Modell und Persönlichkeitsstörungen	17
1.2.8 Persönlichkeitsunterschiede und -störungen	18
1.2.9 Die paranoide Persönlichkeitsstörung im STAR-Modell	19
1.3 Das PSI-Modell von Bröcker und Kuhl	20
1.3.1 Mathematische Eigenschaften des PSI-Modells	21
1.3.2 Stabilitätsanalyse der stationären Lösungen	21
1.3.3 Parametrisierung des PSI-Modells	23
1.3.4 Simulation verschiedener Systemkonfigurationen	24
1.3.5 Erhöhte Sensibilität für Heraufregulierung negativen Affektes	24
1.3.6 Die paranoide Persönlichkeitsstörung	25
1.4 Kritik des PSI-Modells	26
1.4.1 PSI-Modell und STAR-Modell	26
1.4.2 Ausblick: Mögliche Erweiterungen des PSI-Modells	27
1.5 Fazit	30

2. Ingo Frost

Datenmodelle – Der Weg vom Faktenchaos über die Wissens- organisation zur Datenbank

	31
2.1 Einleitung	31
2.2 Datenmodellierung	31
2.3 Geschichtlicher Abriss	31
2.4 Modellansatz - Wie ein Modell entsteht	34
2.5 Grundbegriffe	34
2.6 Das Entity-Relationship-Modell	35
2.7 Fallbeispiel	36
2.8 Problemstellung	36
2.9 Benutzermodell	36
2.10 Informationsmodell	37
2.11 NIO-Modell	38
2.12 Zusammenfassung	39

3. Martin Zumbrägel

Beurteilung der Börsenaussichten mit der „Monats-Schluss-Methode“

3.1 Biographie von Uwe Lang	41
---------------------------------------	----

3.2	Einführung in das Thema	41
3.2.1	Grund des Buches	41
3.2.2	Was wird aus dem Buch vorgestellt	41
3.2.3	Zinstrends als Frühindikatoren	41
3.2.4	Richtiges und falsches Verhalten	41
3.2.5	Zeitpunkte der Methodenanwendung	42
3.3	Grundlagen der Strategie	42
3.3.1	Psychologie	42
3.3.2	Meinungen und Nachrichten	43
3.3.3	Beobachtung der Börse	43
3.3.4	Aussichten an Aktienmärkten	43
3.4	Zinsbetrachtung	43
3.4.1	Gründe für Zinsbetrachtung	43
3.4.2	Verzögerungseffekt	45
3.4.3	Welche Zinsen sind von Bedeutung?	45
3.5	Monats-Schluss-Methode (MSM)	46
3.5.1	Kriterien	46
3.5.2	Vorgehen	46
3.5.3	Beispiele	47
3.5.4	Weitere Frühindikatoren	49
3.6	Vor- und Nachteile der Methode	50
3.6.1	Nachteile	50
3.6.2	Vorteile	50
3.7	Meinung	50
3.8	Verwendete Literatur	51

4. Harjo Korte

	Angebot und Nachfrage: Ein einfaches Wohnungsmarktmodell aus Sicht der Mikroökonomik	52
4.1	Einleitung	52
4.2	Was ist Mikroökonomik?	52
4.3	Definitionen	53
4.4	Das Angebot	53
4.5	Die Nachfrage	53
4.6	Der Markt	53
4.7	Marktstrukturen/Marktformen	54
4.8	Marktformenschema	54
4.9	Marktformen	54
4.9.1	Monopol	54
4.9.2	Oligopol	54
4.9.3	Polypol	54
4.10	Ein Wohnungsmarktmodell	55
4.11	Modellbeschreibung	55
4.12	Fragestellung	55
4.13	Modellvoraussetzungen	55
4.14	Rahmenbedingungen der Analyse	55
4.14.1	Zwei Grundprinzipien	55

4.14.2	Ausnahmen	56
4.15	Die Nachfragekurve	56
4.16	Die Angebotskurve	56
4.17	Das Marktgleichgewicht	58
4.18	Komparative Statik	58
5.	Marcus Lunzenauer	
	Genetische Algorithmen	62
5.1	Eine Einführung	62
5.2	Biologische Grundlagen	63
5.3	Der Algorithmus	64
5.4	Beispiel: Diophantische Gleichung	68
6.	Ole Schroeder	
	Agentenbasierte Modellierung	71
6.1	Einführung	71
6.2	Simulationsmethoden in den Sozialwissenschaften	71
6.3	Agentenbasierte Modellierung und Simulation	73
6.4	Einflüsse	73
6.5	Design	73
	6.5.1 Definition	73
	6.5.2 Charakteristika	74
	6.5.3 Programmarchitektur	75
6.6	Beispiele	76
	6.6.1 Sugarscape	76
	6.6.2 EOS : The Evolution of Organized Society	77
6.7	Fazit	78
6.8	Literatur	79
7.	Irina Prinz	
	Räuber-Beute Modelle in der Wirtschaft	80
7.1	Einleitung	80
7.2	Lotka-Volterra Modell	80
7.3	Goodwin Modell	80
7.4	Annahmen und Voraussetzungen	81
7.5	Abkürzungen und Definitionen der relevanten Größen	82
7.6	Herleitung der Differentialgleichungen	83
7.7	Verhalten des Goodwin Modells	84
7.8	Modifikation des Goodwin Modells	86

1. Der Einsatz mathematischer Modellierung in der Psychologie am Beispiel des PSI-Modells

Ivo Siekmann
15. Mai 2001

Zusammenfassung

Mathematische Modelle sind in der Psychologie aus verschiedenen Gründen selten anzutreffen sind. Um die teilweise völlig unterschiedliche Problematik zu verdeutlichen, die sich bei der mathematischen Modellierung im klassischen Sinne etwa angewandt auf physikalische Systeme im Gegensatz zur Modellierung psychologischer Probleme stellen, wird in Abschnitt 1.1 zunächst auf diese Fragestellung eingegangen. Da das PSI-Modell von Bröcker und Kuhl nur durch Interpretation im Rahmen der PSI-Theorie sinnvoll beurteilt werden kann, wird in dieser Arbeit in Abschnitt 1.2 auf die PSI-Theorie sehr ausführlich eingegangen. Dennoch kann die sehr weitläufige Theorie hier nur äußerst oberflächlich behandelt werden. Das eigentliche Modell und seine mathematischen Eigenschaften werden in Abschnitt 1.3 erläutert. Schließlich wird das PSI-Modell in Abschnitt 1.4 beurteilt. Ein Fazit der Möglichkeiten mathematischer Modellierung in der Psychologie schließt diese Arbeit ab. Ziel dieser Arbeit ist es, am Beispiel von PSI-Theorie und PSI-Modell die Möglichkeiten und Grenzen zu verdeutlichen, die mathematische Modellierung für Psychologie und verwandte Wissenschaften wie z.B. Soziologie bietet.

Danken möchte ich an dieser Stelle Dr. Thomas Bröcker, der sich für meine Fragen zu dem von ihm entwickelten PSI-Modell sehr viel Zeit genommen hat und Prof. Dr. Kuhl sowie Dr. Kazén, die mein Verständnis der PSI-Theorie durch ihre Anmerkungen zu meiner Arbeit „Mathematische Modellierung von komplexen Systemen am Beispiel des PSI-Modells“ mein Verständnis der PSI-Theorie erweitert haben.

1.1 Probleme der mathematischen Modellierung in Physik und Psychologie

Manche stark mathematisch orientierte Naturwissenschaftler neigen dazu, Wissenschaften wie Soziologie und Psychologie mangelnde Exaktheit vorzuwerfen. Begründet wird dies damit, dass mathematische Modellbildung, die mit besonders beeindruckendem Erfolg in der Physik eingesetzt wird, in diesen Wissenschaften weit weniger Anwendung findet. Zudem ist die hauptsächlich eingesetzte Art mathematischer Modelle, die sogenannten qualitativen Modelle, für klassische Naturwissenschaftler sehr ungewohnt. Statt durch quantitative Modelle im Rahmen einer gewissen Genauigkeit Zahlenwerte zur Beschreibung eines bestimmten Phänomens zu berechnen, liefern qualitative Modelle als Ergebnis „nur“ eine bestimmte Tendenz der modellierten Größe. Dies würde einen Physiker nur kurzfristig zufriedenstellen: Die durch Experimente gewonnene Erkenntnis, dass Gegenstände auf der Erde unter Einwirkung der Schwerkraft in Richtung Erdmittelpunkt, d.h. nach „unten“ fallen, genügt ihm nicht. Er wird sich als nächstes bemühen, herauszufinden mit welcher Beschleunigung der Gegenstand sich in Richtung Erdoberfläche bewegt. Ein Psychologe ist dagegen möglicherweise schon damit zufrieden, wenn er herausfinden kann, ob eine Person auf eine bestimmte Konstellation ihrer Umgebung eher aggressiv,

frustriert oder befriedigt reagiert. Zwar wäre für ihn die Stärke dieser Reaktion unter Umständen ebenfalls von Interesse, aber oft nur schwierig und ungenau durch Experimente festzustellen, so dass er darauf verzichtet. Derartige Kritik an den Methoden der Psychologie und ähnlicher Wissenschaften berücksichtigt oft nicht, dass die Formulierung psychologischer Probleme in mathematischer Form häufig sehr viel schwerer fällt als die Modellierung physikalischer Phänomene. Dies kommt durch den sehr viel höheren Abstraktionsgrad psychologischer gegenüber physikalischen Begriffen zustande. Nimmt man zum Beispiel den Begriff des Massenpunktes aus der Physik: Um die Bewegung von ausgedehnten Körpern durch Übertragung auf ein Koordinatensystem auszudrücken, wobei ein Körper eindeutige Koordinaten haben soll, wählt man sich einen ausgezeichneten Punkt des Körpers. Für die Bewegung des Körpers unter dem Einfluss von Kräften spielt seine Masse eine Rolle. Im Modell des Massenpunktes denkt man sich die Masse in diesem ausdehnungslosen Punkt konzentriert. Für Probleme, in denen die Form des Körpers und die Verteilung der Masse keine Rolle spielen, ist diese Idealisierung in der Regel zulässig. Für ein einfaches Modell eines Autorennens könnte man zum Beispiel jedes Auto durch den Mittelpunkt seiner vorderen Stoßstange darstellen, da für die Feststellung des Siegers ja nur von Bedeutung ist, wer mit seiner vorderen Stoßstange zuerst die Ziellinie überquert. Der mathematische Aufwand zur Beschreibung eines Massenpunktes hält sich also in Grenzen: Man benötigt nur vier Zahlen, die man sich sehr konkret vorstellen kann: Zur Angabe der aktuellen Position im Raum werden drei Ortskoordinaten gebraucht, dazu wird noch die Masse des Körpers angegeben. Sowohl Ortsangaben durch Koordinatendarstellungen als auch der Begriff der Masse bereiten für die meisten keine Schwierigkeiten bei der Vorstellung, denn sowohl Positionsangaben durch Koordinaten als auch die Angabe von Massen finden bis in den Bereich des alltäglichen Lebens Anwendung. Die Übertragung von der Realität zur mathematischen Darstellung als auch umgekehrt ist also mit sehr geringer Abstraktion verbunden.

Vergleicht man dies mit dem Begriff des Affektes der PSI-Theorie werden die Probleme, psychologische Begriffe zu „mathematisieren“ deutlich: Das Abstraktionsniveau des Begriffes Affekt zeigt sich dadurch, dass er durch andere, selbst schon sehr abstrakte Begriffe definiert ist: Positiver Affekt soll die Aktivität des „Belohnungssystems“ und negativer Affekt die des „Bestrafungssystems“ anzeigen. Vermutlich kann man jedoch im Gehirn keine Bereiche ausmachen, die *das* Belohnungssystem bzw. *das* Bestrafungssystem bilden. Die PSI-Theorie geht davon aus, dass Belohnungen bzw. Bestrafungen durch die Befriedigung bzw. Nicht-Befriedigung von Bedürfnissen mit Objekten verknüpft werden, die positiven bzw. negativen Affekt ausgelöst haben: „Analog zu dem System, das positive Anreizbindungen herstellt (Belohnungssystem) läßt sich bei negativen Differenzen zwischen Ist- und Sollwert des Bedürfnissystems ein Mechanismus definieren, der Objektrepräsentationen mit negativem Affekt verknüpft (Bestrafungssystem)“ (Kuhl, 2000, S.325). Taucht ein in dieser Weise affektbesetztes Objekt auf, wird die entsprechende Belohnung bzw. Bestrafung „ausgeteilt“. Die Bedürfnismelder, die feststellen, ob ein bestimmtes Bedürfnis befriedigt oder vernachlässigt wird, befinden sich dabei an sehr unterschiedlichen Orten des Gehirns. Belohnungs- und Bestrafungssystem sind also keine tatsächlich im Gehirn vorhandenen Systeme, sondern theoretische Konstrukte, die beschreiben, wie die Persönlichkeit auf Befriedigung bzw. Nicht-Befriedigung der Gesamtheit ihrer Bedürfnisse reagiert.

Man könnte positiven Affekt mathematisch als Summe über den Grad der Befriedigung jedes einzelnen Bedürfnisses auffassen, negativen Affekt als Summe über den Grad der

Nicht-Befriedigung. Das Gehirn selbst wird vermutlich niemals etwas über seine derzeitige Affektlage „wissen“, weil es nichts darüber zu „wissen“ braucht: Der Status jedes einzelnen Bedürfnisses wird seinen Anteil am derzeitigen Zustand des Gehirns haben. Dies erschwert eine konkrete Vorstellung des Begriffes Affekt: Erstens ist er nicht immer „erlebbar“, da Affekt nach der PSI-Theorie zwar bewusst sein kann jedoch nicht zwangsläufig sein muss. Zweitens ist der Begriff - wie oben gesagt - auf der neurobiologischen Ebene nicht lokalisierbar, man wird keinen Ort im Gehirn finden können, wo die aktuelle Affektlage „gespeichert“ ist. Diese beiden Eigenschaften sind durch die Definition des Affektes festgelegt: „Affekt bezeichnet das Ergebnis eines zentralen, nicht bewußtseinspflichtigen Mechanismus, der eine begrenzte Anzahl von hormonal und neurochemisch vermittelten körperlichen Zuständen generiert,...“ (Kuhl, 2000, S.330) Außerdem kann die gleiche Affektlage sehr unterschiedliche Zustände des Gehirns beschreiben, da bei gleicher Ausprägung von Affekt sehr unterschiedliche Bedürfnisse befriedigt sein können. Affekt läßt sich höchstens durch die Reaktionen auf die Affektlage durch die vielen einzelnen Abteilungen des Belohnungs- bzw. Bestrafungssystems fassen, wenn diese Hormone wie z.B. Cortisol ausschütten. Dann kann man durch deren Konzentration Rückschlüsse auf die Affektlage machen.

Eine direkte Messung von Affekt wird aus diesen Gründen vermutlich dauerhaft unmöglich bleiben: Selbst wenn man sämtliche Bedürfnismelder im Gehirn lokalisiert haben wird, dürfte es schwierig sein, deren Status bei einer Versuchsperson in einem ausreichend kleinen Zeitfenster zu erfassen. Da also die direkte Messung des Affektes aber auch dessen Berechnung aus anderen messbaren Zuständen des Gehirns schwierig ist, scheint die Formulierung eines quantitativen Modells der PSI-Theorie kaum möglich. Zumindest könnten die aus einem derartigen Modell berechneten Affektlagen und Aktivierungsniveaus der vier psychischen Makrosysteme nicht an der Wirklichkeit überprüft werden. Die Arbeit mit einem nicht wenigstens ansatzweise verifizierten mathematischen Modell ist aber sowohl eine Überschätzung als auch ein Missverständnis des Konzeptes mathematischer Modellierung.

Sollte sich die Psychologie nun um die Bildung von Begriffen bemühen, die leichter quantifizierbar sind, um die Vorteile der mathematischen Modellierung voll ausschöpfen zu können? Solche Vorstellungen ignorieren die Komplexität der Prozesse, die im Rahmen der Psychologie untersucht werden. Wollte die Psychologie gut quantifizierbare Begriffe bilden, müsste sie sich auf die Ebene der Nervenzellen und chemischer Botenstoffe begeben. Deren unglaublich komplexes Zusammenwirken ist jedoch noch so wenig verstanden, dass man derzeit auf diese Weise das eigentliche Ziel der Psychologie, die Erklärung seelischer Prozesse, nicht erreichen kann. Da schon an der Wahrnehmung einzelner Gegenstände unzählige Nervenzellen beteiligt sind, bleibt außerdem fraglich, ob man - auch in Zukunft - in der Lage wäre, deren Zusammenwirken in vertretbarer Rechenzeit zu simulieren. Mit einem derartigen Ansatz wird man vermutlich nicht auf dem Niveau seelischer Prozesse ankommen, also keine Psychologie, sondern theoretische Gehirnforschung betreiben.

Die Verifizierung von wissenschaftlichen Hypothesen wird in der Psychologie durch den Einsatz der Statistik geleistet, ohne dass zur Befriedigung einer mathematischen Maschinerie das Niveau der wissenschaftlichen Aussagen erniedrigt werden muss.

1.2 Kurze Einführung in die PSI-Theorie

Kuhl sieht seine PSI-Theorie als Systemtheorie der Persönlichkeit. Ergebnisse aus allen Disziplinen der Psychologie sowie neurophysiologische Befunde werden mit dem Ziel integriert, Persönlichkeitsunterschiede beschreiben und erklären zu können. So werden durch Kuhls in sieben Ebenen eingeteilte Systemtheorie Erklärungsansätze früherer Persönlichkeitstheorien zusammengeführt und als gleichberechtigt nebeneinanderstehende Erklärungsmodelle angesehen. Selbst eine nur sehr knapp gehaltene Einführung in sämtliche Teilbereiche der PSI-Theorie würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen: Keine Erwähnung finden hier der Umschaltmechanismus zwischen hochinferenten und niederinferenten Systemen (Progression/Regression) (Systemebene 4) sowie die Motive (Systemebene 5). Nur kurze Erwähnung finden Temperament (Systemebene 2) und das Selbst (Systemebene 7).

1.2.1 Kognition: Vier psychische Makrosysteme

Carl Gustav Jung machte Persönlichkeitsunterschiede daran fest, auf welche Weise Informationen verarbeitet werden. Wie Jung unterscheidet auch Kuhl in seiner PSI-Theorie die vier kognitiven Funktionen Empfinden, Intuieren, Fühlen und Denken. Allerdings haben sie bei Kuhl eine gegenüber Jung etwas andere Bedeutung. Die Prozesse der intuitiven Verhaltenssteuerung, d.h. das Intuieren, und die mit dem Extensionsgedächtnis verbundene Funktion des Fühlens, können nach Kuhl durch weitverzweigte, parallel verarbeitende neuronale Netzwerke beschrieben werden. Objekterkennung und Planen zeichnen sich dagegen durch einen modularen Aufbau aus, der zu einer sequentiellen Informationsverarbeitung führt.

1.2.2 Elementare Systeme und automatische Steuerung

Die Mechanismen der elementaren Systeme sind schwierig direkt zu beobachten, weil sie oft sehr schnell und nicht auf bewusster Ebene ablaufen. Hier werden Untersuchungen der Entwicklungspsychologie herangezogen.

Objekterkennungssystem und Empfinden: Müsste ein lebendes System wie der Mensch die vielen gleichzeitig einströmenden Reize, die ihm seine Sinnesorgane liefern, ertragen, ohne dass die Information verarbeitet würde, wäre es nicht lebensfähig. Überleben ist unmöglich ohne die Fähigkeit, potentiell essbare Lebewesen von potentiellen Feinden zu unterscheiden. Die Gesamtheit der Sinneseindrücke wird deshalb in unterscheidbare *Objekte* aufgeteilt. In einem Objekt sind Sinneseindrücke zu einer Einheit zusammengefasst, die sich von der Umgebung deutlich unterscheidet. Verschiedene Sinnesmodalitäten (Sehen, Hören, Fühlen, Riechen, Schmecken) werden als klar voneinander getrennte Eigenschaften wahrgenommen. Ein Objekterkennungssystem muss also vor allem in der Lage sein, selbst kleinste Unterschiede festzustellen (*diskrepanzsensitive Aufmerksamkeit*). Nur so können rote Kirschen von einer roten Tischdecke unterschieden werden.

Der Prozess der Wahrnehmung läuft sequentiell ab: Einzelne Systeme sind für das Erkennen von einfacheren geometrischen Objekten zuständig, diese einfacheren Objekte werden dann zu komplizierteren Objekten zusammengefügt wie z.B. Autos, Bauwerken... Um hierbei ein eindeutiges Objekt zu erhalten, werden auf allen Ebenen alternative Wahrneh-

mungen unterdrückt. Dies kann zu offensichtlichen Fehlern führen, die besonders beeindruckend an optischen Täuschungen (Necker-Würfel, Junge/alte Frau) deutlich werden.

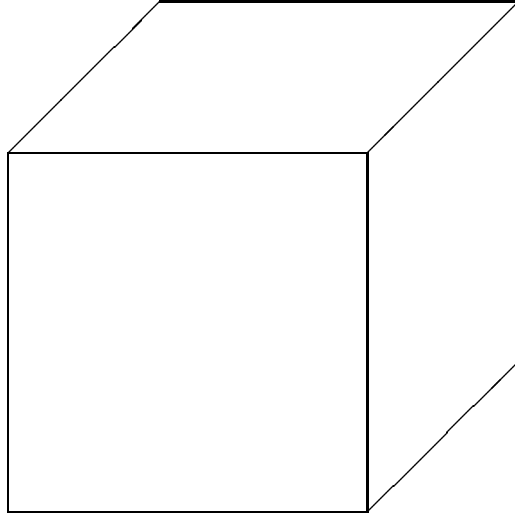


Abbildung 1.1: *Der Necker-Würfel*

Beim Prozess der Objekterkennung wird mit bereits bekannten Objekten verglichen. Durch die Orientierung an bereits bekannten Kategorien aus der Vergangenheit entsteht eine Vergangenheitsorientierung.

Die Objektrepräsentationen werden im Objekterkennungssystem eher explizit, d.h. sprachnah gespeichert, im Gegensatz zu stark parallelen Netzwerken, bei denen der genaue Ort der gespeicherten Information oft nicht festzustellen und eine Verknüpfung mit einem sprachlichen Begriff schwieriger ist. Da der Bewusstseinsgrad von Information wesentlich mit der Fähigkeit zusammenhängt, diese sprachlich ausdrücken zu können, sind die im Objekterkennungssystem gespeicherten Repräsentationen dem Bewusstsein zugänglich.

Objekterkennung ist nicht auf das Wahrnehmen der Umgebung beschränkt, sie spielt eine wichtige Rolle dabei, autobiographische Erfahrungen aus dem Extensionsgedächtnis aus einer oft unübersichtlichen Menge von Kontextinformationen herauszulösen und dem Bewusstsein zugänglich zu machen. Wenn man sich selbst als Objekt betrachtet, am alltäglichsten, wenn man von sich selbst als „Ich“ spricht, wird die Fähigkeit des Objekterkennungssystems ausgenutzt, Unterschiede festzustellen, in diesem Fall zwischen dem Ich und der Umgebung. Also werden auch komplexere Vorgänge wie Selbst-Fremd-Unterscheidung vom Objekterkennungssystem geleistet.

Verhaltenssteuerung und Intuieren: Manche Handlungen müssen schnell geschehen, ohne dass das lebende System darüber „nachdenken“ kann: „Intuitive Verhaltensprogramme können auch ohne bewusste Veranlassung aktiviert werden, sobald die relevanten Auslösereize auftreten.“ (Kuhl, 2000, S.257). Dies nennt man *Reiz-Reaktionsverknüpfungen*:

Das Verhaltensprogramm wird bei Auftreten des Auslösereizes automatisch aktiviert. Bei diesen automatisierten Handlungsabläufen müssen viele Faktoren gleichzeitig berücksichtigt werden. Dies wird sofort klar, wenn man bedenkt wieviel Schwierigkeiten eine Verhaltensweise wie z.B. Autofahren bereitet, solange sie noch nicht automatisiert ist. Das liegt daran, dass für motorische Prozesse eine parallele Verarbeitung einer großen Menge von Informationen der Umgebung erforderlich ist. Die Sinneseindrücke werden - wie auch im OES - selektiert: Um Konflikte zwischen selbst nur millimeterweiten Abweichungen im Bewegungsablauf zu vermeiden, werden alternative Reaktionen gehemmt und mit der momentan aktivierten Verhaltensroutine nicht in Verbindung stehende Reize unterdrückt. Außerdem ist es nützlich, „immer den Ort im Raum bevorzugt zu verarbeiten, der einen direkten Bezug (Prinz, 1983: „Pertinenz“) zu der aktuellen Handlung hat (*pertinenzsensitive räumliche Aufmerksamkeit*)“ (Kuhl, 2000, S.247). Damit erfordern automatisierte Verhaltensroutinen eine Fähigkeit zur räumlichen Orientierung. Auch die intuitive Verhaltenssteuerung muss also ein eigenes Wahrnehmungssystem besitzen, was vielleicht etwas überraschend erscheint, wenn man sich Wahrnehmung und Verhalten als zwei strikt abgetrennte psychische Funktionen vorstellt. Belegt wird dies jedoch klar durch neurophysiologische Befunde, die zwei voneinander unabhängige Wahrnehmungssysteme, das dorsale und das ventrale System, ausmachen, wovon das dorsale System eine direkte Verbindung zum für die Bewegungssteuerung verantwortlichen motorischen Cortex aufweist. Während im Objekterkennungssystem vor allem räumliche Beziehungen zwischen Objekten eine Rolle spielen (*allozentrisches Koordinatensystem*, d.h. der Bezugspunkt der Wahrnehmung liegt jeweils im Objekt, dessen Beziehungen zu anderen Objekten bestimmt werden sollen), kommt es bei der Verhaltenssteuerung eher auf den Zustand der Umgebung relativ zum eigenen Standort an (*egozentrisches Koordinatensystem*). Um die erforderliche Schnelligkeit zu erreichen, muss der Bewegungsablauf „online“ gesteuert werden, d.h., dass praktisch sofort auf Veränderungen in der Umgebung, die mit der gerade Verhaltensroutine in Verbindung stehen, reagiert werden muss: Die IVS ist gegenwartsorientiert. Weiterhin müssen Reaktionen der Umgebung vorhergesehen werden, die IVS ist also in ihrer Informationsverarbeitung auch zukunftsorientiert. Man darf sich die Verhaltensroutinen der intuitiven Verhaltenssteuerung jedoch nicht als primitiv vorstellen, auch wenn sie in stammesgeschichtlich eher alten Regionen des Gehirns gespeichert sind: Nach Erkenntnissen der Entwicklungspsychologie sind komplexe Verhaltensprogramme, die für den sozialen Austausch wichtig sind, genetisch vorbereitet. Dies wird aus Untersuchungen der Kommunikation von Säuglingen mit ihren Eltern geschlossen, die schon seit den ersten Lebenstagen in der Lage sind, Gesichtsausdrücke nachzuahmen. Da die Information der IVS genetisch vorbereitete Informationen beinhaltet, ist sie teilweise dem kollektiven Unterbewusstsein im Sinne C.G. Jungs zuzurechnen, die unabhängig von kulturellen sozialen Unterschieden in jedem Menschen vorhanden zu sein scheint. Die große Ferne zum Bewusstsein kommt sowohl durch die Repräsentation der Information in einem neuronalen Netzwerk zustande, diese Art der Speicherung macht die Bewusstmachung durch sprachliche Begriffe fast unmöglich. Auch die automatisch auf einen Reiz folgende Ausführung der Verhaltensprogramme verhindert, dass das Bewusstsein an den Prozessen der IVS Anteil nehmen kann.

1.2.3 Hochinferente Systeme

Extensionsgedächtnis und Fühlen: Das *Extensionsgedächtnis* nimmt in der PSI-Theorie eine besondere Rolle ein: Einerseits stellt es ein episodisches Gedächtnis bereit, d.h. es liefert größtenteils das, was man als Erinnerung bezeichnet. Eine im Extensionsgedächtnis gespeicherte Szene enthält nicht nur den bloßen Handlungsablauf, sondern auch Gefühle, die man währenddessen empfunden hat. Zu Gegenständen und Personen, die im Extensionsgedächtnis gespeichert sind, gibt es dort eine Fülle auch gegensätzlicher Assoziationen, was der Fähigkeit des Menschen Rechnung trägt, zum gleichen Objekt viele und durchaus widersprüchliche Gefühle und Ansichten haben zu können. Kuhl verwendet hierfür den Begriff einer *kognitiven Landkarte*. Die assoziative Struktur, d.h. die große Zahl von Beziehungen eines Objektes zu anderen Objekten und die Speicherung zahlreicher, möglicherweise gegensätzlicher Empfindungen zu einem Objekt führen dazu, dass die Informationen des EG nur teilweise bewusst sind. Allerdings sind sie dem Bewusstsein weit weniger fern als das intuitive Wissen der IVS. Der Bewusstseinsgrad der Informationen des EG entspricht etwa dem, was Freud mit dem Begriff des *Vorbewussten* bezeichnet hat: Das riesige Netzwerk des EG ist durch bewusstseinsnähere Systeme wie das Denken oder das OES abtastbar, wodurch wenigstens einzelne Aspekte des Wissens über ein einzelnes Objekt und seinen Kontext verfügbar werden. Hierzu zählt z.B. die Fähigkeit, sich in eine erinnerte Szene hineinzusetzen, sie jedoch aus einer ganz anderen Perspektive zu betrachten oder sich in bestimmte Details für die man sich interessiert, „hineinzuzoomen“. Die Möglichkeit, solche Szenen auch noch auf andere Weise wieder zusammenzusetzen, wird bei den teilweise erheblichen Unterschieden von Zeugenaussagen zum selben Sachverhalt deutlich. Das Fühlen-System ist die wohl wichtigste und komplexeste Wissensquelle, die eine Person nach der PSI-Theorie besitzt: Es enthält die Sorte von Erfahrungswissen, die einen gerissenen Börsenmakler in einer bestimmten Situation auf eine ganz bestimmte Aktie setzen lässt, ohne genau erklären zu können, warum - er hat es einfach „im Gefühl“. Oft entspricht gerade solch eine Verhaltensweise dem Ergreifen einer sich sehr selten bietenden Möglichkeit, die nur von erfahrenen Experten überhaupt als solche erkannt wird. Das Warten auf eine solche Gelegenheit, bei der viele Kontextinformationen eine Rolle spielen, die offenbar unbewusst berücksichtigt werden, nennt man *Vigilanz*. Hierfür ist eine bestimmte Verarbeitungsmethode erforderlich, die genau im Gegensatz zu der besonders auf Unterschiede fixierte Wahrnehmungsweise des OES steht: Statt Unterschiede festzustellen, müssen hier subtile, möglicherweise nur feinste (strukturelle) Übereinstimmungen mit bereits bekanntem Wissen erkannt werden (*kongruenzorientierte Aufmerksamkeit*).

Das Zusammenspiel mit dem OES ist sehr wichtig: Das EG bekommt durch das OES ständig Objekte und Empfindungen geliefert, die in das Netzwerk der autobiographischen Erfahrung integriert werden, das OES nimmt also die Rolle eines „Auges“ für das an sich blinde EG ein. Diese bei guter Zusammenarbeit von OES und Fühlen stattfindende Verarbeitung von Erfahrungen wird in der PSI-Theorie als „Selbst-Wachstum“ bezeichnet. Das EG wird als eigentlicher Sitz des Selbst-Systems angesehen, das wesentlich für die Identität einer Persönlichkeit ist. Hier ist also im Gegensatz zum bewussten Ich ein nur teilweise bewusstes System der eigentliche Kern einer Persönlichkeit. Das Selbst besteht aus einer großen Menge Informationen, die eine Persönlichkeit im Laufe ihres Lebens über „sich selbst“ gesammelt hat. Unter anderem sind hier auch allgemeine Ziele gespeichert, die verfolgt werden sollten, damit die Persönlichkeit mit sich selbst zufrieden ist. Diese Ziele dürfen nicht mit den bewussten, expliziten Zielen des Intentionsgedächtnisses ver-

wechselt werden, die eher gerade konkret zu verwirklichende Vorhaben darstellen und mit den allgemeinen Zielen des Selbst durchaus im Widerspruch stehen können. Neurophysiologisch wird das Selbst hauptsächlich im rechten präfrontalen Cortex vermutet, einem Teil des Gehirns, der durch Nervenbahnen mit sehr vielen anderen Systemen des Gehirns verbunden ist. Das Selbst kann so als zentrale Exekutive fungieren, die unter anderem das Verhalten auf Übereinstimmung mit der Persönlichkeit prüfen (*Selbstkongruenz*) und bei Bedarf eingreifen kann. Für nähere Informationen über die Rolle des Selbst verweise ich auf Kapitel 14 der Veröffentlichung von Kuhl.

Intentionsgedächtnis und Planen: Nicht alle Probleme auf die ein Mensch trifft, sind so einfach zu bewältigen, dass intuitive Verhaltensprogramme dazu ausreichen. Oft ist es sinnvoll, statt wahllos einzelne Verhaltensprogramme durchzuprobieren („Try and Error“), zunächst einen *Plan* zu erstellen. Typischerweise wird er durch Analyse der Situation und der Ursachen, warum bisher angewandte intuitive Verhaltensprogramme nicht den gewünschten Erfolg erzielt haben, entwickelt. Das Ergebnis dieser Überlegungen ist eine Abfolge nacheinander auszuführender Handlungsschritte, die wieder automatisierte Verhaltensprogramme sein können. Ähnliche Prozesse werden dann aktiv, wenn bestimmte Informationen der Umwelt nicht verstanden werden: Für das analytische und besonders das schlussfolgernde Denken ist das Zerlegen eines Problems in Teilprobleme charakteristisch. Diese Teilprobleme werden dann nacheinander untersucht. Auch das analytische Denken ist also ein schrittweiser Prozess. Wie schon oben ersichtlich, ist das Verhältnis des Denken-Systems zur IVS wichtig: Einerseits wird die IVS benötigt, um die im Denken-System entwickelten Pläne auch auszuführen. Ansonsten entsteht das nicht so seltene Phänomen, dass ein Mensch hochfliegende Pläne entwickelt, ohne jedoch in der Lage zu sein, sie auszuführen. Andererseits kann ein Plan, falls er oft benötigt wird, in ein automatisches Verhaltensprogramm umgewandelt werden. Dies ist ein wichtiger Aspekt des Dazulernens, der vor allem dazu dient, das nur langsam ablaufende schrittweise Abarbeiten eines Plans durch eine flüssige, intuitiv ablaufende Verhaltensroutine zu ersetzen. Schließlich übt das Denken-System eine Kontrollfunktion über die IVS aus: Im *Intentionsgedächtnis* (IG) werden Ziele gespeichert, die das gewünschte Ergebnis der ausgeführten Handlungen sein sollen. An diesen explizit gespeicherten „Intentionen“ wird das Verhalten ausgerichtet. Die Aktivierung von Verhaltensprogrammen, die nicht zum Ziel passen, werden unterdrückt, Informationen, die für das Erreichen des Zieles relevant sein könnten, werden bevorzugt bearbeitet (*zielkongruente Aufmerksamkeit*). Eine weitere Charakteristik des Planen-Systems ist die leichte Vermittelbarkeit der im IG gespeicherten Informationen: Oft braucht man einen Plan wie z.B. eine Gebrauchsanweisung nur ein einziges Mal erklärt zu bekommen, um ihn gleich nachahmen zu können. Allerdings muss man sich bei der Ausführung ständig bewusst an eine gewisse Anzahl von Bedingungen halten, unter der die eine oder andere Handlungsweise ausgeführt werden sollte, wodurch die Ausführungsgeschwindigkeit sehr herabgesetzt ist. Schon durch die ständige Kontrolle von bestimmten Details der Umgebung durch das Bewusstsein entsteht ein hoher Zeitbedarf. Die dem Bewusstsein starke Zugänglichkeit des Planen-Systems ergibt sich durch die oft sprachliche Formulierung und Strukturiertheit eines Planes sowie seine sequentielle Struktur.

1.2.4 Motivation

Nachdem im vorherigen Abschnitt die Unterschiede der vier psychischen Makrosysteme deutlich gemacht wurden, wird nun erläutert, wie diese verschiedenen Formen der Informationsverarbeitung gesteuert durch Affekt aktiviert werden.

1.2.5 Psychische Energetisierung durch Affekt

Um das Überleben eines Lebewesens sicherzustellen, müssen bestimmte Bedingungen erfüllt sein: Es benötigt ausreichend Nahrung, Sicherheit vor Feinden, Nähe zu anderen aber gleichzeitig auch Unabhängigkeit von anderen Mitgliedern der eigenen Art. Ein Lebewesen hat also bestimmte Bedürfnisse. In der PSI-Theorie werden Bedürfnisse sehr einfach dargestellt: Wie schon in Abschnitt 1.1 erläutert, stellen sogenannte *Bedürfnismelder* ständig fest, wie weit der Ist-Wert der Erfüllung eines Bedürfnisses von einem vorgegebenen Sollwert entfernt ist. Nähert sich der Ist-Wert an den Soll-Wert an, wird das Lebewesen „belohnt“, entfernt sich der Ist-Wert vom Soll-Wert, wird es „bestraft“. Belohnung und Bestrafung werden in Form einer Art „psychischer Energie“, dem *Affekt*, verabreicht. Als Belohnung wird *positiver Affekt* (abgekürzt: A+), als Bestrafung *negativer Affekt* (abgekürzt: A-) ausgeschüttet. Auf neurophysiologischer Ebene entspricht dies der Ausschüttung des chemischen Botenstoffes Dopamin an bestimmten Orten des Gehirns. Dadurch wird klar, dass Affekt zwar bewusst erlebt werden kann, dass dies allerdings nicht der Fall sein muss. A+ *kann* zwar gute Laune bedeuten, d.h. mit ihm hängen eher Gefühle wie Freude oder Tatendrang zusammen, während mit negativem Affekt eher Empfindungen wie Angst oder Traurigkeit verbunden sind. Affekte sind jedoch eher Auslöser für Gefühle als dass sie mit ihnen identisch sind. Die beiden Affektarten werden nicht wie in anderen Theorien als komplementäre Gegensätze betrachtet, in dem Sinne, dass ein stark aktiviertes Belohnungssystem (d.h. eine größere Menge A+) stets ein wenig aktives Bestrafungssystem zur Folge haben muss und umgekehrt. Der Fall gleichzeitig vorhandenen positiven und negativen Affektes scheint zunächst im Widerspruch zu eigenen Erfahrungen zu stehen: Meist fühlt man sich entweder traurig oder fröhlich. Dies erklärt Kuhl damit, dass das bewusste Erleben durch das OES und das Denken/Planen-System bestimmt wird, die dazu neigen, Information zum Zweck der Eindeutigkeit zu reduzieren. Außerdem wurde schon oben darauf hingewiesen, dass Affekt zunächst nichts als die Befriedigung bzw. Nicht-Befriedigung der Bedürfnislage angibt, dass also Affekt gar nicht bewusst wahrgenommen werden muss. Insgesamt entstehen auf diese Weise vier Pole des Affektes. Ein wenig aktives Belohnungssystem, d.h. gedämpfter positiver Affekt (A(+)) wird im Gegensatz zur ausgelassenen Freude oder Aktivität bei hohem positivem Affekt als Nüchternheit oder Lustlosigkeit erlebt. Traurigkeit oder Empfindsamkeit bei hohem negativen Affekt stehen Gefühle wie Robustheit und Gelassenheit gegenüber.

Indem Affekt auf Objekte *konditioniert* wird, erhält das lebende System eine Art Gedächtnis für Elemente der Umwelt, die eher die Bedürfnisse befriedigen, also z.B. Nahrungsmittel als auch für Dinge, die eine Gefahr darstellen wie z.B. Feinde. Auf bedürfnisbefriedigende Objekte wird positiver, auf für die Bedürfnisbefriedigung eher schädliche Objekte wird negativer Affekt konditioniert. Dies wird in der Psychologie mit dem Begriff *Anreizmotivation* bezeichnet: Objekte erhalten dadurch eine Eigenschaft, die Kuhl „Aufforderungscharakter“ nennt: Objekte, die mit A- besetzt sind, also z.B. Feinde, lösen schon bei ihrem Auftauchen Vorsicht oder Fluchtverhalten aus. Mit A+ besetzte Objekte, also z.B. Nahrung führen dagegen zu Annäherung. Die aktuelle Affektlage beeinflusst also

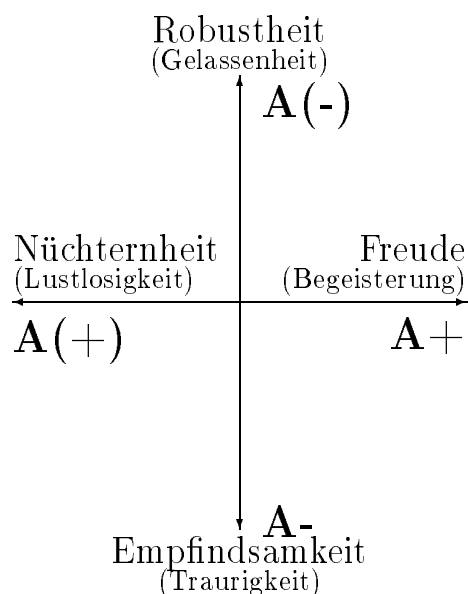


Abbildung 1.2: Die beiden Affektdimensionen der PSI-Theorie (Abbildung nach Abb. 10.2 aus (Kuhl, 2000))

Verhalten und Wahrnehmung eines Lebewesen. Dies führt Kuhl zu seinen Modulationsannahmen, die Aussagen über die Aktivierung der psychischen Makrosysteme machen.

1.2.6 Modulationsannahmen

Modulationsannahme I(a): $A+$, d.h. eine Aktivierung des Belohnungssystems sollte zur Verhaltensbahnung führen. Damit wird also die IVS aktiviert. Weder sollten komplizierte Planungen das Verhalten stören - das Denken/Planen-System wird also deaktiviert - noch sollten Ablenkungen durch Absuchen der Umgebung nach möglichen Gefahren die Ausführung der automatisierten Verhaltensprogramme unterbrechen - das OES wird also ebenfalls gehemmt. Möglicherweise erweist sich der Rückgriff auf Erfahrungen als hilfreich, das Fühlen/Selbst-System wird also auch aktiviert, jedoch nicht so stark wie die IVS.

Modulationsannahme I(b): Führt Verhalten nicht zum gewünschten Erfolg sollte die automatische Ausführung der zuständigen Verhaltensprogramme unterbrochen werden. Bei Herabregulierung positiven Affekts $A(+)$ wird also das IVS gehemmt. Gleichzeitig sollten die Ursachen des Misserfolgs festgestellt und neue Ideen vorbereitet werden, um doch noch zum Ziel zu kommen. Das Denken/Planen-System wird also aktiviert.

Modulationsannahme II(a): $A-$ sollte zu vorichtigem oder ängstlichem Verhalten führen, wobei die Umwelt besonders sorgfältig wahrgenommen wird, so dass auch kleinste beunruhigende Details erkannt werden. Dies entspricht am besten der Arbeitsweise des Empfinden/Objekterkennungssystems. Das Fühlen/Selbst-System nimmt wie oben gesagt eher Dinge wahr, die in Übereinstimmung mit dem Selbst stehen, sollte also bei Ge-

fahr gehemmt werden. Sinnvoll ist es auch, sich Gedanken über mögliche Auswege aus der Situation zu machen, die zur Aktivierung des Bestrafungssystems geführt hat. Das Denken/Planen-System sollte also ebenfalls aktiviert werden, wenn auch nicht ganz so deutlich wie das OES. Gleichzeitig sollten automatisierte Verhaltensweisen, deren Folgen vom IVS nicht „bedacht“ werden können, gehemmt werden.

Modulationsannahme I(b): Herabregulierter negativer Affekt A(-) tritt zum Beispiel dann auf, wenn eine Gefahr vorüber ist. Die erfolgreichen Maßnahmen (oder die glücklichen Umstände), die zur Rettung geführt haben, sollten als Erfahrung in die Erinnerung übertragen werden. Es wird also mit dem Fühlen/Selbst-System das Extensionsgedächtnis aktiviert, dass die vom Empfinden/Objekterkennungs-System gesammelten unverbundenen Einzeleindrücke in den „Schatz der Erfahrung“ integriert. Das Empfinden/Objekterkennungs-System wird dementsprechend gehemmt.

Die Modulationsannahmen können auch neurophysiologisch begründet werden: Seit den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts weiß man aus Untersuchungen an sogenannten *split-brain*-Patienten, dass das Gehirn in zwei weitgehend unabhängig voneinander arbeitende Hälften aufgeteilt ist, deren Arbeitsweise sich stark unterscheidet. Die Modulationsannahmen können aus der gegenseitigen Hemmung der beiden Hirnhälften, den sogenannten Hemisphären abgeleitet werden: Die eher rechtshemisphärisch lokalisierten Funktionen des Fühlens und der IVS werden unter entgegengesetzten Bedingungen zu den linkshemisphärisch lokalisierten Funktionen des Planens und des OES aktiviert.

Auffällig ist, dass sich die gleichzeitige Aktivierung von Planen und IVS bzw. Fühlen und OES ausschließt. Dies ist insofern deswegen interessant, da oben betont wurde, dass gerade die Zusammenarbeit von Fühlen und OES sowie Planen und IVS besonders wichtig sei: Wird beispielsweise das Denken gegenüber der intuitiven Verhaltenssteuerung bevorzugt, wird die Persönlichkeit ständig über komplexen Plänen brüten, die jedoch nie zur Ausführung gelangen. Nötig für den Austausch von Informationen eines höheren Systems mit dem mit ihm zusammenarbeitenden niederen System ist also ein *Affektwechsel*: Ein Übergang von niedriger Ausprägung eines Affektes zu einer höheren Ausprägung oder umgekehrt, eine Heraufregulierung der niedrigen Ausprägung eines Affektes zu einem höherem Niveau ist notwendig. Dies entspricht auf neurophysiologischer Ebene einem Wechsel von einer Hemisphäre zur anderen.

Unter der Annahme, dass sich häufig aktivierte Systeme gegenüber vernachlässigten Systemen stärker entwickeln, erkennt man schon eine Erklärungsmöglichkeit für die einseitige Entwicklung von Persönlichkeiten: Hier werden hauptsächlich ein oder zwei Systeme bevorzugt gegenüber den anderen aktiviert, wodurch sich Verhalten und Wahrnehmung wesentlich an der Charakteristik dieses bzw. dieser beiden Systeme ausrichten, während die übrigen in ihrer Entwicklung möglicherweise verkümmern. Eine Persönlichkeit wirkt dagegen um so vielseitiger, je flexibler ihr der Wechsel zwischen allen vier Systemen gelingt. Hierauf wird im folgenden Abschnitt 1.2.7 über das STAR-Modell näher eingegangen.

1.2.7 Das STAR-Modell und Persönlichkeitsstörungen

Im STAR-Modell werden die beiden Affektdimensionen in einem zweidimensionalen Koordinatensystem dargestellt. Es wird angenommen, dass starke Sensibilität für eine bestimmte Affektsorte zu einem ständigen hohen Niveau dieser Affektart führt, während

hohe Sensibilität für die Herabregulierung einer Affektsorte die Ursache für eine ständig niedrige Ausprägung dieser Affektart ist. Nach hoher, mittlerer bzw. niedriger Ausprägung der beiden Affektdimensionen werden Persönlichkeitsstile in das Achsenkreuz eingeordnet. Dadurch ergibt sich ein Stern, der „STAR“ des STAR-Modells.

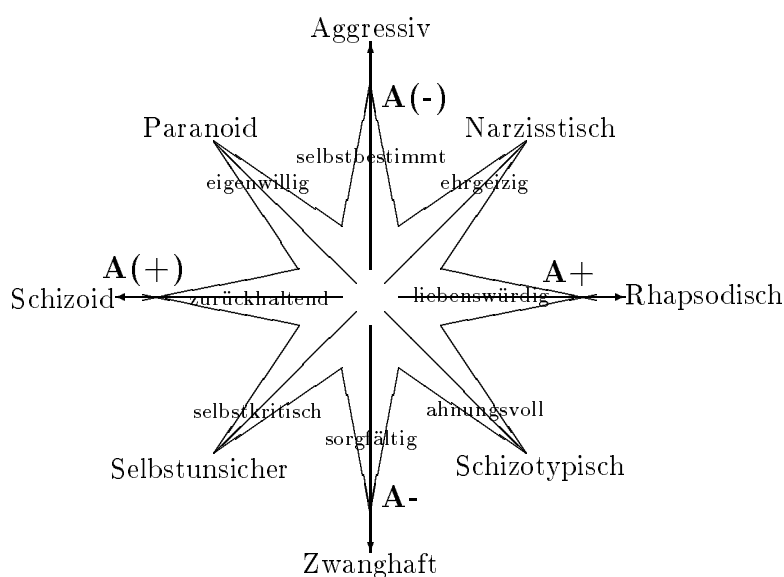


Abbildung 1.3: Vereinfachte Darstellung des STAR-Modells (Kuhl, 2000))

1.2.8 Persönlichkeitsunterschiede und -störungen

Die Zuordnung der Persönlichkeitstypen in das STAR-Modell wird durch die Modulationsannahmen abgeleitet: Dadurch, dass eine bestimmte Affektkonfiguration häufig vorliegt, können Aussagen darüber gemacht werden, welche der vier Makrosysteme überwiegend aktiv und damit stärker entwickelt und welche demgegenüber vernachlässigt werden. Aus den Eigenschaften der hauptsächlich aktivierten Makrosysteme wird auf allgemeine Tendenzen der Wahrnehmung und des Verhaltens geschlossen. So wird einer Affektkonfiguration ein *kognitiver Stil* zugeordnet. Diese werden in der Darstellung des STAR-Modells als Stern in der Mitte der Strahlen eingetragen. Das STAR-Modell versucht also, verschiedene kognitive Stile mit dem Affektbegriff der PSI-Theorie zu verbinden: „Bestimmte kognitive Schemata wie pessimistische oder optimistische, mißtrauische oder naive Überzeugungen sind ihrerseits durch affektive Fixierungen verursacht“ (Kuhl, 2000, S. 746).

Persönlichkeitsstörungen werden als Übersteigerung eines solchen kognitiven Stils angesehen: In einem solchen Fall ist eine Persönlichkeit stark auf ein oder zwei psychische Systeme

me fixiert und kann die durch die übrigen Systeme bereitgestellten Funktionen kaum noch in Anspruch nehmen. Im STAR-Modell werden Persönlichkeitsstörungen auf den Spitzen der Strahlen des „Sterns“ angegeben. Dies soll jedoch nicht in dem Sinne missverstanden werden, dass selbst starke Affektfixierungen automatisch zu einer Persönlichkeitsstörung führen müssen. Viel hängt davon ab, ob das Selbst-System gut entwickelt ist, so dass es durch seine Fähigkeiten als zentrales System mit Verbindungen zu allen anderen Systemebene die Defizite einer einseitigen Entwicklung einzelner psychischer Makrosysteme verhindert werden können. Ein starkes Selbst kann auch die Stärken, die sich durch die besondere Entwicklung einzelner Makrosysteme ergeben, herausstellen. Deshalb sieht Kuhl ein schwach entwickeltes Selbst als ein ähnlich allgemeines Symptom für das Vorliegen einer Persönlichkeitsstörung an wie das Fieber in der klassischen Medizin: Ein schwach entwickeltes Selbst-System sagt zwar noch nichts darüber aus, *was* für eine Störung vorliegt, es zeigt aber, *dass* etwas nicht in Ordnung ist.

1.2.9 Die paranoide Persönlichkeitsstörung im STAR-Modell

Da der *eigenwillige Persönlichkeitsstil* und die damit verbundene *paranoide Persönlichkeitsstörung* in etwa gleicher Bedeutung in der Alltagssprache auftauchen, wurde dieser als Beispiel ausgewählt, um die Erklärungsmodelle des STAR-Modells zu verdeutlichen. Die paranoide Persönlichkeitsstörung taucht auch in dem klinischen Manual der American Psychiatric Association zur Diagnose von psychischen Krankheiten, dem DSM-IV auf. Dort wird sie charakterisiert durch „ungerechtfertigte Erwartungen, von anderen ausgenutzt oder geschädigt und selbst von Freunden betrogen zu werden. Paranoide Symptome sind weiterhin die Umdeutung freundlicher Gesten oder Aussagen als feindlich oder bedrohlich, die mangelnde Bereitschaft, Beleidigungen zu vergessen oder zu verzeihen, eine mangelnde Selbstöffnung, die übersteigerte Bereitschaft, auf Unfreundlichkeiten mit Wut und Gegenattacken zu reagieren und das ungerechtfertigte Bezweifeln der Treue und Loyalität von Ehe- oder Sexualpartnern.“ (Kuhl, 2000, S.664). Dies entspricht recht gut dem, was man in der Alltagssprache mit dem Begriff „paranoid“ verbindet, und ist deshalb vielleicht fassbarer als die Erläuterung der histrionischen, der schizotypischen oder der schizoiden Persönlichkeitsstörung, die einem in alltäglichen Unterhaltungen nicht gerade ständig begegnen.

Im STAR-Modell wird diese Persönlichkeitsstörung links oben eingeordnet, damit liegt eine geringe Aktivität sowohl des Belohnungs- als auch des Bestrafungssystems vor, es herrscht also eine Fixierung auf die Hemmung positiven Affektes A(+) als auch negativen Affektes A(-) vor. Aus dieser Affektkonfiguration können bereits die Ursachen für das übertriebene Misstrauen und eine verhaltene Aggressivität abgeleitet werden: Die Aggressivität entsteht durch die geringe Aktivität des disziplinierenden Bestrafungssystems, sie zeigt sich jedoch selten im Verhalten, da das niedrige Niveau des positiven Affektes für die Ausführung von Verhalten durch Aktivierung der Intuitiven Verhaltenssteuerung oft nicht ausreicht. Das Misstrauen kann dagegen durch den gehemmten positiven Affekt erklärt werden: Dadurch, dass das Belohnungssystem einer paranoiden Persönlichkeit sich nicht besonders stark meldet, wenn ein anderer Mensch sich freundlich gegenüber ihr zeigt, wird angenommen, dass es ihr schwer fällt, die guten Absichten, die Nettigkeit,... seiner Umgebung überhaupt wahrzunehmen. Durch die Affektlage tauchen als dominante kognitive Systeme Fühlen und Denken auf. Auch hierdurch lässt sich ableiten, dass diese Systemkonfiguration zu Misstrauen führen kann, in dem Sinne, dass andere die ei-

genen Absichten ständig behindern: Wird eine paranoide Persönlichkeit mit Misserfolgen konfrontiert, werden diese oft durch den Einfluss anderer erklärt: Die Aktivierung des Fühlens geht mit einer starken Aktivierung des mit dem Extensionsgedächtnis verbundenen Selbst-Systems und einem entsprechenden „Selbstbewusstsein“ einher. Dadurch wird die Schuld an Frustrationen eher bei anderen gesucht, die latente Aggressivität wird dabei auf andere projiziert. Die starke Aktivierung des Denken-Systems führt zu einer Bevorzugung rationaler Tätigkeiten wie z.B. Computerprogrammierung, was im DSM-IV als Nebensymptom genannt wird.

1.3 Das PSI-Modell von Bröcker und Kuhl

Die obige Einführung mag die schon in der Einleitung erwähnten Schwierigkeiten bei der mathematischen Formalisierung verdeutlicht haben: Die aus allen Disziplinen der Psychologie schöpfende PSI-Theorie scheint in ihrer Weitläufigkeit durch ein komprimiertes mathematisches Modell schwer fassbar. Andererseits entziehen sich psychologische Begriffe aufgrund ihres gegenüber den Begriffen der klassischen naturwissenschaften deutlich höheren Abstraktionsniveaus ohnehin sehr viel stärker mathematischer Modellierung. Daher kommt es bei einem psychologischen Modell sehr stärker darauf an, die Ergebnisse in der richtigen Weise zu interpretieren. Um so interessanter ist die Frage, wie man sich dennoch an die Lösung dieser Aufgabe heranwagen kann. Eine vollständige Modellierung allein des STAR-Modells wäre schon ein sehr ehrgeiziges Vorhaben. Bröcker beschränkt sich deshalb darauf, die Dynamik der vier psychischen Makrosysteme, die nach den Modulationsannahmen unter dem Einfluss einer bestimmten Affektlage zustande kommen müsste, zu modellieren. Weitergehende Aussagen des STAR-Modells, die mit der Struktur der einzelnen psychischen Makrosysteme zusammenhängen und die eigentliche Begründung für die Zurückführung von kognitiven Stilen auf Affektkonfigurationen liefern, können allein aus den Aktivierungsniveaus dieser Systeme nicht abgelesen werden. Ein mathematisches Modell, das diesen Teil des STAR-Modells formalisieren soll, müsste beispielsweise die folgenden strukturellen Eigenschaften der vier Makrosysteme in irgendeiner Weise integrieren:

- Für das Fühlen/Selbst-System: Wie tief und wie vernetzt sind die im Extensionsgedächtnis repräsentierten Schemata?
- Für das Verhalten/Intuieren-System: Wie groß ist der Umfang und welcher Art sind die Verhaltensweisen, die in der Intuitiven Verhaltenssteuerung automatisiert sind?
- Für das Empfinden/Objekterkennungs-System: Wie schnell und wie zuverlässig kann das Objekterkennungssystem Reizinformation zu von ihrer Umgebung unterscheidbaren Objekten umwandeln?
- Und schließlich für das Planen/Denken-System: Wie komplex sind die im Intentionsgedächtnis verfügbaren Pläne und wie realistisch bzw. utopisch sind die Ziele, die sich die Persönlichkeit setzt?

Solche Fragestellungen, die stärker konkrete Persönlichkeiten im Blick haben und möglicherweise Aussagen darüber erlauben, wann die Ausprägung eines Persönlichkeitsstils pathologische Züge annimmt, erfordern eine sehr viel aufwändigere Modellierung. Ein kleiner Ansatz hierzu wird in 1.4.2 vorgestellt.

1.3.1 Mathematische Eigenschaften des PSI-Modells

Bröckers PSI-Modell soll also das zeitliche Verhalten der Affektlage und der Aktivierung der vier psychischen Makrosysteme der PSI-Theorie, Empfinden/Objekt-erkennung, Verhalten/Intuieren, Planen/Denken und Fühlen/Selbst einer Persönlichkeit beschreiben. Fühlen und Objekterkennung bzw. Planen und Verhaltenssteuerung werden jeweils durch ein gleichartiges Paar von Differentialgleichungen aneinander gekoppelt. In den Gleichungen soll berücksichtigt werden, dass die höheren kognitiven Funktionen Fühlen bzw. Denken ihre niederen Gegenparts Objekterkennung bzw. Verhaltenssteuerung steuern: Das Fühlen entscheidet, welche der von der Objekterkennung gelieferten Objekte es einer weiteren Verarbeitung für würdig erachtet, während das Planen entscheidet, wann es der Verhaltenssteuerung den Befehl zur Ausführung bestimmter Verhaltensroutinen, die einem fertig entwickelten Plan entsprechen, gibt. Weiterhin soll die unterschiedliche Reaktion der höheren gegenüber den niedrigen Systemen auf ihre Aktivierung: Die niederen Systeme unterliegen einer starken Selbstdämpfung. Dies kann z.B. beim Objekterkennungssystem dadurch erklärt werden, dass ein Objekt nur so lange in einer Art „Kurzzeitgedächtnis“ bereitgestellt wird, wie das Fühlen benötigt, zu entscheiden, ob das Objekt interessant erscheint oder nicht. Danach sollte es jedoch schleunigst durch Dämpfung der Objekterkennung wieder „vergessen“ werden, ansonsten besteht die Gefahr der „katastrophischen Interferenz“: Dieser Begriff aus der Kognitionswissenschaft beschreibt laut (Bröcker, 2000, S.61) „den abrupten Verlust von bisher über einen langen Zeitraum Erlerntem...[der] eintritt, wenn neue Erfahrungen ohne Zwischenspeicherung in einer Art „Gedächtnispuffer“ Strukturen im Langzeitgedächtnis überschreiben können“. Demgegenüber lässt sich das Fühlen zunächst nicht so leicht aktivieren, weist aber die Tendenz auf, sich durch Selbstverstärkung zu stabilisieren und vom Objekterkennungssystem nur leicht dämpfen zu lassen. Bröcker orientiert sich an einem von Herrmann Haken, dem Begründer der Synergetik, bereits 1981 erstmals veröffentlichten Modell, das diese Verhaltenscharakteristika erfüllt:

$$\frac{dF}{dt} = \left(1 - \frac{E}{b_-}\right)F, \quad (1.1)$$

$$\frac{dE}{dt} = -(4 - b_-)^2 E + b_- F^2. \quad (1.2)$$

Hierbei wird mit F die Aktivierung des Fühlen-Systems, mit E die Aktivierung des Empfinden/Objekterkennungs-Systems und mit b_- die Ausprägung des negativen Affekts A_- bezeichnet. Wie man in (1) erkennen kann, wird die leichte Tendenz von F zur Selbstverstärkung durch $-E/b_-$ gedämpft. Die Selbsthemmung von E durch $-(4 - b_-)^2 E$ durch das steuernde Fühlen-System durch $b_- F^2$ kompensiert wird. b_- fungiert hier als Steuerparameter, der die Aktivierung von Fühlen gegenüber Objekterkennung kontrolliert. Durch Betrachtung der stationären Lösungen des Systems wird deutlich, dass der Einfluss von b_- genau den Modulationsannahmen entspricht.

1.3.2 Stabilitätsanalyse der stationären Lösungen

Die triviale Lösung $(F_0^S, E_0^S) = (0, 0)$ ist, wie man durch lineare Stabilitätsanalyse nachweisen kann, stets instabil.

Bestimmung der Jacobi-Matrix:

$$\begin{pmatrix} 1 - \frac{E}{b_-} & -\frac{F}{b_-} \\ 2b_-F & -(4 - b_-)^2 \end{pmatrix}$$

Für $(F_0^S, E_0^S) = (0, 0)$ erhält diese Matrix Diagonalgestalt:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -(4 - b_-)^2 \end{pmatrix}$$

Hieraus ergibt sich nach dem Hurwitz-Kriterium immer Instabilität, denn die Determinante dieser Matrix ist stets kleiner als 0. Für die zweite mögliche, nichtverschwindende stationäre Lösung erhält man immer Stabilität:

$$\begin{pmatrix} 0 & -\frac{4-b_-}{b_-} \\ 2b_-(4 - b_-) & -(4 - b_-)^2 \end{pmatrix}$$

Man erkennt also, dass sich F und E für $t \rightarrow \infty$ an die stationäre Lösung $(F_1^S, E_1^S) = (4 - b_-, b_-)$ annähern müssen. Dies entspricht aber genau den Modulationsannahmen: Wird negativer Affekt heraufreguliert, wird das Fühlen-System deaktiviert und die Objekterkennung aktiviert. Bei Herabregulierung negativen Affektes erhöht sich dagegen die Aktivität des Fühlens während die der Objekterkennung geringer wird.

Für die Dynamik von Denken und Verhaltenssteuerung gilt ein analoges System mit b_+ als Steuerparameter:

$$\frac{dF}{dt} = \left(1 - \frac{E}{b_+}\right)F, \quad (1.3)$$

$$\frac{dE}{dt} = -(4 - b_+)^2 E + b_+ F^2. \quad (1.4)$$

Unter der Annahme, dass sich Persönlichkeiten durch mehr oder weniger starke Fixierungen auf positiven bzw. negativen Affekt unterscheiden, werden die beiden Differentialgleichungssysteme nun durch eine Affektdynamik gekoppelt. Affektfixierungen können durch die beiden Parameter für „tonischen“ Affekt, b_{t+} und b_{t-} eingestellt werden. Fixierungen kommen nach der PSI-Theorie durch Sensibilitäten für die jeweiligen Affektsorten zustande. Für jede Affektdimension wird eine Sensibilität für die Verstärkung und eine für die Dämpfung angenommen, man erhält also vier weitere Parameter: s_{++} für die Heraufregulierung und s_{+-} für die Herabregulierung positiven Affekts, s_{-+} für die Heraufregulierung und s_{--} für die Herabregulierung negativen Affekts.

$$b_+ = b_{t+} + \frac{2}{1 + e^{-s_{++}(F-P-\Delta b_{t+})\theta(F-P-\Delta b_{t+})-s_{+-}(F-P-\Delta b_{t-})\theta(P-F-\Delta b_{t-})}} \quad (1.5)$$

$$b_- = b_{t-} + \frac{2}{1 + e^{-s_{-+}(P-F+\Delta b_{t-})\theta(P-F-\Delta b_{t-})-s_{--}(P-F+\Delta b_{t+})\theta(F-P-\Delta b_{t+})}} \quad (1.6)$$

Diese Affektdynamik sieht sehr viel komplizierter aus, als sie eigentlich ist: Bröcker wählt eine sehr kompakte Schreibweise mithilfe der Heaviside-Funktion $\theta(x)$, da ansonsten mehrere Fallunterscheidungen zur Aufstellung der Affektgleichungen nötig gewesen wären.

Die Heavisidefunktion „berücksichtigt“ einen Ausdruck nur, falls er positiv ist, ansonsten liefert sie 0:

$$\theta(x) = \begin{cases} 1 & : x > 0 \\ 0 & : x \leq 0 \end{cases}$$

Dementsprechend sind $\Delta b_{t+} = (b_{t+} - b_{t-})\theta(b_{t+} - b_{t-})$ und $\Delta b_{t-} = (b_{t-} - b_{t+})\theta(b_{t-} - b_{t+})$ jeweils ein Maß für das Überwiegen einer Affektsorte, Affekt soll entsprechend der eingestellten Affektsensibilitäten logistisch in Abhängigkeit der Aktivierung der rechten bzw. linken Hemisphäre wachsen: Aktivierung linkshemisphärisch lokalisierter Systeme (besonders der Objekterkennung) wird als begünstigend für die Heraufregulierung von negativem Affekt und die Herabregulierung von positivem Affekt angenommen. Aktivierung des rechtshemisphärisch gelegenen Fühlen/Selbst-Systems führt zur Erhöhung von positivem Affekt und zur Dämpfung negativen Affektes. Durch Bildung der Differenz von F und P soll also die derzeit aktivere Hirnhälfte bestimmt werden. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine Hirnhälfte sich bereits durch tonischen Affekt auf einem höheren Normalniveau befinden könnte. Dies wird durch den Abzug von Δb_{t+} bzw. Δb_{t-} herausgerechnet. Man kann zeigen, dass aufgrund des Ausdrucks mit der Heaviside-Funktion jeweils entweder der Faktor für Heraufregulierung *oder* Herabregulierung ins Gewicht fällt. Die Heaviside-Funktion wirkt hier also als Schalter, der anhand der Parametrisierung durch tonischen Affekt und der aktuellen Aktivierung des Fühlen- und des Planen-Systems feststellt, welche Affektsorte herauf- und welche herabreguliert werden muss. Für die beiden Affektdimensionen ergibt sich ebenfalls ein Gleichgewichtsniveau: $(b_+, b_-) = (1 + b_{t+}, 1 + b_{t-})$.

1.3.3 Parametrisierung des PSI-Modells

Im folgenden wird nun die praktische Anwendung des PSI-Modells erläutert. Das PSI-Modell wird anhand des STAR-Modells parametrisiert. Es wird hierbei die Annahme der PSI-Theorie zugrunde gelegt, dass Fixierungen auf eine der beiden Affektdimensionen auf eine hohe Sensibilität für die Heraufregulierung dieser Affektsorte zustande kommt, während eine hohe Sensibilität für Herabregulierung einer Affektsorte zu einer niedrigen Ausprägung dieser Affektsorte führen soll. Damit kann man anhand der Positionierung eines Persönlichkeitsstils im STAR-Modell schon ablesen, wie man das Modell parametrisieren muss, um die Affektconfiguration, die bei diesem Persönlichkeitsstil vorliegt, in das PSI-Modell zu übertragen: „Die Parameter b_{t+} und b_{t-} repräsentieren die Ausprägung der tonischen Affektlage und können [...] als die Achsen $A+$, $A(+)$, $A-$ und $A(-)$ interpretiert werden,...“ (Bröcker, 2000, S.69) Ist ein Parameter für den tonischen Affekt auf 0 gesetzt, hat der entsprechende Affekt die „Normalausprägung“ 1. Ist der Affekttonus für eine Affektsorte positiv, erhält man eine stärkere Ausprägung des entsprechenden Affektes über dem Normalniveau 1, ist der Tonus dagegen negativ, erhält man eine schwache Ausprägung unter 1. Die Sensibilitäten s_{++} , s_{+-} , s_{-+} und s_{--} werden entsprechend des tonischen Affektes eingestellt: Ist eine Affektdimension auf mittlerem Niveau, werden beide Sensibilitäten dieser Affektsorte ebenfalls auf ein mittleres Niveau eingestellt, bei einer starken Ausprägung wird die Sensibilität für Heraufregulierung hoch und der Parameter für Herabregulierung niedrig eingestellt. Bei schwacher Ausprägung einer Affektsorte wird dagegen die Sensibilität für Herabregulierung hoch und die für Heraufregulierung niedrig gewählt. Um eine solche Affektconfiguration zu testen, setzt man das Modell auf die

stationäre Lösung, die man anhand der Gleichungen berechnen kann. Da sich in diesem Fall auch die beiden Affekte b_+ und b_- auf ihrem asymptotischen Niveau befinden, bleibt das System ohne Einflüsse von außen im Gleichgewicht. Durch *Affektperturbationen*, d.h. Erhöhungen einer oder beider Affektsorten für ein bestimmtes Zeitintervall, die zu b_+ und b_- addiert werden, wird dieses Gleichgewicht gestört. Das sich ergebende Modellverhalten kann dann im Zusammenhang mit der PSI-Theorie interpretiert werden.

1.3.4 Simulation verschiedener Systemkonfigurationen

1.3.5 Erhöhte Sensibilität für Heraufregulierung negativen Affektes

In der Systemkonfiguration zu Abbildung 3 sind beide Parameter für den Affekttonus auf 0 gesetzt ($b_{t+} = b_{t-} = 0$). Damit beträgt die Ausprägung der Affekte jeweils 1. Die beiden niederinferenten Systeme befinden sich in der Gleichgewichtslage auf dem Niveau 1, die beiden hochinferenten Systeme auf dem Niveau 3. Die Sensibilität für die Verstärkung negativen Affektes ist gegenüber den anderen Sensibilitäten erhöht ($s_{++} = s_{+-} = s_{--} = 0.5, s_{-+} = 1.5$).

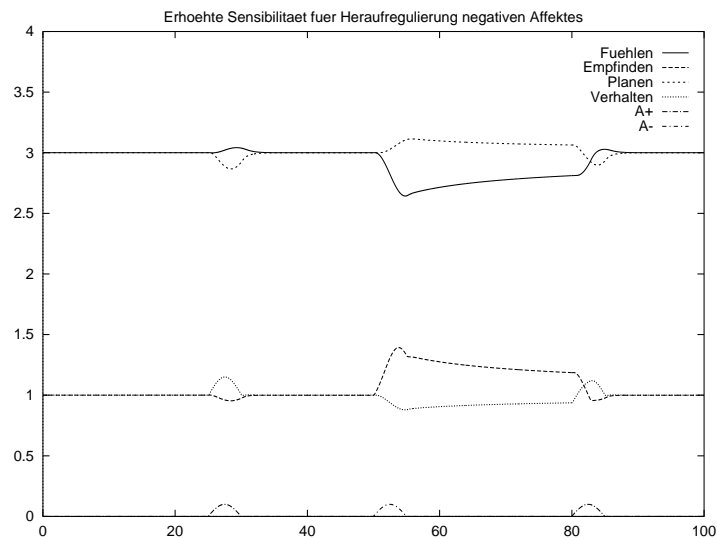


Abbildung 1.4: *Systemkonfiguration mit erhöhter Sensibilität für die Heraufregulierung negativen Affektes, nach (Broecker, 2000)*

Das PSI-Modell ist wie erwähnt qualitativ, deshalb darf man die Aktivierungsniveaus der vier Makrosysteme und das Affektniveau nicht als scharf festgelegte Zahlenwerte interpretieren, wie man dies von einem quantitativen Modell gewohnt ist. Mögliche Fragestellungen sind einerseits, welche Makrosysteme aktiviert bzw. in ihrer Aktivität heruntergeregelt werden. Andererseits ist von Interesse, ob die Makrosysteme wieder auf ihr altes Niveau zurückreguliert werden oder ob das ursprüngliche Gleichgewicht nicht wiederhergestellt werden kann. Betrachtet man nun Abbildung 3, erkennt man, dass eine positive Affektperturbation - wie von den Modulationsannahmen postuliert - zu einer Verstärkung des Fühlens und des Verhaltens bei gleichzeitiger Dämpfung des Planens und des Empfindens führt. Diese Auslenkung der psychischen Systeme aus ihrer Ruhelage führt jedoch nicht zu einer dauerhaft aus dem Gleichgewicht geratenen Systemkonfiguration. Ein anderes Bild ergibt sich bei einer negativen Affektperturbation: Planen und Empfinden bleiben gegenüber Fühlen und Verhalten dauerhaft aktiviert und zwar solange, bis das System durch

eine positive Affektperturbation wieder ins Gleichgewicht gebracht werden kann. Störungen durch positiven Affekt führen also nicht zu einem Ungleichgewicht des Systems, während negativer Affekt das System aus dem Gleichgewicht bringt. Nur durch „Hilfe von außen“, d.h. durch positiven Affekt können die Systeme in die Gleichgewichtslage zurückreguliert werden.

1.3.6 Die paranoide Persönlichkeitsstörung

Im Anschluss an die Erläuterungen über die paranoide Persönlichkeitsstörung in 1.2.9 betrachten wir nun noch das Verhalten des PSI-Modells, wenn man es anhand der für die paranoide Persönlichkeitsstörung anzunehmenden Affektconfiguration parametrisiert: Die paranoide Persönlichkeitsstörung zeichnet sich durch eine hohe Sensibilität für die Herabregulierung beider Affektsorten und ein dementsprechend tonisch niedrige Niveaus für sowohl positiven als auch negativen Affekt aus.

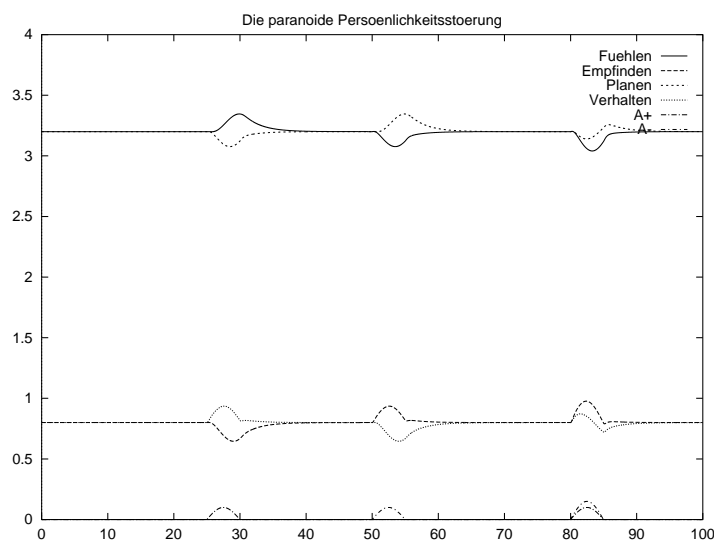


Abbildung 1.5: Systemkonfiguration mit erhöhter Sensibilität für die Heraufregulierung negativen Affektes

Entsprechend den Empfehlungen von (Bröcker, 2000, S. 73) wurde für beide tonische Affekte $b_{t+} = b_{t-} = -0.2$ gewählt. Die Affektsensibilitäten für Heraufregulierung s_{++} und s_{+-} wurden auf das niedrige Niveau 0.3, die Sensibilitäten auf das hohe Niveau 1.2 gesetzt. Die Dynamik der Makrosysteme entspricht den Annahmen, die dem STAR-Modell zugrunde liegen: Die beiden hochinferenten Systeme Fühlen und Planen haben durch die Fixierung auf jeweils niedrige Niveaus der beiden Affektsorten gegenüber dem „Normalniveau“ 3 ein höheres Gleichgewichtsniveau. Sie sind also stärker aktiviert als die niederinferenten Systeme, die ein gegenüber dem „Normalniveau“ 1 ein niedrigeres Gleichgewichtsniveau angenommen haben. Die starke Dämpfung beider Affektsorten führt dazu, dass sich keines der vier Systeme stark von seinem Gleichgewichtsniveau entfernen kann. Dies ist in der Abbildung an der Reaktion auf die einzelne positive sowie die einzelne negative Affektperturbation ersichtlich. Hierdurch wird die Festfahrenheit einer paranoiden Persönlichkeit deutlich: Die durch das Planen im Intention Gedächtnis bewusst gesetzten Ziele können oft nicht ausgeführt werden, da die intuitive Verhaltenssteuerung meist deaktiviert ist - es wird mehr verhaltensbahnender positiver Affekt benötigt als bei den meisten anderen

Persönlichkeitsstilen, um tatsächlich Verhaltensprogramme in Gang zu setzen. Es entsteht also ein ständiger Widerspruch, zwischen dem Anspruch, seine Ziele und Pläne zu verwirklichen und der dazu nicht ausreichenden Aktivität. Die Schuld hierfür wird eher bei anderen gesucht, weil mit dem Fühlen auch das ebenfalls mit dem Extensionsgedächtnis verbundene Selbst stark aktiviert ist, wodurch man ein entsprechend hohes „Selbstbewusstsein“ annehmen kann. Bei einer gemischten Perturbation von sowohl positivem als auch negativem Affekt, werden beide hochinferenten Systeme zunächst gedämpft, wogegen die niederinferenten Systeme etwas stärker hervortreten. Die in diesem Beispiel stärkere Perturbation durch negativen Affekt führt dazu, dass das Planen gegenüber dem Fühlen weniger stark gedämpft wird, während das Empfinden gegenüber der Verhaltenssteuerung etwas stärker aktiviert wird. Nur wenn also positiver *und* negativer Affekt heraufreguliert werden, kann die Vorherrschaft der hochinferenten Systeme verringert werden. Insgesamt liefert die Simulation also eine den Annahmen des STAR-Modells entsprechende Dynamik, ohne dass aber die aus diesen Annahmen abgeleiteten Interpretationen, die z.B. auf die jeweiligen Verarbeitungsstile der vier Makrosysteme gegründet werden können, durch das PSI-Modell gestützt werden könnten: Die Struktur der vier Makrosysteme ist schließlich nicht in das PSI-Modell eingegangen.

1.4 Kritik des PSI-Modells

1.4.1 PSI-Modell und STAR-Modell

Qualitative Modelle sollen in erster Linie Wechselbeziehungen zwischen bestimmten Parametern und einem durch diese Parameter konfigurierten System unter Annahme bestimmter „Spielregeln“ darstellen, ohne dass der Anspruch erhoben wird, tatsächlich exakte Werte für die Systemgrößen zu bestimmten Zeitpunkten zu erhalten. So bemerkt Bröcker zu seinem PSI-Modell: „Es ist eine mathematische Konstruktion, die die Systemdynamik, welche die PSI-Theorie impliziert, qualitativ reflektiert und in diesem Stadium keine quantitativen Aussagen, die über logische oder ordinale Relationen hinausgehen, erlaubt. Das PSI-Modell ist somit als heuristisches Modell der PSI-Theorie zu verstehen.“(Bröcker, 2000, S. 75)

Letzte Sicherheit oder gar der Beweis einer Theorie durch ein mathematisches Modell lassen sich jedoch hierdurch nicht erreichen. Die Übertragung der Begriffe einer Theorie in mathematische Form ist niemals eine identische Abbildung. Mathematik ist eine zwar sehr flexible Repräsentationsform für Informationen verschiedenster Art, die jedoch auch mit einem sehr hohen Abstraktionsgrad verbunden ist. Es ist deshalb auf keinen Fall ratsam, ein mathematisches Modell überzubewerten, selbst wenn es sich schon sehr lange Zeit bewährt hat. Ein Beispiel hierfür ist die Newtonsche Mechanik, die ein sehr gutes Modell für die mechanischen Phänomene des täglichen Lebens liefert, jedoch - wie erst durch Einstein herausgefunden wurde - bei sehr hohen Geschwindigkeiten in der Nähe der Lichtgeschwindigkeit oder dem Einfluss starker Schwerkraft versagt. Hier liefert Einsteins Relativitätstheorie korrekte Ergebnisse. Dies zeigt deutlich, dass ein mathematisches Modell immer wieder an der Wirklichkeit geprüft werden muss - und nicht die Vorstellung von der Wirklichkeit an ein mathematisches Modell angepasst werden sollte. Letztendlich muss der das Modell anwendende Wissenschaftler die entscheidenden Überlegungen selbst machen, denn dazu ist ein mathematisches Modell natürlich nicht in der Lage. Bröckers Modell kann mit der obengenannten Vorsicht verwendet werden, um

die Aktivierungsniveaus der Makrosysteme unter dem Einfluss von Affektperturbationen zu überprüfen. Lassen sich Annahmen des STAR-Modells über hauptsächlich dominante bzw. unterdrückte Systeme bei bestimmten Affektkonfigurationen durch Simulation des PSI-Modells mit entsprechender Parametrisierung darstellen, ist dies ein gutes Zeichen: Unter der Voraussetzung, dass die mathematischen Eigenschaften von Bröckers Differentialgleichungssystem tatsächlich Annahmen der PSI-Theorie korrekt abbilden, dass also die „Spielregeln“ korrekt in mathematische Form übertragen worden sind, ist damit gezeigt, dass das STAR-Modell tatsächlich aus den Annahmen der PSI-Theorie formal ableitbar ist: Bei der Simulation eines mathematischen Modells ist man zumindest dagegen gefeit, dass man versehentlich eine „Spielregel“ fehlinterpretiert und so zu falschen Aussagen kommt. Im Falle der PSI-Theorie scheint sich das STAR-Modell tatsächlich aus den „Spielregeln“ zu ergeben: Aus Tabelle 3-4 (Bröcker, 2000, S.73) ist ersichtlich, wie man das PSI-Modell parametrisieren muss, um zu dem für bestimmte Persönlichkeitsstile des STAR-Modells postulierten Systemverhalten zu kommen. Die sich gegenseitig begründende Gültigkeit von STAR- und PSI-Modell ist durch diese Übereinstimmung erreicht: „Die Validität der Modellierung der PSI-Theorie durch das PSI-Modell wird vor diesem Hintergrund durch die Möglichkeit der Ableitungen der Anreiztypen des STAR-Modells aus dem PSI-Modell gestützt.“ (Bröcker, 2000, S.75)

Bröckers Vorsatz, sich um eine Zusammenfassung der Affektsensibilitäten mit dem Parametersatz des tonischen Affektes zu bemühen, ist sicher zuzustimmen, wenn man den tonischen Affekt als stabiles mittleres Affektniveau ansieht, das sich im System durch die Affektsensibilitäten unter Normalbedingungen einspielt. Hier bietet sich jedoch vielleicht stattdessen die Möglichkeit, das Modell um individuelle Unterschiede der Selbststeuerung zu erweitern, worauf in 1.4.2 eingegangen wird.

Das Konzept, eine Systemkonfiguration durch Affektperturbationen zu testen, erscheint auf den ersten Blick möglicherweise etwas problematisch: Wie können Affektperturbationen in einem Persönlichkeitssystem interpretiert werden? Interpretiert man zum Beispiel einen Gefahrenreiz als Ursache für eine negative Affektperturbation, muss man sich fragen, ob nicht ein entsprechendes Makrosystem aktiviert sein sollte, um diesen Reiz wahrzunehmen. Einer solchen sehr peniblen Betrachtungsweise kann durch Hinweis auf den Modellzweck entgegengetreten werden: Das PSI-Modell soll für verschiedene Affektkonfigurationen die Aktivierung und das Stabilitätsverhalten der vier Makrosysteme unter Affekteinflüssen beschreiben. Hierbei ist nicht allzu entscheidend, durch welche Ursachen eine Affektperturbation zustande kommt, sondern vielmehr die Reaktion des Systems auf diese Perturbationen.

Besondere Berücksichtigung bei Experimenten mit dem Modell sollten neben den Perturbationen durch eine einzelne Affektsorte auch überlagerte Perturbationen durch beider Affektdimensionen finden, da in der PSI-Theorie das gleichzeitige Vorkommen von positivem und negativem Affekt nicht ausgeschlossen wird.

1.4.2 Ausblick: Mögliche Erweiterungen des PSI-Modells

Die Ableitung weitergehender Schlüsse aus einem Modell ist einerseits der eigentliche Vorteil mathematischer Modellbildung: Durch Testen verschiedener Parametersätze und Veränderungen oder Erweiterungen am Modell können theoretische Gedankenexperimente mit vergleichsweise geringem Aufwand gewissermaßen automatisiert durchgeführt werden. Solche Erkenntnisse sind allerdings naturgemäß mit noch größerer Unsicherheit behaftet

als die Konsistenzprüfung einer Theorie mithilfe eines mathematischen Modells. Auf jeden Fall sollten solche aus dem Modell gewonnenen Aussagen durch Experimente auf ihre Übereinstimmung mit der Wirklichkeit kontrolliert werden.

Als besonders lohnende Erweiterung des PSI-Modells erscheint die Einbeziehung des Temperament-Begriffes der PSI-Theorie: Ähnlich wie Affekt stellt Temperament eine Art psychische Energie dar, die in der Lage ist, eine Persönlichkeit zu aktivem Verhalten anzuspornen (*motorische Aktivierbarkeit*, T+) oder ihre Wahrnehmung zu schärfen (*sensorische Erregbarkeit*, T-). Wie beim Affekt sind auch diese beiden Dimensionen unabhängig voneinander. Im Gegensatz zu Affekt ist hier die Ausschüttung der psychischen Energie nicht auf das Vorhandensein bestimmter Anreize beschränkt: Temperament ist anreizunabhängig. Motorische Aktivierbarkeit kann man z.B. durch das subjektive Empfinden höherer Leistungsfähigkeit nach dem Genuss von Koffein beschreiben, sensorische Erregbarkeit kann bei Versuchspersonen z.B. durch die Beschallung mit weißem Rauschen gesteigert werden. Durch Temperamentsfixierungen entstehen nach der PSI-Theorie ähnlich den durch Affektfixierungen Persönlichkeitsausprägungen weitere Persönlichkeitstypen. Die Erweiterung des Modells um die Temperamentebene der PSI-Theorie ist zwar sicherlich eine nicht einfache, jedoch um so lohnendere Aufgabe: Neben der Möglichkeit, ob auch bei den Temperamentstypen des STAR-Modells die postulierte Aktivierungsdynamik der Makrosysteme aus den theoretischen Annahmen ableitbar ist, reizt besonders die Untersuchung der gleichzeitigen Einflüsse von Temperament und Affekt. Die Entdeckung, dass sich durch verschiedene Affekt-/Temperament-Konfigurationen noch weitere kognitive Stile auf bestimmte Fixierungen des Systems zurückführen lassen, wäre zumindest nicht ausgeschlossen. Hier wird die eigentliche Berechtigung der qualitativen Modellierung deutlich: Sind die Affekttypen durch das STAR-Modell noch anschaulich zu machen, würde sich bei kombinierten Affekt-/Temperaments-Konfigurationen bereits ein vierdimensionales Koordinatensystem ergeben, das wohl nicht mehr übersichtlich genug wäre, um Annahmen über Persönlichkeitsausprägungen zu begründen. Durch Kombination eines Modells für die affektgesteuerte Dynamik - des PSI-Modells - und eines neuen Modells für die Temperamentebene könnte ein erweitertes mathematisches Modell geschaffen werden, das die komplexe Affekt- und Temperamentdynamik, die sich aus den Modulationsannahmen der PSI-Theorie ergibt, vollständig formalisiert. Möglicherweise müssten Affekt- und Temperament-Typen dann nicht mehr getrennt voneinander betrachtet werden und es wären genauere Rückschlüsse auf die Fixierungen, die einer Persönlichkeitsausprägung oder -störung zugrunde liegen, möglich.

Da die PSI-Theorie das im Extensionsgedächtnis integrierte Fühlen/Selbst-System als sehr wichtig einschätzt, wäre es außerdem sehr interessant, individuelle Unterschiede der Selbstregulation und der Selbststeuerung untersuchen zu können. Die Selbstregulation wird im PSI-Modell durch die in (Bröcker, 2000, S.62-64) ausführlich erläuterte Selbstdämpfung der psychischen Makrosysteme berücksichtigt. Dies liefert keine individuellen Unterschiede in der Kompetenz des Selbstsystems. In (Kuhl, 2000, S.764) wird jedoch im Kapitel über die Therapiebegleitende Osnabrücker Persönlichkeitsdiagnostik (TOP) gerade die Stärke des Selbstsystems als Indikator dafür gesehen, ob eine schwere Affektfixierung tatsächlich zu einer Persönlichkeitsstörung führt: „Es gibt jedoch Befunde, die zeigen, dass affektive und kognitive Fixierungen keineswegs in die psychische Erkrankung münden: Wer die Fähigkeit entwickelt hat, kognitive und affektive Zustände aus eigener Kraft, also selbstgesteuert zu verändern, hat ein erheblich verringertes Erkrankungsrisiko.“(Kuhl, 2000, S.764), (siehe auch 1.2.7) Das Selbst wird also in der PSI-Theorie so stark

bewertet, dass es die Folgen einer starken Affektfixierung zumindest mindern kann. Um individuelle Unterschiede der Selbststeuerung mithilfe des PSI-Modells untersuchen zu können, muss man sich zunächst mit der Interpretation der Affektsensibilitäten beschäftigen. Im STAR-Modell wird nicht klar zwischen Affektfixierungen und Sensibilitäten für bestimmten Affekt unterschieden, es wird nur die Sensibilität für Herab- oder Heraufregulierung einer Affektsorte berücksichtigt. Eine Affektfixierung ergibt sich in dieser Vorstellung automatisch durch Sensibilität für bestimmten Affekt. Deshalb wird in (Bröcker, 2000, S.74) sogar vorgeschlagen, den tonischen Affekt ganz aus dem Modell herauszunehmen, um es noch kompakter zu machen: „Unter der Annahme, dass eine Verbindung zwischen dem gegebenen affektiven Tonus und der Bestrafungs- bzw. Belohnungssensibilität besteht, soll daher ein Ziel der weiteren Formalisierung sein, das Modell so zu erweitern, daß sich über die Modelldynamik kumulativ der Affekttonus im Kontext der spezifischen Affektsensibilitäten einstellt.“ Möglicherweise ist es jedoch ebenso sinnvoll, Sensibilitäten und tonischen Affekt strikt zu trennen, in dieser Art der Interpretation wäre der tonische Affekt ein statischer Parameter der die Ausprägtheit einer Affektfixierung ausdrückt, während die Affektsensibilitäten als dynamische Parameter, die Art der Systemkonfiguration beeinflussen könnten, mit einer Affektfixierung umzugehen. Hier bieten sich zwei Methoden an, mit dem Modell zu experimentieren: Einerseits könnten einfach Affektfixierungen in einer Richtung mit einer gleichzeitigen Sensibilität für Herabregulierung dieses Affektes kombiniert werden. Dies könnte als adaptiver Umgang des Selbst mit der Affektfixierung interpretiert werden: Das Selbst hat gelernt, den oft auf hohem Niveau fixierten Affekt auf ein niedrigeres Niveau herabzuregulieren. So können auch die durch die Affektfixierung normalerweise unterdrückten Systeme öfter aktiviert werden.

Weiter ginge noch ein zweiter Ansatz, der die Affektsensibilitäten durch eine weitere Gleichung in Abhängigkeit von der Aktivierung des Affektes über oder unter ein bestimmtes Niveau erhöht oder vermindert. Auf diese Weise könnte ein mehr oder weniger flexibel auf die Affektlage reagierendes Selbstsystem simuliert werden, so wie es in der PSI-Theorie angenommen wird. Dies entspricht jedoch nicht der theoretischen Annahme der PSI-Theorie, dass sich Affektfixierungen durch bestimmte Affektsensibilitäten ergeben, da diese nun nicht mehr konstant sind. Allerdings erscheint es nicht abwegig, dass das Selbstsystem in der Lage sein soll, die Sensibilitäten für die Herauf- oder Herabregulierung von Affekt zu kontrollieren. Dieser Interpretation folgend könnte das Selbstsystem nicht die Affekte selbst, wohl aber deren Einfluss auf die vier Makrosysteme steuern.

Um schließlich ansatzweise die Strukturen der psychischen Makrosysteme zu modellieren, was für eine vollständige Modellierung der PSI-Theorie unerlässlich ist, könnte versucht werden, das Verhältnis von Schemabildung über *Akkomodation* bzw. *Assimilation* in das Modell zu integrieren. Akkomodation entspricht der Erweiterung eines immer weitläufigeren Netzwerkes wie des Extensionsgedächtnisses, während Assimilation die kategorisierende Verarbeitung der Umwelt nach Art des Objekterkennungssystems beschreibt. Dadurch würde eine Verbindung zu Bröckers Exkurs über die Verbindung des Ansatzes der kumulativen Adaption mit Affektsteuerung hergestellt (Bröcker, 2000, S.57-59). Es könnte über das Niveau des positiven bzw. negativen Affektes und die Aktivierung eines Systems berechnet werden, ob dieses System hauptsächlich seine Schemata erweitert oder bestehende Schemata verfeinert. Durch das sich ergebende Verhältnis von der Erweiterung bestehender zur Bildung neuer Schemata kann beurteilt werden, ob sich das System ausgeglichen entwickelt oder nur unzusammenhängende Einzelschemata bildet.

1.5 Fazit

Interpretiert man Mathematik als äußerst abstrakte und damit sehr flexible Repräsentationsform von Information statt als Instrument, um lediglich möglichst „exakte“ Zahlenwerte zu berechnen, erscheint die Ausweitung mathematischer Modellierung als wissenschaftliches Standardinstrument über die klassischen Naturwissenschaften Physik, Chemie und Biologie hinaus als durchaus möglich. Dies wird gerade durch das PSI-Modell demonstriert, dass einen ersten Schritt zur Modellierung einer sehr weitläufigen psychologischen Theorie darstellt.

Man darf sich aber keinesfalls der Gefahr des Mechanismus ergeben: Die Psychologie wird durch verstärkten Einsatz von Mathematik keineswegs „berechenbarer“. Mathematische Modelle liefern nicht per definitionem Wahrheit, sondern entfalten nur in ihrer Interpretation durch den Anwender des Modells ihren Sinn - auch wenn die Gleichsetzung von mathematischem Modell und modellierter Wirklichkeit in den klassischen Naturwissenschaften teilweise so leicht fällt, dass sie dort gelegentlich unzulässigerweise vollzogen wird.

Mit dem richtigen Verständnis für die Möglichkeiten und Grenzen eingesetzt, hat mathematische Modellierung jedoch auch in Disziplinen jenseits der klassischen Naturwissenschaften die gleiche Berechtigung wie in ihrem traditionellen Einsatzfeld. Die Chance, die erfolgreiche wissenschaftliche Methode mathematischer Modellierung auf Disziplinen wie Soziologie und Psychologie auszudehnen, sollte nicht vertan werden, zumal die Ergebnisse dieser Wissenschaften eine ungleich größere Relevanz für den Alltag der Menschen haben.

Literatur

- [1] Bröcker, T., (2000). *Adipositas, metabolisches Syndrom, Herzfrequenzvariabilität, emotionales Befinden, Persönlichkeitsdispositionen und ein PSI-Modell* Dissertation, Uni Osnabrück, <http://elib.ub.uni-osnabrueck.de/elib/user/>
- [2] Kuhl, J. (2000). *Motivation und Persönlichkeit: Interaktionen psychischer Systeme*

2. Datenmodelle – Der Weg vom Faktenchaos über die Wissensorganisation zur Datenbank

Ingo Frost
22. Mai 2001

2.1 Einleitung

Ich habe Geld von der Bank geholt, war einkaufen und habe in der Bibliothek Bücher ausgeliehen. – Was haben diese drei Vorgänge gemeinsam? - Es sind immer Datenbanken beteiligt, die diese Vorgänge vereinfachen und effizient machen.

Geld von der Bank holen bedeutet, über den Geldautomaten eine Anfrage an die Kontendaten per Kontokarte und Geheimnummer zu stellen, zu prüfen ob noch genug Geld auf dem Konto verfügbar ist, den gewünschten Betrag in der Transaktionsliste zu protokollieren und schließlich das Geld zu erhalten.

Einkaufen bedeutet an der elektronischen Kasse zu bezahlen. Jeder Artikel hat eine Nummer, die durch den Barcode kodiert wird. Diese Codes werden eingescannt oder die Produktnummer wird direkt eingegeben. In der Produktdatenbank wird der dazugehörige Preis abgefragt und in einer Rechnung in Form von einzelnen Posten gespeichert und aufaddiert.

In vielen Bibliotheken gibt es gar keine Zettelkästen mehr. Diese sind digitalisiert worden und können durch elektronische Datenbankabfragen ersetzt werden, die das Auffinden von gesuchten Büchern vereinfachen und verbessern.

Bei diesen drei Beispielen fällt sofort auf, daß die elektronische Datenverarbeitung interdisziplinär genutzt wird und heute einen hohen Stellenwert hat. Damit diese Anwendung überhaupt möglich geworden ist, sind neben der technischen Seite auch neue disziplinübergreifende Konzepte zur Modellierung von Daten entstanden, von denen einige hier vorgestellt und an einem Beispiel aus der Wissensorganisation gezeigt werden sollen.

2.2 Datenmodellierung

In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Datenspeicherung aufgezeigt, um so die gewachsenen Strukturen besser nachvollziehen zu können. Danach wird der Datenmodellansatz und die in diesem Zusammenhang stehenden Fachbegriffe erklärt. Am Ende wird das Entity-Relationship-Modell vorgestellt, das eine der wichtigsten Hilfsmittel zur Abbildung eines Teils der realen Welt zur Datenwelt in Form eines Diagramms ermöglicht. Die Installation eines so erstellten Datenmodells in eine Datenbank sind danach relativ einfache Aufgaben und werden hier nicht vertieft dargestellt.

2.3 Geschichtlicher Abriss

Die Entwicklung von Datenbanksystemen steht in engem Zusammenhang mit der Entwicklung der Hardware und auch der Software. Analog zur Entwicklung der Rechner kann man auch bei Datenbanksystemen von Generationen sprechen, an denen man das Aufkommen, Erkennen und Lösen von Problemen gut nachvollziehen kann. Die Anwenderkreise haben stark diese Entwicklung beeinflusst und es sind umfassende Theorien entwickelt worden

(z.B. Theorie des rationalen Datenbankmodells, Theorie der Serialisierbarkeit von Transaktionen). Ich werde in diesem Kapitel das praktisch erreichte aus theoretischer Sicht von heute darstellen.

Die erste Generation der Datenbanksysteme aus der Frühzeit (ca. fünfziger Jahre) der Rechner hatte die Hauptaufgabe programmgesteuerte Daten zu bearbeiten. Entscheidend dabei war, dass jedes Programm seinen eigenen Datenbestand von einem Medium gelesen, bearbeitet und gegebenenfalls verändert zurückgeschrieben hat. Die Speichermedien wurden sequentiell bearbeitet (Beispiel: Magnetband) und erste Dateisysteme ermöglichten dementsprechend einen sequentiellen Zugriff auf die Daten. Hier taten sich große Probleme auf, denn wenn der Datensatz C gelesen werden sollte, und dieser physisch hinter den Datensätzen A und B lag, so mussten erst A und B gelesen werden, bis schließlich der Lesekopf zum Speicherbereich C gelangt ist.

Die zweite Generation konnte mit schnelleren Sekundärspeichern im Rücken in den frühen sechziger Jahre dieses Problem durch *Direct Access* - Dateisysteme lösen. Über einen Index oder in Form einer Hashfunktion konnte die Adresse der Datensätze (bzw. Dateien) ermittelt und dann die Daten direkt gelesen werden.

Diese beiden ersten Generationen kannten nur das Dateisystem, welches aber sozusagen der Vorgänger vom Datenbanksystem war.

Da jedem Programm seine Datei(en) zugeordnet war(en), ergaben sich bei manchen Anwendungen Probleme.

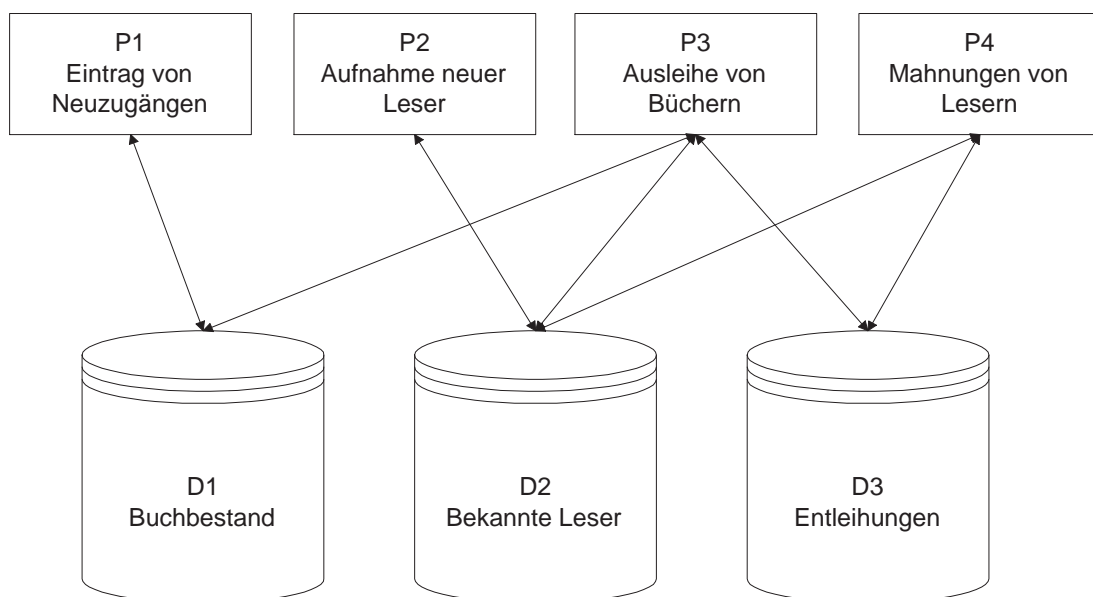


Abbildung 2.1: Software zur Verwaltung einer Bibliothek

Beispielsweise in einer Bibliothek ermöglicht ein Programm P1 die Aufnahme von neuen Daten in den Buchbestand, der als Datei D1 angelegt wird. Ein anderes Programm P2 soll nun einen Zugriff auf den Buchbestand und so eine Ausleihfunktion bereitstellen. Zwei Programme sollen also den Datenbestand einer Datei zusammen oder gar gleichzeitig nutzen. Während nun das eine Programm einen neuen Datensatz anlegt und ihn entspre-

chend einsortiert, kann nicht gleichzeitig von einem zweiten Programm gelesen werden. Eine Kopie des Datenbestands ist von der Hardware und der Rechnerleistung her sehr aufwendig.

Beim Versuch ein solches Problem ohne Datenbanksystem zu lösen, treten folgende Probleme auf:

- Redundanz
Daten werden doppelt gespeichert,
- Inkonsistenz
In dem Bibliothekbeispiel könnte ein Programm die Mitgliedschaft beenden, wenn nicht in dem Moment alle Daten aktualisiert und Programme informiert werden, könnte es sein, dass Daten doppelt gespeichert werden.
- Inflexibilität
Bei Erweiterung der Software ist man an strenge Vorgaben gebunden, was die Struktur und Art der Speicherung anbelangt.
- Geringe Produktivität
Daraus resultiert eine geringe Produktivität beteiligter Programmierer sowie eine aufwendige Programmwartung.
- Fehlende Standards
Um Daten beispielsweise mit anderen Bibliotheken auszutauschen sind Standards notwendig.

So kamen zwischen 1965 und 1975 Datenbanksysteme auf, die diese Probleme durch Entwicklung von Relationen zur Datenspeicherung lösten und eine Trennung der Sichten (logische und physische) einführten.

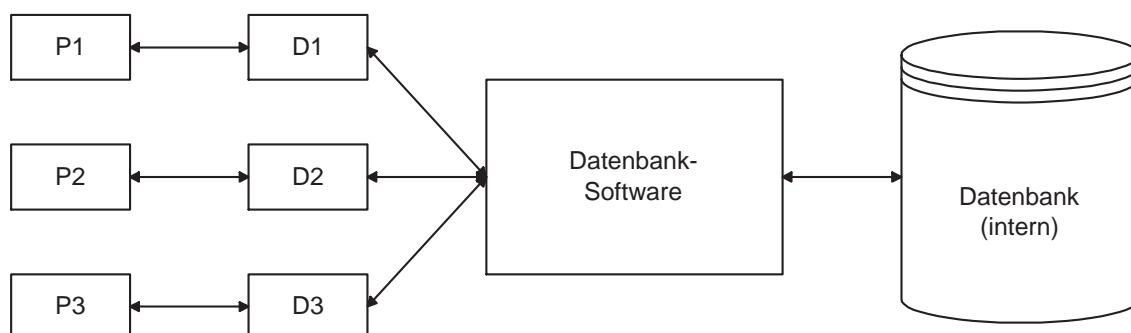


Abbildung 2.2: Datenbanksoftware: Trennung der Sichten

Somit waren Probleme, um die sich Programmierer immer kümmern mussten, wenn es um Datenspeicherung ging in die Datenbanksoftware ausgelagert.



Abbildung 2.3: Alltagsszene und Weltobjekte

2.4 Modellansatz - Wie ein Modell entsteht

Am Anfang modelliert man zu Weltobjekten. Ein solches Objekt ist ein Ding oder Vorgang, der konkret, abstrakt oder konstruiert sein kann. Auf dem Bild erkennt man also mehrere Autos und Personen, die je ein Weltobjekte darstellen. Aber auch der Vorgang (das Ehepaar rechts reserviert ein Auto) ist ein Weltobjekt.

Der Übergang zum Datenmodell ist immer dann sinnvoll, wenn sich unter einer vorgegebenen Problemstellung Daten ansammeln. Die Art der Daten oder die Disziplin, aus der die Daten kommen sind dabei irrelevant; es handelt sich also um eine interdisziplinäre Technik.

Die Aufgabenstellung soll nun lauten ein Datenmodell für eine Software zu entwickeln, die in der Lage ist Mietwagen, Kunden und Reservierungen zu verwalten.

Auf diese Weise entstehen die Datenobjekte *Kunde*, *Mietwagen* und *Reservierung*, die eine geordnete Menge über den Weltobjekten darstellen.

2.5 Grundbegriffe

An dieser Stelle führe ich Grundbegriffe ein, um dann das Entity-Relationship-Modell erklären zu können.

- Objekttyp
Alle Datenobjekte einer gleichen Art lassen sich durch ein Objekttyp klassifizieren.
- Relation
Die logische Sicht auf die Daten geschieht in Form von Tabellen (Relationen) die pro Objekttyp angelegt werden.

- **Attribut**
Unter Attributen versteht man die Eigenschaften von einem Datenobjekt (Spalten in der Tabelle). Jedes Attribut hat einen Typ (z.B. Datum) und eine Domäne (z.B. 1.1.1980 – 1.1.2000), der dem gültigen Wertebereich entspricht. Bei Attributen unterscheidet man zwischen Verweisattributen (Zeiger auf andere Zeilen) und Schlüsselattributen, die die Identität repräsentieren (in der realen Welt entspricht dies der Seriennummer, die bei jedem technischem Gerät individuell ist).
- **Entität**
Der Begriff Entität bezieht sich auf ein einzelnes Datenobjekt (kein Weltobjekt!) und bedeutet *Das Ding an sich ohne sein Wesen* und deutet an, dass es sich schon um eine Abstraktion aus der realen Welt handelt, bei der Informationen über das Weltobjekt verloren gegangen sind.
- **Relationship**
Von großem Interesse sind nun die Beziehung zwischen den Entitäten.

2.6 Das Entity-Relationship-Modell

Relationen bzw. Tabellen werden als Rechtecke dargestellt. Ihre Attribute werden als Ovale um das Rechteck herum angeordnet und einfach verbunden. Rechtecke werden mit Doppelpfeilen verbunden, die die Beziehungen zwischen den Entitäten der Relationen repräsentieren. Mögliche Zuordnungen pro Richtung lauten

1:0 oder 1:1 weiße Pfeilspitze,
1:1 schwarze Pfeilspitze,
1:n doppelte weiße Pfeilspitze.

Die Beziehungen können noch mit einer Beschriftung innerhalb einer Raute näher beschrieben werden.

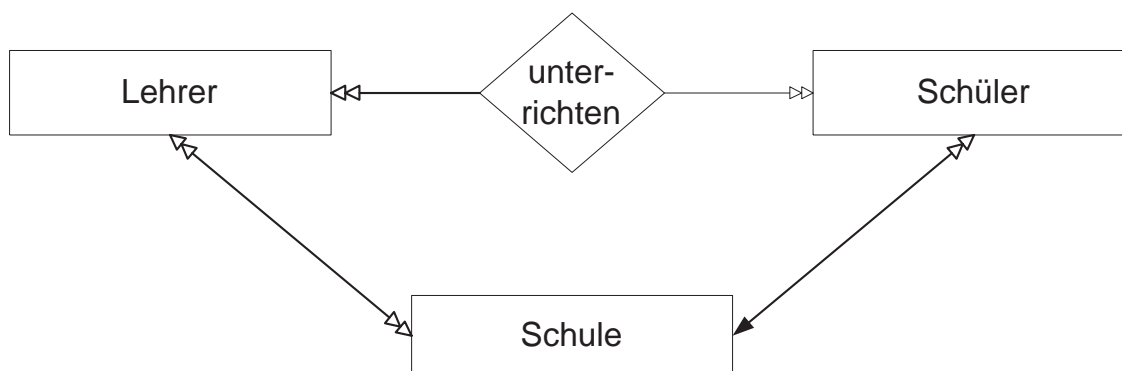


Abbildung 2.4: Beispiel für ein Entity-Relationship-Diagramm

In diesem Beispiel werden Beziehungen zwischen den Entitäten Schule, Lehrer und Schüler verdeutlicht:

Ein Lehrer unterrichtet viele Schüler; ein Schüler wird von vielen Lehrern unterrichtet.
Ein Lehrer unterrichtet an verschiedenen Schulen; in einer Schule unterrichten viele Lehrer.
Ein Schüler ist genau an einer Schule; an einer Schule sind viele Schüler.

2.7 Fallbeispiel

Seit Ende 1999 befaße ich mich mit der Entwicklung von meiNetz, einem Internetdesktopsystem. Das Herzstück von meiNetz *NIO* soll in diesem Fallbeispiel vorgestellt werden.

2.8 Problemstellung

Es geht um die Konstruktion einer Softwareschnittstelle zwischen Menschen und Information, vorerst eingeschränkt auf Internetnutzer und Webpages.

Die Aufgabenstellung ist recht komplex, da zwischen den Entitäten Mensch und Information eine $n:m$ Beziehung (ein Mensch interessiert sich für viele Informationen, eine Informationen ist für viele Menschen interessant) steht. Es geht also darum möglichst geschickt diese $n:m$ Beziehung in $1:n$ Beziehungen aufzulösen.

Um ein passendes Datenmodell entwickeln zu können, soll ein Benutzermodell und ein Informationsmodell entwickelt werden. Im nächsten Schritt sollen dann beide Ansätze zu einem gemeinsamen Modell zusammengeführt werden, um so die Basis für die Softwareschnittstelle zu konstruieren.

2.9 Benutzermodell

Die beiden elementaren Aufgaben des Benutzermodells bestehen darin die folgenden beiden Fragen pro Benutzer präzise beantworten zu können.

1. Was muss ich von einer Person wissen, um die für die Person interessanten Informationen bereitstellen zu können?
2. Wie unterscheiden sich Personen in Bezug auf ihr Informationsinteresse untereinander?

Diese beiden Fragen tangieren das Individuum und seine Persönlichkeit und können leider nicht von den Naturwissenschaften beantwortet werden. In den Geisteswissenschaften kümmern sich jedoch besonders die Psychologie, Soziologie und Philosophie um solche Fragestellungen. Ich werde ein Modellansatz aus der Soziologie benutzen, da es in der Soziologie unter anderem darum geht, wie einzelne Menschen zu vielen Menschen ($1:n$) und eine Gruppe von Menschen zu einer anderen Gruppe von Menschen ($n:m$) in Beziehung stehen. Die Gruppensoziologie befasst sich mit diesem Thema.

An dieser Stelle werde ich die für das Benutzermodell interessanten Zusammenhänge erklären (umfangreiche Ausführungen finden sich in meinem Referat zur Gruppensoziologie [5]).

Georg Simmel, Psychologe, Philosoph und Soziologe, verfasste 1890 das Buch *Über soziale Differenzierung*. Auf das Kapitel *Kreuzung von sozialen Kreisen* will ich hier kurz eingehen.

Was ist ein sozialer Kreis?

Dieser Begriff ist in unserem Wortschatz fest verankert. Die Redewendung *in gewissen Kreisen verkehren* deutet schon an, worum es sich bei einem sozialen Kreis handelt, nämlich um eine Gruppe mit einem übergeordnetem Interesse (Beispiele: Studenten, Osnabrücker, Familie).

Was ist mit Kreuzung gemeint?

Individualität kann nun nach Simmel durch die Kombination der Gruppen definiert werden, die durch die spezifischen Interessen des Individuums zustandekommt.

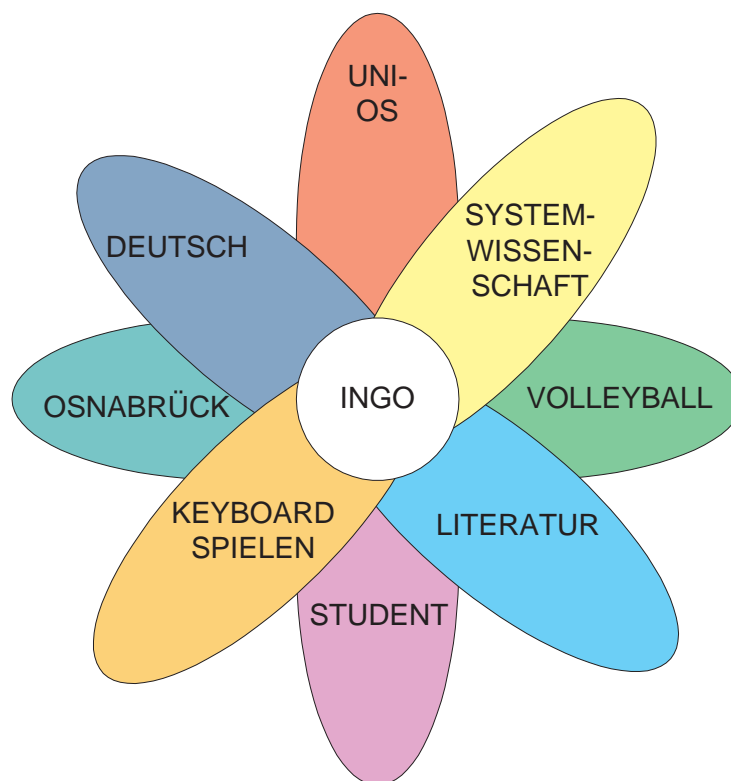


Abbildung 2.5: Interesse: Teilnahme an sozialen Kreisen

Auch zwischen Gruppen und einzelnen Personen herrscht also eine n:m Beziehung, da eine Person in mehreren Kreisen verkehren kann und ein Kreis aus mehreren Personen besteht.

2.10 Informationsmodell

An dieser Stelle möchte ich auf den Begriff Wissensorganisation eingehen. Es gibt viele Möglichkeiten wissen zu organisieren. Sei es nun unser menschliches Gehirn, eine Bibliothek oder ein Dateisystem mit Verzeichnissen und Dateien immer werden Informationen strukturiert und in Form von Wissen gespeichert.

Versucht man nun eine gute menschnahe Wissensorganisation am Computer zu simulieren, stößt man auf viele Schwierigkeiten, da gar nicht genau bekannt ist, wie Informationen im Gehirn organisiert werden. Die Informatiker, die das Dateisystem entwickelt haben, wollten sich dieser langen Diskussion nicht stellen und haben versucht ein einfaches klares Modell zu entwickeln, um auf Datenträgern Informationen zu gliedern und zu speichern. Auf diese Weise ist das hierarchisch Dateisystem in Form eines Verzeichnisbaums entstanden.

Dateien können also Informationsblöcke in Form von Daten aufnehmen und durch die Einordnung in den Verzeichnisbaum werden Dateien entsprechenden Themen untergeordnet.

Leider wurde durch diesen Ansatz das eigentliche Problem nicht gelöst. Ein Informationsblock wird in diesem Modell in Form von einer Datei an genau einer Stelle im Dateisystem eingeordnet und kann nur über einen Weg (Ast) durch den Verzeichnisbaum erreicht werden.

In der realen Welt ist dies nicht der Fall. Informationsblöcke können in verschiedenen Zusammenhängen auftreten und somit verschiedenen Oberthemen zugeordnet werden. Bei jeder Diskussion fällt auf, dass Menschen assoziieren und sich so auf verschiedene Weise Themen nähern und unter einem bestimmten Zusammenhang betrachten. Aus verschiedenen Zusammenhängen werden Oberthemen verschieden gewertet.

So hat ein Umweltthema beispielsweise bei einer Umweltschutzorganisation einen höheren Stellenwert, als bei einer Firma aus wirtschaftlicher Sicht.

Leider kann das Modell des hierarchischen Dateisystems diesem einfachen Sachverhalten nicht gerecht werden. Hier scheint eine Hierarchisierung einer nichthierarchischen Struktur vorzuliegen. Wie Themen zueinander stehen ist eine Frage des Blickwinkels und ist oft subjektiv.

Unser Informationsmodell muss also über die Fähigkeiten eines hierarchischen Dateisystems hinaus die Fähigkeit besitzen einzelne Informationsblöcke in verschiedenen Zusammenhänge bzw. Oberthemen einzuordnen. Aus den Zusammenhängen zwischen Oberthemen muss der subjektive Aspekt „Thema A ist Thema B untergeordnet“ verschwinden und statt dessen die Möglichkeit bestehen sich einem Thema auf verschiedenen Wegen zu nähern.

So kommen wir schnell zu einem vernetzten Ansatz, in dem die Ordner oder Themen nicht mehr hierarchisch angeordnet sind, sondern nur lose, durch assoziative Verbindungen, miteinander verknüpft sind. Diese Oberthemen haben also alle den gleichen Stellenwert und treten als Knoten in dem Netz auf. Informationsblöcke werden nicht direkt einsortiert, sondern nur der Verweis zu ihnen. Diese Zuordnung kann in beliebig viele Knoten stattfinden. Ab jetzt spreche ich von Gruppen und meine die Knoten, Verknüpfungen stehen für Verbindungen zwischen Knoten oder zwischen Knoten und Verweisen die so zugeordnet werden.

Auf diese Weise erreichen wir eine hohe Flexibilität, da es jetzt auch möglich ist neue Gliederungen in ein bereits bestehendes Netz zu integrieren.

Das Problem des hierarchische Dateisystems wird allgemein als *Unangemessenen Strukturentwurf* bezeichnet und ist ein häufiges Problem in der Datenmodellierung. Helmut Dreßler[4] schreibt zu diesem Thema:

Entwurf ist nicht bloß logische Analyse, sondern hängt davon ab, wie weitgehend die Designer die Sache durchschauen und ihr auf den Grund gehen.

Wenn jemand achselzuckend meint, er könne einen Sachverhalt nicht durchschauen, weil selbst die Fachleute ihn nicht vernünftig aufschlüsseln können, und auf dieser Basis eine Datenstruktur entwirft, besteht die Gefahr der unangemessenen Lösung.

2.11 NIO-Modell

NIO ist die Abkürzung für Netzwerk zur Identifizierung (des Benutzers) und Orientierung in der Informationswelt und somit die Vereinigung der beiden vorgestellten Modelle (Benutzermodell und vernetztes Informationsmodell).

Aus welchem Grund können die beiden Modelle zusammengeführt werden? Es scheint eine Rückkopplung bei Informationen zu geben: Sie werden oft von dem gleichen sozialen

Kreis konsumiert wie auch produziert!

So können wir beispielsweise davon ausgehen, dass alle Webseiten über die Universität Osnabrück zunächst besonders für diejenigen von Interesse sind, die in dem sozialen Kreis der Universität Osnabrück verkehren. Wir können aber auch davon ausgehen, dass die Seiten von Personen erstellt worden sind, die ebenfalls im sozialen Kreis der Universität Osnabrück verkehren.

Diese sozialen Kreise mit ihrem übergeordnetem Interesse sind in NIO die Gruppen. Sie können untereinander verknüpft werden. Ihnen können Verweise und Schlüsselwörter zugeordnet werden. Verweisen können ebenfalls Schlüsselwörter zugeordnet werden. Es entstehen also vier n:m Beziehungen, die durch Verknüpfungstabellen zu 1:n Beziehungen aufgelöst werden.

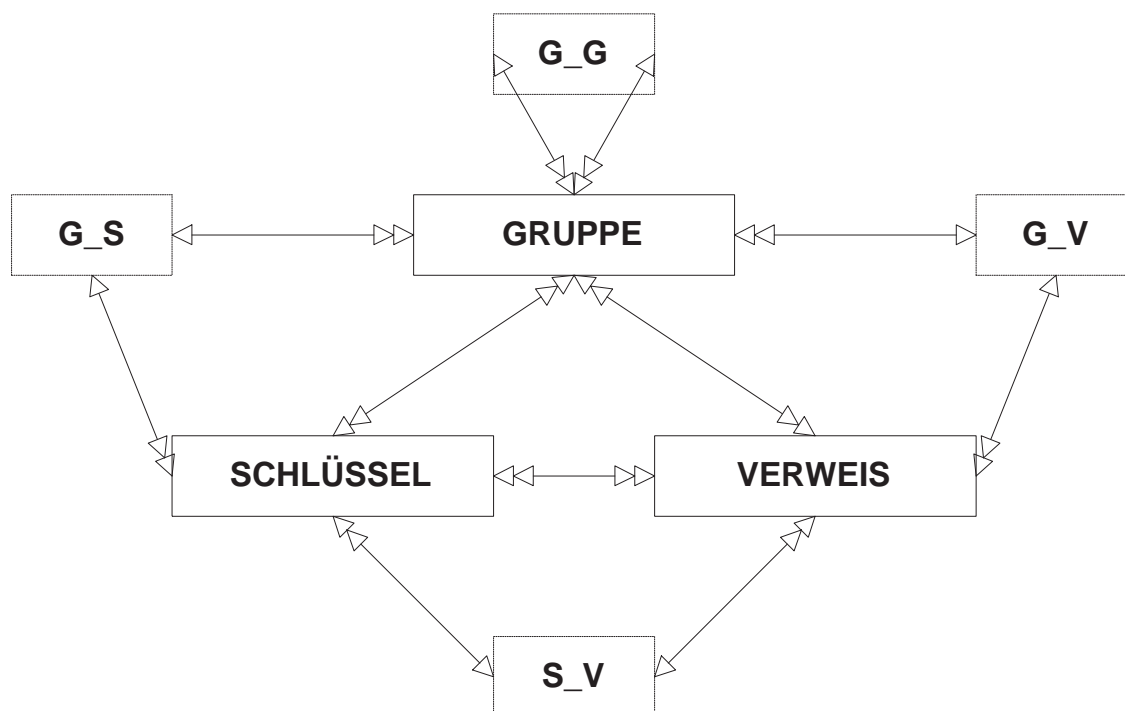


Abbildung 2.6: Entity-Relationship-Diagramm von NIO

2.12 Zusammenfassung

Drei Punkte sind in dieser Ausarbeitung von zentralem Interesse:

- (1) Mit Datenbanksystemen können beliebige (auch nichthierarchische - im Gegensatz zur objektorientierten Modellierung mit einfacher Vererbung) Strukturen modelliert werden.
- (2) Datenbanksysteme können relativ einfach in Programmiersprachen angesprochen werden und eine Verknüpfung mit dem World Wide Web ist relativ einfach.
- (3) Der Netzwerkgedanke mit seinen gleichberechtigten Knoten und der Möglichkeit, Knoten über verschiedene Wege zu erreichen, wird konsequent zu Ende geführt.

Diese drei Punkte vereint ermöglichen eine interdisziplinäre Modellierung, die die Einzelteile besser miteinander in Beziehung setzen kann und so dem Ganzen näher kommt.

Literatur

- [1] Benyon, David, Information and Data Modelling, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne, Blackwell Scientific Publications, 1990
- [2] Borkin, Sheldon A., Data Models: A Semantic Approach for Database Systems, Cambridge, Massachusetts, London, The MIT Press, 1983
- [3] Chen, Peter P., Entity-Relationship Approach to Systems Analysis and Design, Amsterdam, New York, Oxford, North-Holland Publishing Company, 1980
- [4] Dreßler, Helmut., Datenstrukturentwurf: Vom Faktenchaos zur Anwenderdatenbank, München, R. Oldenbourg Verlag, 1995
- [5] Frost, Ingo., Referat: Soziale Differenzierung mit Hilfe der Gruppensoziologie, Osnabrück, 2000
- [6] Vossen, Gottfried., Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagement-Systeme, Bonn, Addison-Wesley Verlag, 1987

3. Beurteilung der Börsenaussichten mit der „Monats-Schluss-Methode“

Martin Zumbrägel
29. Mai 2001

3.1 Biographie von Uwe Lang

Uwe Lang, geboren 1943 in Augsburg, studierte Theologie und Pädagogik. Seit 1970 befasst er sich auch mit dem Börsengeschehen. Er ist Autor des Aktien-Berater und des Börsenberater. Seit 1988 ist er Herausgeber der „Börsensignale“, eines der erfolgreicheren Börsenbriefe. Das Buch „Aktien ohne Stress“ hat er 1997 herausgegeben.

3.2 Einführung in das Thema

3.2.1 Grund des Buches

Uwe Lang schrieb das Buch „Aktien ohne Stress“, weil er dem normalen Kleinanleger mit wenig Zeit eine Börsenstrategie an die Hand geben wollte. Mit der Monats-Schluss-Methode (MSM) von Uwe Lang benötigt man aus diesem Grund nicht mehr wie eine Stunde im Monat, um an der Börse Erfolg zu haben.

3.2.2 Was wird aus dem Buch vorgestellt

Aus diesem Buch werde ich im folgenden die MSM vorstellen, die auf statistischen Methoden beruht und ich werde daran zeigen zu welchen Zeitpunkten man in Aktien investieren kann und wann man wieder aussteigen soll. Es geht hier nicht um die Aktienausswahl. Die Methode zeigt den mittelfristigen Trend an der Börse und ist somit für den mittelfristig denkenden Anleger geeignet.

3.2.3 Zinstrends als Frühindikatoren

Die wichtigsten Frühindikatoren sind die Zinstrends, was man nicht mit der Zinshöhe verwechseln darf. Die Aktienmärkte folgen diesen Trends. Auf die Bedeutung wird später noch genauer eingegangen.

3.2.4 Richtiges und falsches Verhalten

Daraus kann man richtiges und falsches Verhalten an der Börse ableiten. Falsches Verhalten ist demnach sich an die Vergangenheit zu halten. Dazu gehört sich an Bilanzen, Charts und Aktuelle Nachrichten zu orientieren. Diese Faktoren drücken nämlich die Vergangenheit aus und sind in den Aktienkursen schon enthalten. Richtiges Verhalten ist dagegen zu wissen wie die Zukunft aussieht. Die Zukunft kann man an den Zinsen und den Preisen ablesen, womit man einen weiteren Hinweis für die Bedeutung der Zinsen hat.

3.2.5 Zeitpunkte der Methodenanwendung

Die im folgenden vorgestellte Methode wendet man monatlich an und zwar, weil am Monatsende die Grossanleger und institutionellen Anleger ihre Aktienbestände umschichten und somit eine Richtung auf dem Aktienmarkt vorgeben.

3.3 Grundlagen der Strategie

3.3.1 Psychologie

Ein bedeutender Faktor an der Börse ist die Psychologie. Börsentrends verstärken sich im positiven wie auch im negativen, je nachdem wie die Stimmung gerade ist, positiv oder negativ. Daher steigen Kurse bei einer positiven Stimmung und einem gleichzeitigen Aufwärtstrend der Börse oft über den Preis mit dem das Unternehmen fair bewertet wäre hinaus.

Fehler an der Börse erfolgen aufgrund der Psychologie. Der Börsenteilnehmer ist nicht in der Lage sich den Einflüssen an der Börse zu entziehen und trifft daher falsche Entscheidungen. An der Abbildung 3.1 kann man erkennen, warum es an der Börse so schwer ist zu bestehen. Man erkennt, dass Eigenschaften, die im sozialen Umfeld geschätzt werden, an der Börse Nachteile mit sich bringen. Somit ist man in einer Zwickmühle zwischen sozialem Alttag und Börsenwelt, wenn man in Aktien investiert.

Menschliche Eigenschaften, die Erfolge an der Börse schwer bzw. leicht machen	
Wer es schwer hat	Wer es leichter hat
Guter Zuhörer	Hört überhaupt nicht zu
Gut informiert	Interesse nur an wenigen Zahlen
Kennt Aktienkurse der Vergangenheit	Interessiert sich nicht für frühere Kurse
Verfolgt täglich Börsenkurse, internationale Tendenzen, Unternehmensberichte	Interessiert sich nicht für tägliche Börsentendenzen oder Berichte
Vertrauen zu Fachleuten	Mißtrauisch auch gegenüber Fachleuten
Einsichtig	Guten Argumenten gegenüber unzugänglich
Gesellig	Abgekapselter Tüftler
Gruppenmensch	Einzelkämpfer
Bedürfnis nach Konsens	Lehnt jeden Konsens ab
Gefühl für Stimmungen	Stimmungen gegenüber gleichgültig
Modebewußt	Kein Gefühl für Mode
Treu	Kennt keine Treue
Steht zu getroffenen Entscheidungen	Wirft bei neuen Zahlen Entscheidungen um

Abbildung 3.1: Eigenschaften

3.3.2 Meinungen und Nachrichten

Aus der Abbildung folgt, dass man nicht auf Nachrichten und Meinungen von Analysten hören darf. Diese geben die momentane Stimmung an der Börse wieder und die sind schon im Kurs enthalten und führen somit nicht zu weiteren Kursanstiegen. Ein weiterer Grund ist, dass Fondsmanager absichtlich gute Nachrichten verbreiten, damit die Nachfrage steigt und sie ihre Aktien teurer verkaufen können.

3.3.3 Beobachtung der Börse

Eine wichtige Beobachtung an der Börse ist das Kurse steigen wenn die Konjunktur schlecht läuft und die Arbeitslosenzahlen zunehmen. Die grössten Kurszuwächse fanden fast alle zu diesem Zeitpunkten statt. Beispiele sind die Jahre 1975, 1983 und 1993. Aus der schlechten Konjunktur folgt aber, dass zu diesem Zeitpunkt keine oder nur sehr schwache Gewinnzuwächse vorhanden sind.

Die Frage, die man sich in diesem Zusammenhang stellen muss, lautet: Woher kommen die nötigen Gewinnzuwächse für Kurssteigerungen? Das hängt damit zusammen, dass die Börse zukünftige Erwartungen handelt, also man rechnet mit steigenden Gewinnzuwächsen erst ein bis zwei Jahren. Deshalb steigen die Kurse während der schlechten Wirtschaftslage.

Ein Problem tritt in diesem Zusammenhang auf. Treten die Gewinnzuwächse tatsächlich ein, steigen die Kurse nochmals, da man ja jetzt die Gewinnzuwächse sieht. Diese Kurszuwächse haben allerdings kein Fundament mehr, da die erwarteten Gewinnzuwächse schon zum Kursanstieg führten und an der Börse nicht zweimal die gleiche Tatsache belohnt wird.

3.3.4 Aussichten an Aktienmärkten

An der Börse gibt es generell zwei Ursachen für Aussichten an den Aktienmärkten. Erstens, ob die Aussichten weltweit gut aussehen, d.h die Weltwirtschaft befindet sich im Aufschwung. Zweitens, ob sich die Zinstrends positiv entwickeln, also der Trend nach unten zeigt.

3.4 Zinsbetrachtung

3.4.1 Gründe für Zinsbetrachtung

Man kann sich nun Fragen warum eine Methode funktioniert die nur auf Zinsbetrachtung beruht. Die Antwort ergibt sich, wenn man die Zinsen näher betrachtet. An den Abbildungen 3.2 und 3.3 sieht man, dass die Aktien steigen, wenn die Zinsen sinken und umgekehrt.

Dies hat zwei Gründe, die sich gegenseitig verstärken. Zum einen weisen steigende Zinsen auf Kapitalverknappung hin, d.h Kapital wird für die Wirtschaft und damit für Investitionen benötigt und nicht gespart (Aktienanlage). Zum anderen weisen sinkende Zinsen auf schwache Kapitalnachfrage der Wirtschaft und auf den Sparwillen der Konsumenten hin. Geld fließt somit in Geldanlagen. Diese zwei Gründe verhalten sich wie Angebot und

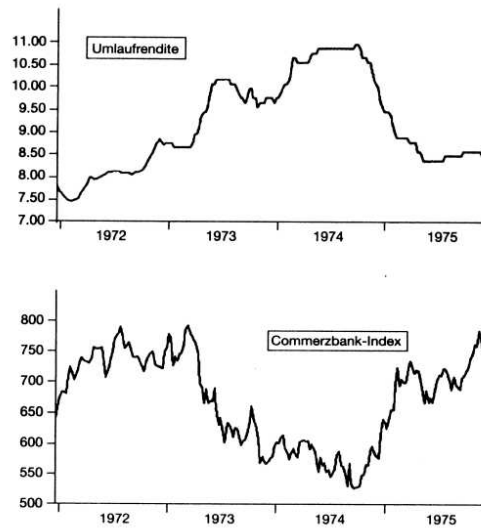


Diagramm 8: Deutsche Umlaufrendite und Commerzbank-Index 1972 bis 1975

Abbildung 3.2:

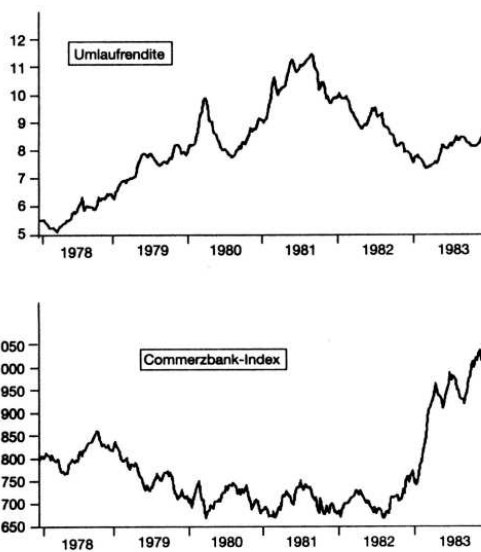


Diagramm 9: Deutsche Umlaufrendite und Commerzbank-Index 1978 bis 1983

Abbildung 3.3:

Nachfrage.

Hinzu kommt, dass bei steigenden Zinsen Anleihen bevorzugt werden, da es eine höhere und sichere Rendite gibt und bei sinkenden Zinsen die Aktienanlage höhere Renditen verspricht.

3.4.2 Verzögerungseffekt

Wenn dies aber so eindeutig ist, wieso halten sich nicht einmal die „Profis“ daran?

Zum einen überschätzen sie das Nachfragepotential bei gestiegenen Zinsen, da dann nur noch die Letzten, die sich bisher nicht getraut haben, in den Aktienmarkt einsteigen.

Zum anderen hängt das mit dem „Verzögerungseffekt“ bei Zinsbewegungen zusammen (s.Abb.4).

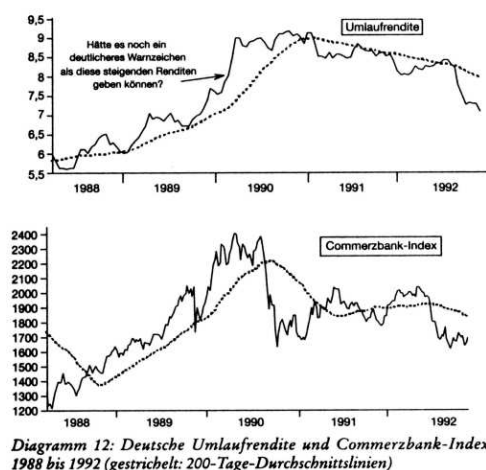


Abbildung 3.4:

Die Börse reagiert nicht unmittelbar auf gestiegene Zinsen. Die Reaktion darauf kann einen Monat oder bis zu neun Monate betragen. Sicher ist nur, dass der Aktienmarkt darauf reagiert, aber diese Tatsache verwerfen die „Profis“ all zu oft, da man in die Zukunft blicken muss.

In der Abblidung kann man auch erkennen, das der Markt um so heftiger einbricht, je länger der Markt nicht auf den Zinstrend reagiert.

3.4.3 Welche Zinsen sind von Bedeutung?

Anleihezinsen, also längerfristige Zinsen, sind deshalb so wichtig, weil sie auf den Zins-erwartungen der nächsten Jahre beruhen. Erwartungen steigender oder fallender Preise schlagen sich dort sofort nieder.

Kurzfristige Zinsen sind gesteuerte Zinsen der Zentralbank (Geldmarktpolitik) und geben somit nicht die momentane Marktsituation wieder.

Es geht jetzt um die Auswahl der Zinsen, die man betrachten soll. Man soll sich nicht zu viele Zinsen anschauen, denn je mehr Zinsen man betrachtet, desto komplizierter wird es. Vorgeschlagen werden zwei Zinszahlen. Für die Beobachtung des wichtigsten Wirtschafts-raumes, dem der USA, wird der 30jähriger Treasury Bonds (US-Staatsanleihe) vorgeschla-

gen. Für den europäischen Markt wird die deutsche Umlaufrendite vorgeschlagen. Diese beiden Zinszahlen repräsentieren sogar den Verlauf weltweit, wie man im folgenden noch sieht. Diese Zinszahlen sind ausreichend für die Betrachtung.

3.5 Monats-Schluss-Methode (MSM)

3.5.1 Kriterien

Eine Methode, die auf Zinsbetrachtung beruht, muss zwei Kriterien erfüllen. Man muss sich Zinsen herausuchen, die auch im langjährigen Test, also die letzten Jahrzehnte, zuverlässige Daten geliefert haben. Dieses Kriterium erfüllen die beiden vorgeschlagenen Zinszahlen (s.o).

Als weiteres Kriterium muss man sich ein Signal definieren, das aus diesen Daten folgt und dieses Signal muss eindeutig sein. Dieses Signal wird im Abschnitt zum Vorgehen der Methode bestimmt.

3.5.2 Vorgehen

Das Vorgehen der Methode erfolgt in zwei Schritten. Der erste Schritt besteht aus der Notierung der Zinszahlen (Deutsche Umlaufrendite und 30jähriger Treasury Bonds) und zwar jeweils am Monatsende. Als Termin wählt man z.B. den letzten Freitag im Monat. Wenn dieser ein Feiertag ist, den Tag davor. Wichtig ist hierbei nur, das man konsequent bleibt.

Der zweite Schritt besteht aus der Bestimmung von Kauf- und Verkaufssignalen. Dafür gelten einige Regeln. Regel 1 lautet: Kaufsignale entstehen grundsätzlich bei einem neuen sieben-Monats-Zinstief (Umlaufrendite oder 30jähriger Treasury Bonds)(s.Abb.5).

Datum	Umlaufrendite	US-T-Bonds
27.3.1992	8,28	7,94
24.4.1992	8,23	8,04
29.5.1992	8,23	7,84
26.6.1992	8,35	7,78
31.7.1992	8,45	7,46
28.8.1992	8,34	7,43
25.9.1992	7,77 K	7,36 K

Abbildung 3.5: Kaufsignal

Verkaufssignale entstehen nur, wenn beide Zinszahlen ein sieben-Monats-Hoch erreicht haben (s.Abb.6).

Datum	Umlaufrendite	US-T-Bonds	Signal	Co-Index	Dow Jones
31.12.1982	7,75	10,43		763,40	1046,50
28.01.1983	7,68	10,90		744,00	1064,75
25.02.1983	7,55	10,50		812,80	1120,94
25.03.1983	7,31	10,70		901,70	1140,09
29.04.1983	7,51	10,38 K		960,80	1226,20
27.05.1983	7,84	10,78		922,70	1216,14
24.06.1983	7,99 V	11,06 V	Verkaufen	946,20	1241,69

Abbildung 3.6: Verkaufssignal

Regel 2 lautet: Wenn nach einem ersten Zins-Verkaufssignal ein Zins-Verkaufssignal des anderen Landes folgt muss es befolgt werden, auch wenn sich zum selben Zeitpunkt das erste Zins-Verkaufssignal wandelt (s.Abb.7).

Datum	Umlaufrendite	US-T-Bonds	Signal	Co-Index	Dow Jones
25.04.1986	5,46	7,61		2192,00	1835,60
30.05.1986	5,90	7,74		1970,00	1876,70
27.06.1986	5,84	7,29		1952,00	1885,30
25.07.1986	5,74	7,40		1853,00	1810,00
29.08.1986	5,56	7,21		2096,00	1898,30
26.09.1986	5,79	7,63		1985,00	1769,70
31.10.1986	6,05 V	7,61		1997,00	1877,80
28.11.1986	5,87	7,41		2069,00	1914,20
26.12.1986	5,87	7,34		2043,60	1930,40
30.01.1987	5,66	7,48		1808,20	2158,00
27.02.1987	5,66	7,48		1711,70	2224,00
27.03.1987	5,43 K	7,64 V	Verkaufen	1779,40	2335,80

Abbildung 3.7: Weitere Verkaufssituation

Regel 3 lautet: Wenn zum Zeitpunkt eines ersten Zins-Kaufsignals das andere Land noch ein unmittelbares Verkaufssignal gibt, sollte mit dem Kauf noch gewartet werden (s.Abb.8).

Datum	Umlaufrendite	US-T-Bonds	Signal	Co-Index	Dow Jones
27.01.1984	8,16	11,73		1082,20	1230,00
24.02.1984	7,90 K	12,10 V	Warten	1033,90	1165,10
30.03.1984	7,89 K	12,52 V	Warten	1022,30	1164,90
27.04.1984	7,91	12,82 V		1032,80	1175,90
25.05.1984	8,08	13,72 V		1007,40	1107,10
29.06.1984	8,01	13,64		1008,20	1132,40
27.07.1984	8,05	12,91		936,20	1114,60
31.08.1984	7,69 K	12,51	Kaufen	993,90	1223,30

Abbildung 3.8: Wartesituation

3.5.3 Beispiele

Damit hat man das Werkzeug, um die Methode in der Praxis anzuwenden. In der Abbildung 9 sieht man einen Ausschnitt wie die Methode längerfristig funktioniert. Diese Methode wurde auf diese von 1962 bis 1997 angewandt.

Das Ergebnis kann man in Abbildung 10 ablesen.

Hierzu muss man allerdings noch eine Erklärung abgeben. In der Abbildung wird MSM mit dem Commerzbank-Index und mit dem Dow Jones verglichen. Es wird davon ausgegangen, dass ein Depot das mit der MSM geführt wird, sich genauso entwickelt wie der jeweilige Index. Für die Prozentangaben wurden noch einige Annahmen getroffen, die ich hier nicht weiter erläutern möchte.

Das Ergebnis, das man der Tabelle entnehmen kann ist, dass die Monats- Schluss- Methode den jeweiligen Index schlägt. Hierbei wurden nicht einmal die im Durchschnitt etwa fünf Monate ohne Aktien und die Dividenden der Aktien berücksichtigt.

Weiter ist zu erkennen, dass man bei schlechten Kursbewegungen nicht so schlecht abschneidet wie der Index und bei positiven Kursbewegungen hält man mit dem Index mit.

Kommt man nochmal zu Abbildung 9 zurück ist allerdings zu sehen, dass die Methode nicht unfehlbar ist. In der Abbildung ist ein Verkaufssignal im Mai 1988 gegeben. Die Kurse stiegen aber in der Folgezeit noch über ein Jahr lang. Ein Kaufsignal erfolgt erst fünf

Datum	Zins D	US-T-Bonds	Signal	Co-Index	Dow Jones
26.02.1988	5,66 K	8,42		1391,50	2023,20
25.03.1988	5,65 K	8,72		1379,90	1979,00
29.04.1988	5,94	9,11		1356,20	2032,30
27.05.1988	6,11 V	9,33 V	Verkaufen	1352,60	1956,40
24.06.1988	6,20 V	8,87		1430,80	2143,00
29.07.1988	6,52 V	9,23		1477,90	2128,70
26.08.1988	6,57 V	9,43 V		1456,10	2017,40
30.09.1988	6,27	8,98		1571,10	2112,90
28.10.1988	5,97	8,80 K	Kaufen	1637,00	2149,90
25.11.1988	6,08	9,18		1588,40	2074,70
30.12.1988	6,35	9,00		1651,90	2168,60
27.01.1989	6,56	8,76 K		1686,40	2322,90
24.02.1989	7,06 V	9,18		1614,50	2245,50
31.03.1989	6,97	9,11		1646,90	2294,20
28.04.1989	6,89	8,91		716,10	2418,60
26.05.1989	7,12 V	8,63 K		1708,40	2493,80
30.06.1989	6,90	8,05 K		1825,00	2440,10
28.07.1989	6,75	7,99 K		1912,00	2635,20
25.08.1989	6,90	8,18		1982,60	2732,40
29.09.1989	7,19 V	8,24		1976,50	2692,80
27.10.1989	7,28 V	7,94		1838,20	2596,70
24.11.1989	7,58 V	7,87 K		1932,80	2675,50
29.12.1989	7,60 V	7,98		2190,20	2753,20
26.01.1990	8,04 V	8,53 V	Verkaufen	2209,00	2559,00
23.02.1990	8,98 V	8,58 V		2192,00	2564,00
30.03.1990	8,73	8,65 V		2410,00	2707,00
27.04.1990	8,99 V	9,05 V		2229,00	2645,00
25.05.1990	8,98	8,70		2243,00	2821,00
29.06.1990	8,86	8,44		2297,00	2881,00
27.07.1990	8,66	8,47		2352,00	2899,00
31.08.1990	9,07 V	9,00		1988,00	2614,00
28.09.1990	9,21 V	9,04		1629,00	2452,00
26.10.1990	9,05	8,76		1796,00	2436,00
30.11.1990	9,01	8,40 K	Kaufen	1768,00	2560,00
28.12.1990	9,09	8,30 K		1701,00	2629,00
25.01.1991	8,94	8,23 K		1675,00	2659,00
22.02.1991	8,52 K	8,06 K		1901,00	2889,00
29.03.1991	8,64	8,24		1834,00	2914,00

Abbildung 3.9: Funktionsweise der Methode

Monate später zu einem höheren Kurs. Es werden in diesem Fall Kursgewinne verschenkt, aber man hat trotzdem einen Gewinnzuwachs.

Eine weitere Regel, die sich bei der Interpretation von Kaufsignalen bewährt hat, ist die Regel 4: Sind die Aktienmärkte international nach einem Kaufsignal schon um 50 Prozent und mehr gestiegen, sollte man den gestiegenen Kursen nicht hinterherrennen, sondern auch bei sinkenden Zinsen zunächst eine schärfere Korrektur nach unten abwarten, ehe man neu investiert.

Weiterhin funktioniert die Methode auch nicht bei politisch bedingten Crashes, Diese treten plötzlich auf und besitzen keine Anlauffahse, die man Anhand von Zinsen ablesen kann. Es ist aber zu beobachten, dass diese Kursverluste nur kurzfristig Einfluss auf den Aktienmarkt haben und diese Verluste wieder wett gemacht werden. Beispiele hierfür sind der „Gorbatschow-Crash“ im August 1991 oder der „Hongkong-Crash“ vom 27/28 Oktober 1997.

Diese Methode besitzt sogar weltweite Gültigkeit, wie man der Abbildung 11 entnehmen kann. Dort ist die Methode auf die Länder Schweiz und Österreich angewendet worden und man sieht, dass diese Methode auch dort funktioniert. Sie funktioniert auch für Japan, Hongkong, Frankreich und England, wofür hier allerdings keine Abbildungen vorhanden sind.

90 Aktien ohne Stress

Jahr	Co-Index	MSM	Ohne Aktien (Monate)	Dow Jones	MSM
1962	-32,03 %	-26,31 %	2	-12,23 %	-8,92 %
1963	+11,94 %	+15,34 %	6	+17,13 %	+13,28 %
1964	+3,20 %	+9,51 %	8	+14,56 %	+6,80 %
1965	-16,27 %	+0,0 %	12	+10,89 %	+0,0 %
1966	-22,50 %	-0,16 %	11	-23,37 %	-2,24 %
1967	+43,90 %	+43,90 %	0	+15,20 %	+15,20 %
1968	+11,59 %	+11,59 %	0	+5,24 %	+5,24 %
1969	+7,66 %	+4,09 %	9	-19,40 %	-1,81 %
1970	-37,29 %	-2,39 %	11	+1,98 %	+6,01 %
1971	+3,86 %	+17,56 %	4	+7,46 %	+11,93 %
1972	+11,59 %	+14,40 %	6	+14,58 %	+4,36 %
1973	-26,12 %	-0,40 %	11	-20,28 %	+3,13 %
1974	-1,76 %	-0,82 %	8	-40,83 %	-2,90 %
1975	+38,30 %	+38,30 %	0	+42,78 %	+42,78 %
1976	-7,28 %	-7,28 %	0	+16,85 %	+16,85 %
1977	+9,24 %	+9,24 %	0	-20,88 %	-20,88 %
1978	+2,87 %	-0,30 %	6	-3,24 %	-1,49 %
1979	-14,16 %	+0,00 %	12	+4,20 %	+0,00 %
1980	-4,82 %	-2,11 %	7	+15,19 %	+12,65 %
1981	-0,64 %	-1,93 %	11	-10,62 %	-1,42 %
1982	+12,53 %	+12,53 %	0	+19,79 %	+19,79 %
1983	+36,45 %	+23,95 %	6	+20,27 %	+18,65 %
1984	+5,91 %	+11,01 %	8	-4,54 %	-1,61 %
1985	+75,57 %	+75,57 %	0	+28,16 %	+28,16 %
1986	+5,50 %	+5,50 %	0	+25,11 %	+25,11 %
1987	-51,42 %	-0,01 %	7	+3,59 %	+33,24 %
1988	+22,40 %	+21,46 %	6	+8,45 %	+3,89 %
1989	+32,59 %	+32,59 %	0	+26,96 %	+26,96 %
1990	-28,77 %	+0,86 %	10	-4,72 %	-4,55 %
1991	+5,53 %	+5,53 %	0	+17,99 %	+17,99 %
1992	-6,09 %	+1,17 %	1	+7,22 %	+11,18 %
1993	+43,68 %	+43,68 %	0	+12,87 %	+12,87 %
1994	-8,47 %	-4,11 %	9	+2,14 %	+0,56 %
1995	+5,26 %	+15,67 %	3	+33,45 %	+23,08 %
1996	+22,21 %	+17,18 %	3	+28,21 %	+22,21 %
1997	+36,69 %	+36,69 %	0	+17,05 %	+17,05 %
1998	+16,07 %	+16,07 %	0	+20,04 %	+20,04 %
Ø	+5,59 %	+11,83 %	4,70	+7,49 %	+10,08 %

Abbildung 3.10: Auswertung

Jahr	Schweiz	MSM	Ohne Aktien (Monate)	Österreich	MSM
1984	+1,05 %	+4,26 %	8	+5,34 %	+11,46 %
1985	+54,92 %	+54,92 %	0	+98,99 %	+98,99 %
1986	+11,31 %	+11,31 %	0	-1,77 %	-1,77 %
1987	-27,89 %	+9,47 %	7	-28,47 %	+2,71 %
1988	+21,47 %	+11,34 %	6	+21,43 %	+4,63 %
1989	+18,14 %	+18,14 %	0	+124,76 %	+124,76 %
1990	-33,49 %	-3,72 %	10	-12,06 %	+10,02 %
1991	-3,10 %	-3,10 %	0	-16,83 %	-16,83 %
1992	-5,56 %	+1,13 %	1	-20,80 %	-11,55 %
1993	+53,82 %	+53,82 %	0	+37,77 %	+37,77 %
1994	-11,24 %	-4,45 %	9	-8,72 %	+2,02 %
1995	+24,03 %	+31,50 %	3	-11,69 %	+0,45 %
1996	+18,93 %	+19,29 %	3	+19,07 %	+23,02 %
1997 Sep	+45,75 %	+45,75 %	0	+23,67 %	+23,67 %
Ø	+12,01 %	+18,27 %	2,43	+16,48 %	+22,10 %

Abbildung 3.11: MSM auf Schweiz und Österreich angewandt

3.5.4 Weitere Frühindikatoren

Weitere Frühindikatoren sind der Gold- und Dollarpreis, auf die man die MSM genauso anwenden kann. Auch kann man noch die Zinsstruktur und den Dow Jones Utility-Index (Index der Versorgungsunternehmen in den USA) hinzuziehen.

Die Bedeutung dieser Indikatoren zu erklären würde hier zu weit führen. Die Indikatoren dienen alle dazu den Zeitpunkt des Handelns genauer zu bestimmen. Trägt man nun alle Größen in eine Tabelle ein, kann man Anhand dieser Tabelle die nötigen Entscheidungen zum Aktienein- und Aktienausstieg treffen.

3.6 Vor- und Nachteile der Methode

3.6.1 Nachteile

Es sind bei der Anwendung der Methode einige Nachteile vorhanden. Zum Beispiel geht Uwe Lang von einer Spekulationsfrist von sechs Monaten aus. Diese Frist wurde aber auf ein Jahr heraufgesetzt und man muss nun, hält man sich an die Methode, alles über 1000 DM Spekulationsgewinn mit 30 Prozent versteuern. Dies führt zu einer Verminderung der Rendite.

Weiterhin weiss man nicht wie lange man, Aufgrund der Zinsen, aus dem Aktienmarkt herausbleibt. Man erzielt dann man nur wenig Zinsen, wenn man in Festgeld anlegt. Uwe Lang geht allerdings von einer hohen Rendite aus, so als wenn man längerfristig anlegen würde.

Ein weiterer Nachteil ist, dass MSM mit einem Depot rechnet, das den jeweiligen Index entspricht. Eine Aktienausswahl für ein Depot zu finden, die dem Index entspricht ist äusserst schwer. Das schaffen oft nicht einmal Anlageprofis.

Ein letzter Nachteil ist, dass MSM in einigen Fällen falsch liegt, wie schon gezeigt wurde.

3.6.2 Vorteile

Der grosse Vorteil der Methode ist der geringe Zeitaufwand, nämlich eine Stunde pro Monat und man ist dabei langjährig in der Gewinnzone. Kleinanleger müssen nicht täglich ein bis zwei Stunden Freizeit investieren, um aktuelle Trends mitzubekommen.

Ein weiterer Vorteil sind die im Mittel guten Renditen (10-20 Prozent), und dass obwohl man in konservative Aktien investiert. Dabei sind noch nicht einmal die Dividenden und Zinsen berücksichtigt, die einen gar nicht so geringen Teil des erwirtschafteten Kapitals ausmachen.

Zudem ist diese Methode international anwendbar, was ein weiterer Vorteil ist.

Weiter kann man sagen, dass man Aufgrund dieser Methode bei Baissebewegungen frühzeitig aussteigt und den Grossteil einer Haussebewegung mitbekommt.

Ein letzter Vorteil besteht darin, dass die Methode für mittelfristige Anleger geeignet ist, womit die Methode einen Grossteil der Aktienanleger anspricht und für diese Personen anwendbar ist.

3.7 Meinung

Meiner Meinung nach ist diese Methode ein guter Leitfaden für die Praxis. Sie erfordert allerdings ein wenig Übung bei der Deutung der Signale.

Als positiv empfinde ich auch, dass Uwe Lang keine falschen Vorstellungen von der Methode vermittelt. Er sagt ganz klar, dass die Methode nicht unfehlbar ist und kein Werkzeug für Spieler, sondern für konservative Anleger geeignet ist. Ein risikobereiter Anleger kann aber auch Börsentrends für seine Anlagen herausziehen.

Negativ ist mir aufgefallen, dass Uwe Lang an ein, zwei Stellen dazu geneigt hat eine Börsenentwicklung damit zu begründen, das sie ja auch später eingetreten ist. Meiner Meinung nach konnte man das Verhalten nicht an den bis dahin verfügbaren Indikatoren ablesen. Die Entwicklung hätte ebenso den anderen Weg einschlagen können.

Insgesamt ist die Methode etwas handfestes für den Anleger. Er kann daran ablesen wie die Aussichten für den Aktienmarkt sind. Es wird nicht mit den Wünschen und Erwartungen der Anleger gespielt. Die Methode ist eher ein Versuch den Anleger mündig zu machen und ihn zu ermutigen seine eigenen Entscheidungen zu treffen und nicht auf alles mögliche zu hören und zu reagieren. Diese Vorgehensweise macht Uwe Lang für mich eher glaubwürdig als Autoren die irgendwelche Versprechungen machen.

3.8 Verwendete Literatur

Der Beitrag beruht ausschliesslich auf dem Buch „Aktien ohne Stress“ von Uwe Lang.

4. Angebot und Nachfrage: Ein einfaches Wohnungsmarktmodell aus Sicht der Mikroökonomik

Harjo Korte
12. Juni 2001

4.1 Einleitung

Der folgende Beitrag steht unter dem Thema Angebot und Nachfrage aus Sicht der Mikroökonomik und ist ein Beitrag zum Proseminar Systemwissenschaft 2001.

Da das Thema Angebot und Nachfrage im Grunde die ganze Wirtschaftssystem beschreibt, müssen wir uns für eine bestimmte Sichtweise entscheiden, aus der wir den Sachverhalt betrachten wollen. Bei der Betrachtung dieses Themas muss man zumindest zwischen Mikro- und Makroökonomischen Angebots- und Nachfragekurven unterscheiden (hier: Mikroökonomik).

Als erstes werden wir klären, was Mikroökonomik überhaupt ist und womit sie sich beschäftigt. Nachdem wir danach einige Definitionen durchsprechen werden, schauen wir kurz auf verschiedene Marktstrukturen und deren Charakteristik in Hinsicht auf Anbieter und Nachfrager und kommen dann zu einem einfachen linearen Wohnungsmarktmodell. Anhand dieses Modells sollen dann die Wechselwirkungen des Marktmechanismus von Angebot und Nachfrage dargestellt und verschiedene Gleichgewichtssituationen analysiert werden. Beginnen wollen wir aber mit der für diese Arbeit elementarsten Frage.

4.2 Was ist Mikroökonomik?

Beginnen wollen wir mit den Fragen, was Mikroökonomik überhaupt ist und womit sie sich beschäftigt. Die Mikroökonomik ist ein Teilgebiet der Volkswirtschaftslehre und befaßt sich mit der Analyse ökonomischer Entscheidungen einzelner Wirtschaftssubjekte (Individuen) und ihrer Interaktionen bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen (siehe auch Rahmenbedingungen des Wohnungsmarktmodells auf Seite 8). Primär betrachtete Personen sind demnach Konsumenten und Produzenten. Mikroökonomik ist nicht die Analyse gesamtwirtschaftlicher Märkte oder Theorien (z.B. Gütermarkt, Geldmarkt, Arbeitsmarkt etc.); das würde man eher der Makroökonomik zuschreiben. Einige Beispiele für mikroökonomische Fragen sind :

- Wie verteilt eine Konsumentin ihr Einkommen auf verschiedene Güter?
- Wie lässt sich die Nachfrage, der die Produzenten eines Gutes gegenüber stehen, erklären?
- Wie reagiert die Nachfrage nach einem Gut auf Preis- oder Einkommensänderungen?
- In welchen Proportionen sollte ein Unternehmen seine Produktionsfaktoren (Inputs) einsetzen?
- Welche Produktionsmenge (Outputmenge) sollte ein Unternehmen produzieren?
- Wie wirkt sich eine Verbrauchssteuer oder ein Höchstpreis aus?

Auf einige dieser Fragen werden wir noch zurückkommen.

Da wir nun wissen, aus welcher Sicht wir das Thema betrachten wollen, wollen wir nun herausfinden, was wir genau betrachten. Kommen wir also notwendigerweise zu einigen weiteren Definitionen.

4.3 Definitionen [1] [3]

4.4 Das Angebot

Das Angebot wird durch eine Kurve im Graphen beschrieben, bei dem auf der y-Achse der Preis und auf der x-Achse die zum Verkauf gewünschte Menge abgetragen wird. Unter dem Angebot versteht man die Gütermenge, die Verkäufer bei alternativen Preisen absetzen wollen. Die angebotene Menge verändert sich mit der Preishöhe. Die Reaktion der angebotenen Menge auf Preisänderungen wird durch die Angebotselastizität gemessen. Die Angebotselastizität ist eine mathematische Methode der Volkswirtschaftslehre, um die Empfindlichkeit des Angebots auf den Preis zu berechnen. Sprich : Wie verändert sich das Angebot, wenn der Preis steigt bzw. fällt. Auf Wettbewerbsmärkten bestimmen Angebot und Nachfrage die Höhe des Preises.

4.5 Die Nachfrage

Die Nachfrage wird durch eine Kurve im Graphen beschrieben, bei dem auf der y-Achse der Preis und auf der x-Achse die zum Kauf gewünschte Menge abgetragen wird. Das sogenannte normale Gut charakterisiert sich dadurch, dass die Nachfrage bei fallendem Preis steigt und ein sogenanntes Giffen-Gut dadurch, dass die Nachfrage mit fallendem Preis auch fällt. Nachfrage ist zum einen die zum Kauf gewünschte Menge bzw. gekaufte Menge eines Gutes und zum anderen die Reaktionsweise eines Nachfragers oder mehrerer Nachfrager entsprechend einer Stelle auf einer gegebenen Nachfragekurve : Bei welchem Kaufpreis verhält sich der Nachfrager wie?

Im Zusammenhang mit Angebot und Nachfrage sollte man am Besten auch gleich kurz über den Markt reden.

4.6 Der Markt

Der Markt beschreibt das Angebot und den Bedarf an Gütern insgesamt oder für spezielle Produkte in einem regionalen Bereich zu einem bestimmten Zeitpunkt. Der Markt kann für den regionalen Bereich und einen bestimmten Zeitpunkt beschrieben werden durch die Zahl der vorhandenen Käufer und deren Bedarf (entspricht der Nachfrage) und die Menge und Gliederung des Angebotes (entspricht dem Angebot). Kurz gesagt : Das Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage beschreibt den Markt.

Nun wissen wir, wen und was wir untersuchen wollen. Es ist jetzt an der Reihe uns ein Szenario für unsere Analyse zu suchen. Dazu sollten wir uns folgendes Schema verinnerlichen.

4.7 Marktstrukturen/Marktformen

4.8 Marktformenschema [4]

Anbieter Nachfrager	viele Kleine	wenige Mittelgroße	ein Großer
viele Kleine	Vollkommene Konkurrenz	Angebots- oligopol	Angebots- monopol
wenige Mittelgroße	Nachfrage- oligopol	Bilaterales Oligopol	Beschränktes Angebots- monopol
ein Großer	Nachfrage- monopol	Beschränktes Nachfrage- monopol	Bilaterales Monopol

Abbildung 4.1: Verschiedene Marktformen und ihre Anzahl an Anbietern und Nachfragern

Die Marktformen werden also durch Anbieter und Nachfrager charakterisiert. Lernen wir jetzt einige der Marktformen noch etwas genauer kennen.

4.9 Marktformen

4.9.1 Monopol

Beim Monopol sieht sich ein Unternehmen der gesamten Nachfrage gegenüber. Es setzt die Menge (bzw. den Preis) und anhand der Nachfrage bestimmt sich dann der Preis (bzw. die Menge).

4.9.2 Oligopol

Beim Oligopol gibt es einige Konkurrenten, aber nicht so viele, dass jeder von ihnen eine vernachlässigbare Wirkung auf den Preis hat. Jeder macht sein Verhalten vom Verhalten der Wettbewerber abhängig (Großteil der realen Wirtschaftswelt). Die Spieltheorie gilt als grundlegendes Analyseinstrument für das Auffinden von Gleichgewichtssituationen.

4.9.3 Polypol

Viele Unternehmen sehen sich vielen Käufern gegenüber. Die Unternehmen sind hier die Preisnehmer. Das Polypol entspricht vollständiger Konkurrenz.

Nun kennen wir auch einige Marktsituationen. Als nächstes können wir ein Modell erstellen und damit Analysen anfertigen.

4.10 Ein Wohnungsmarktmodell [2]

Als erstes brauchen wir eine Modellbeschreibung, dann müssen wir noch definieren, was wir aus dem Modell für Informationen ziehen wollen und zu guter letzt noch die Modellvoraussetzungen.

4.11 Modellbeschreibung:

Wir untersuchen einen Wohnungsmarkt einer mittelgroßen Universitätsstadt im amerikanischen Mittelwesten.

Es soll nur zwei Arten von Wohnungen geben : Zum einen Wohnungen in unmittelbarer Nähe zur Uni und zum zweiten weiter entfernte Wohnungen. Die Wohnungen sollen in zwei Ringen um die Universität angeordnet sein. Einem inneren und einem äußeren.

Wir betrachten nur die Wohnungen des inneren Rings. Den Preis der äusseren Wohnungen betrachten wir also als exogene Variable; das bedeutet, dass wir den Preis dieser Wohnungen als durch äussere Einflüsse vorherbestimmt ansehen. Den Preis der Wohnungen im inneren Ring betrachten wir analog als endogene Variable; was bedeutet, dass dieser Preis durch Einflüsse beschrieben wird, die im weiteren Modell näher beschrieben werden.

4.12 Fragestellung:

Was bestimmt den Preis der Wohnungen im inneren Ring? Bei welchem Preis liegt ein Gleichgewicht? Wer zieht in die Wohnungen des inneren Rings?

4.13 Modellvoraussetzungen:

Alle Wohnungen sind gleich. Sie unterscheiden sich lediglich durch ihre Lage. Der Vorteil der Wohnungen im inneren Ring ist natürlich, dass man nicht so weite Strecken mit dem Fahrrad oder dem Bus durch die Kälte zurücklegen muß. Wer es sich leisten kann, wird also eine Wohnung im inneren Ring bevorzugen.

Die Beschreibung ist abgeschlossen. Jetzt müssen wir unsere Analyse noch in einige Rahmenbedingen setzen. (Siehe auch Definition Mikroökonomik)

4.14 Rahmenbedingungen der Analyse:

Wir legen zwei Prinzipien zu Grunde, die wir bei der Analyse im Hinterkopf behalten wollen.

4.14.1 Zwei Grundprinzipien:

1. Optimierungsprinzip : Die Leute handeln nutzenmaximal.
2. Gleichgewichtsprinzip : Die Preise passen sich solange an, bis Angebot gleich Nachfrage ist.

4.14.2 Ausnahmen:

Es gibt natürlich Ausnahmen, so dass sich die Leute nicht nutzenmaximal verhalten oder dass die Anpassungen der Preise sehr lange dauern und weitere Änderungen mit sich ziehen, die das System destabilisieren. Diese Ausnahmen treten aber üblicherweise nicht ein. Deshalb gehen wir von den beiden oben genannten Grundhaltungen aus.

Da wir nur einen kurzen Zeitraum betrachten und uns nicht dafür interessieren wie der Markt zu einem Gleichgewicht kommt, betrachten wir den Mietpreis zu einem bestimmten Zeitpunkt und nicht über einen längeren Zeitraum. In dieser kurzen Periode können wir wohl von einer gewissen Konstanz des Mietpreises von Monat zu Monat ausgehen.

Kommen wir jetzt zu den nächsten Schritten unserer Modellentwicklung. Der Entwicklung der Nachfrage- und der Angebotskurve.

4.15 Die Nachfragekurve

Um die Nachfragekurve zu entwickeln, fragen wir einfach alle in Betracht kommenden Mieter nach dem Höchstbetrag, den sie bereit wären gerade noch für eine Wohnung zu investieren. Diesen Höchstbetrag, den man gerade noch bereit ist, für ein Gut auszugeben, nennt man in der Ökonomie Vorbehaltspreis. Wir suchen also den Vorbehaltspreis eines jeden einzelnen und tragen diese Werte in einem Koordinatensystem ab. Wir bekommen einen stufenförmigen Graphen, der mit steigendem Wohnungsangebot fällt (vgl. Abb. 4.2). Denn je niedriger der Preis desto mehr Leute sind bereit, eine Wohnung zu diesem Preis zu mieten. Jetzt haben wir eine stufenförmige Kurve, von der man ablesen kann, wieviele Wohnungen zu welchem Preis vermietet würden. Läge der Marktpreis der Wohnungen bei dem höchsten Vorbehaltspreis, der angegeben wurde, und läge dieses Gebot genau einmal vor, so würde gerade eine Wohnung vermietet. Gäbe es das Gebot zweimal oder läge der Vorbehaltspreis beim zweit höchsten Gebot würden gerade zwei Wohnungen vermietet und so weiter. Allgemein gesagt heisst das, dass, wenn der Marktpreis der Wohnungen bei p liegt, genau so viele Wohnungen vermietet würden, wie Leute bereit sind mindestens p zu zahlen. Alle, die nicht bereit wären diesen Preis zu zahlen, würden automatisch in den äusseren Ring verschoben und müssten sich dort eine Wohnung mieten. Die Empfindlichkeit der Nachfrage auf den Preis kann man mit Hilfe der sogenannten Preiselastizität messen. Analog zur Angebotselastizität berechnet man mit der Preiselastizität um wieviel sich die Nachfrage im Verhältnis zum geänderten Preis ändert.

Je mehr Leute wir befragen desto mehr gleichen sich die Stufen einer Kurve an, denn die Differenz zwischen den Werten auf der y-Achse geht als Grenzwert betrachtet gegen null und so liegen die Umfragewerte für den Vorbehaltspreis beliebig dicht beieinander (vgl. Abb. 4.3).

4.16 Die Angebotskurve

Nachdem wir die Nachfragekurve entwickelt haben, brauchen wir jetzt das Angebot, um Gleichgewichtssituationen herbeiführen und deren Analyse durchführen zu können. Normalerweise würde man die Angebotskurve genauso entwickeln wie die Nachfragekurve.

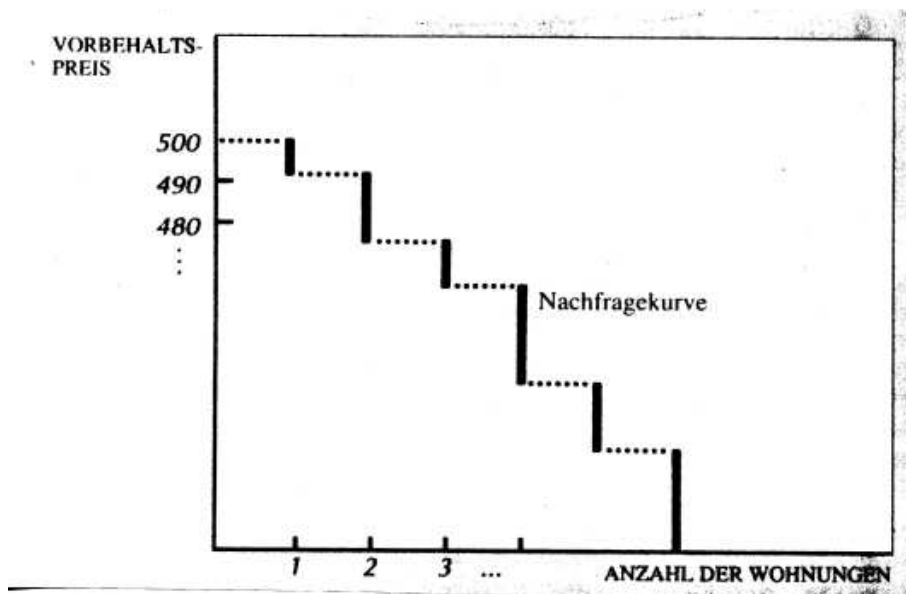


Abbildung 4.2: Stufennachfrage

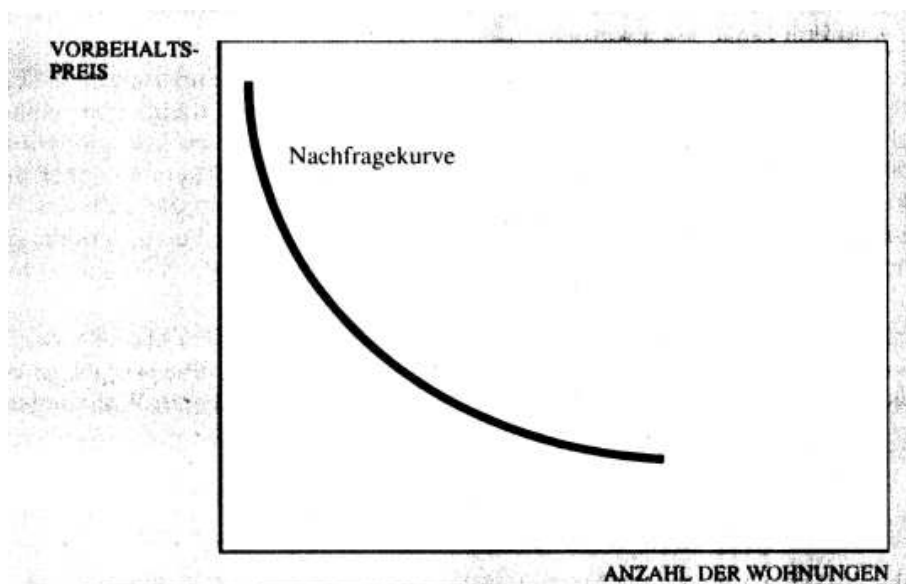


Abbildung 4.3: Nachfragenkurve

Man würde zu jedem in Betracht kommenden Vermietern gehen und ihn danach fragen, zu welchem Preis er wieviele Wohnungen vermieten würde. Hier nehmen wir aber an, dass die gleiche Anzahl von Wohnungen angeboten wird; unabhängig vom Preis. Nämlich alle zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Wohnungen. Da wir nur eine kurze Periode betrachten, können wir ausserdem davon ausgehen, dass das Wohnungsangebot insgesamt konstant bleibt. Über einen längeren Zeitraum gesehen müsste man natürlich eventuelle Abrisse oder Neubauten mit einkalkulieren. Wir gehen also davon aus, dass das Wohnungsangebot nicht nur unabhängig von vom Preis, sondern auch unabhängig von der Zeit gleich bleibt.

Wir haben jetzt unsere beiden Kurven, die Angebots- und Nachfragekurve, und wollen

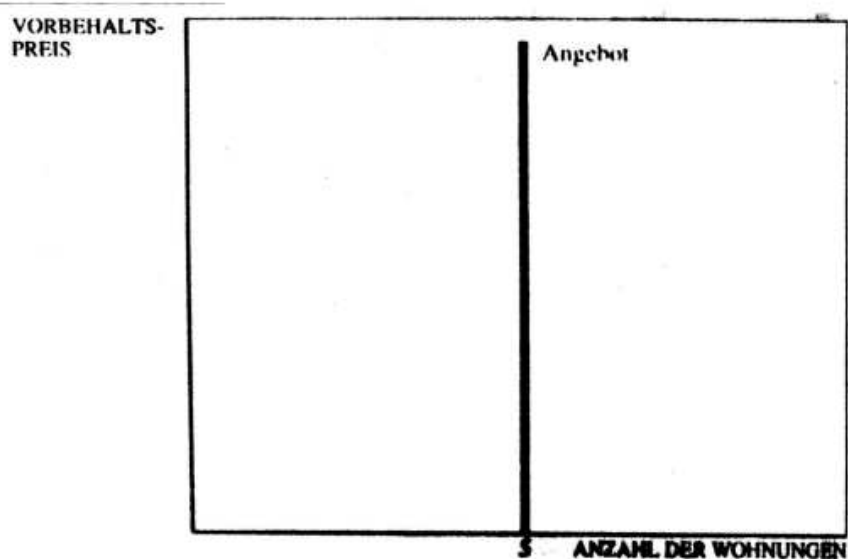


Abbildung 4.4: Angebotskurve

einen Gleichgewichtspreis finden und ihn mit Hilfe der Komparativen Statik analysieren.

4.17 Das Marktgleichgewicht

Um das Marktgleichgewicht für dieses Modell herauszufinden, legen wir die Angebots- und die Nachfragekurve übereinander. p^* , der Schnittpunkt von Angebots- und Nachfragekurve, ist gerade der Gleichgewichtspreis. Jeder Konsument, der bereit ist, mindestens p^* zu zahlen, wird eine Wohnung bekommen und jeder Vermieter wird seine Wohnung zum gängigen Marktpreis vermieten können. Keiner wird also sein Verhalten ändern. Das ist gerade die Definition für einen Gleichgewichtspunkt. Nehmen wir an, dass der Gleichgewichtspreis unter p^* läge. Dann wäre die Nachfrage größer als das Angebot. Es gäbe zuviele Wohnungsinteressenten und daraufhin würden mit Sicherheit einige Vermieter den Preis anheben, weil es mehr Leute gäbe, die zu einem hohen Preis die Wohnung mieteten. Nehmen wir andererseits an, der Gleichgewichtspreis läge über p^* , so wäre das Angebot größer als die Nachfrage. Dann ständen Wohnungen leer, weil nicht genügend Leute bereit wären, diesen Preis zu zahlen. Es wären zu wenig Mieter da. Einige Vermieter könnten nicht all ihre Wohnungen vermieten und würden daraufhin den Preis senken.

Wir sehen also, dass bei einem konstanten Angebot, unabhängig vom Preis, gerade der Schnittpunkt von Angebots- und Nachfragekurve das Marktgleichgewicht repräsentiert. Jeder Mieter, der bereit ist, p^* oder mehr zu zahlen wird eine Wohnung im inneren Ring finden und alle anderen werden sich mit einer Wohnung im äusseren Ring zufrieden geben müssen. Wir haben also herausgefunden, dass die Zuteilung der Wohnungen an die Mieter gerade von der Zahlungsbereitschaft der Konsumenten abhängt.

4.18 Komparative Statik

Bei der Komparativen Statik vergleicht man zwei statische Gleichgewichtssituationen miteinander, ohne sich darüber Gedanken zu machen, wie der Markt (oder allgemein das

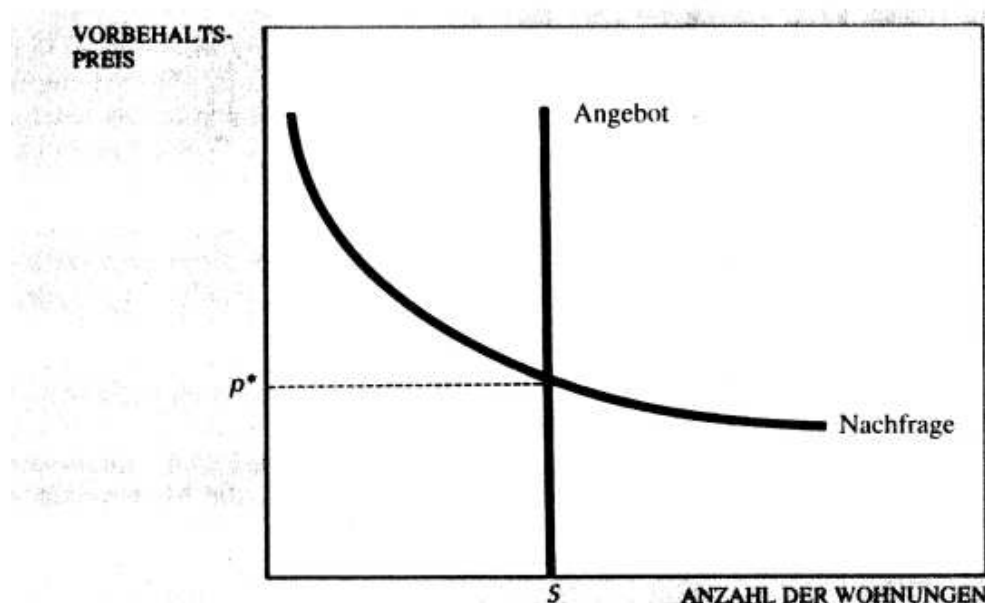


Abbildung 4.5: Das Marktgleichgewicht

System) von einem zum anderen gekommen ist. Die Frage, die diese Methode beantwortet, ist : Wie ändert sich der Wohnungspreis, wenn sich verschiedene Bedingungen des Marktes ändern?

Wir wollen im Folgenden einige Annahmen untersuchen.

- *Annahme* : Wir erhöhen das Angebot ! Was passiert?
Wenn sich nicht die Nachfrage ändert, sondern nur das Angebot, so gibt es einen neuen Schnittpunkt zwischen Angebot und Nachfrage. An dem neuen Schnittpunkt kann man wieder das Marktgleichgewicht ablesen. Und wie wir in Abbildung 4.6 sehen können, ist der neue Gleichgewichtspreis unter dem alten. Wir können also sagen : Wenn sich das Angebot erhöht und die Nachfrage gleich bleibt, so sinkt der Gleichgewichtspreis.
- *Annahme* : Einige Vermieter wandeln ihre Mietwohnungen in Eigentumswohnungen um !
Wir stellen wieder die Frage nach dem neuen Preis. Unsere erste Vermutung wäre natürlich, dass dieser Fall dem ersten genau entgegengesetzt ist : Der Preis der Wohnungen steigt, da das Angebot an Wohnungen sinkt! Aber nein. Jedenfalls nicht notwendigerweise. Das Angebot geht zwar zurück, aber auch die Nachfrage. Denn die neuen Käufer könnten ja die alten Mieter sein. So ginge nicht nur das Angebot, sondern auch die Nachfrage zurück, und zwar beide um exakt den selben Wert, so dass sich an dem Gleichgewichtspreis nichts ändern wird.

Sicherlich ist dies ein Extremfall, aber dass gar niemand der neuen Besitzer vorher Mieter war, ist wohl noch unwahrscheinlicher. Im Ernstfall müsste man aber wohl Fallunterscheidungen machen, denn wenn nicht alle neuen Besitzer zuvor Mieter waren, wird sehr wohl der Preis der Wohnungen steigen. Um wieviel hängt dann ganz von der Zahl der Besitzer ab, die vorher Mieter waren.

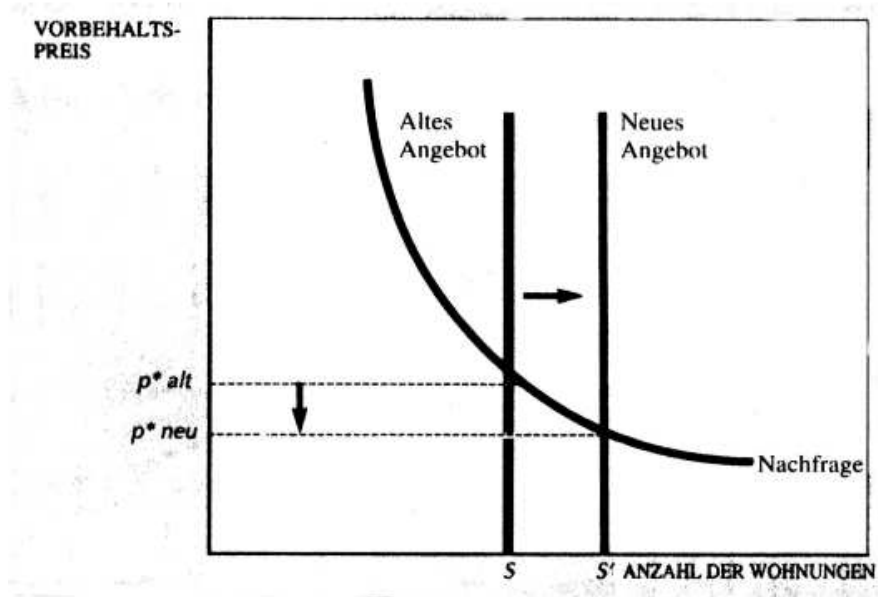


Abbildung 4.6: Erhöhung des Angebotes

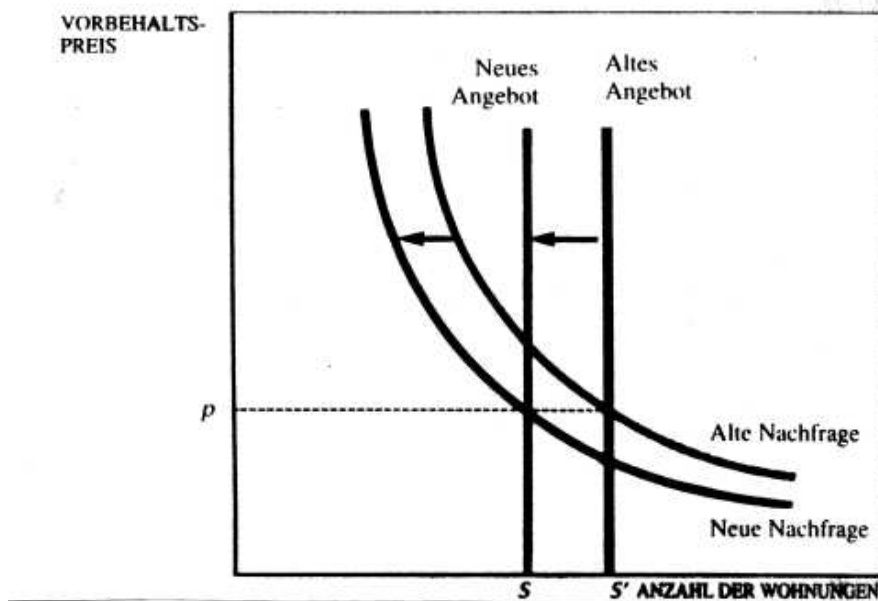


Abbildung 4.7: Umwandlung der Mietwohnungen in Eigentumswohnungen

Eine wichtige Erkenntnis, die wir an diesem Fallbeispiel gewonnen haben, ist also, dass man nicht nur nach einer Kurve schauen, bzw. die Änderung einer Größe betrachten darf, sondern unbedingt auch die anderen Größen beachten muss, damit man richtige Voraussagen trifft.

- *Annahme* : Der Stadtrat erhebt 50\$ Steuer auf jede Wohnung pro Jahr! Ein letztes Mal stellen wir jetzt noch die Frage, wie sich der Wohnungspreis verhält. Und wir würden wohl im ersten Moment wieder vermuten, dass der Wohnungspreis steigt, da die Vermieter die Steuer auf die Miete draufschlagen werden. Aber nein : Falsch.

Es ändert sich wieder nichts. Denn wir haben in den Rahmenbedingungen für unser Modell festgelegt, dass jeder nutzenmaximal handeln werde. So haben die Vermieter vor der Besteuerung den höchstmöglichen Mietpreis verlangt. Würden sie jetzt trotz des Steueraufschlages immernoch alle Wohnungen vermieten können, so hätten sie vorher nicht den höchstmöglichen Preis verlangt. Die Miete ist aber bereits der maximal mögliche Preis, so dass sich die Steuer nicht auf die Mietpreise auswirken kann. Denn wenn die Vermieter den Preis erhöhen, wäre das Angebot wieder größer als die Nachfrage und wir hätten wieder das Problem, das wir bereits bei dem Beweis, dass p^* der Marktgleichgewichtspreis ist, ausgeräumt haben. Man muss allerdings sagen, dass die Miete sehr wohl steigen kann, wenn sich die Anzahl der Wohnungen mit der Besteuerung ändern würde. Allgemein kann man sagen, dass umso mehr von der Steuer auf die Konsumenten abgewälzt werden wird, je flacher die Angebotskurve ist. Bzw. umso weniger, je steiler die Kurve ist. Denn je steiler die Kurve ist, desto weniger variabel ist das Angebot.

Literatur

- [1] **Erwin Dichtl, Otmar Issing**, *Vahlens Großes Wirtschaftslexikon* Band 2 L-Z, 2.Auflage, 1993.
- [2] **R. Varian**, *Grundzüge der Mikroökonomik*, 4.Auflage, von Reiner Buchegger aus dem Amerikanischen übersetzt.
- [3] **Arthur Woll**, *Wirtschaftslexikon*, 7.Auflage, Oldenbourg Verlag München Wien 1993
- [4] **Günter Wöhe**, *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre* 19.Auflage, Verlag Franz Vahlen München.
- [5] <http://www.wiwi.uni-jena.de/empirie/mikrooekonomie-I-99.htm>

5. Genetische Algorithmen

Marcus Lunzenauer
19. Juni 2001

5.1 Eine Einführung

Oft tauchen beispielsweise in der Höheren Mathematik scheinbar unlösbare Probleme auf. Ein Beispiel dafür sind die vielfältigen Probleme in der Funktionsoptimierung.

Einer der möglichen Lösungsansätze ist es oft, ein Black-Box Modell zu erstellen.

Black-Box Modelle erhalten einen Eingangswert und liefern ein Ergebnis, von dem man nicht sagen kann, wie es zu Stande kam. Durch unterschiedliche Parametrisierung des Black-Box Modells erhält man für dieselbe Eingabe unter Umständen ein anderes Ergebnis. Das Ergebnis kann nach vorgegebenen Maßstäben auf seine Qualität hin bewertet werden.

Das Problem dieses Ansatzes ist aber, daß diese Black-Box Modelle einen über alle Maße großen Suchraum erzeugen. Als gutes Beispiel hierfür soll hier eine Schachpartie dienen: Geht man von einer Partie von ca. 100 Zügen aus, und nimmt man außerdem an, daß pro Zug eine Zugvielfalt von etwa 16 verschiedenen Möglichkeiten besteht, dann erfaßt der Suchraum ca $16^{100} \approx 2^{400}$.

Nach P.Winston entspricht diese Zahl folgendem Szenario: „Wenn alle Atome des Universums seit Anbeginn aller Zeiten Schachzüge in Picosekundenrate berechnet hätten, wäre man trotzdem erst am Anfang.“

Um also ein Optimum innerhalb von Suchräumen zu finden, wurden mehrere verschiedene Lösungsmöglichkeiten entwickelt:

- „Alles durchgehen“
Diese Methode hat den bereits durch das Schachbeispiel gut illustrierten Mangel, daß meist unverhältnismäßig viel Zeit zur Lösung des Problems aufgewendet werden muß. Andererseits ist diese Möglichkeit manchmal wohl die effizientere. In diesen Fällen kann man aber wohl getrost von einem trivialen Problem ausgehen.
- „Zufallssuche“
Diese Methode bietet sich an, sobald der Suchraum die Eigenschaft hat in der „Nähe“ des Optimums bessere Werte zu liefern als „weiter entfernte“ Werte.
- „Hill-Climbing“
Eine weitere Methode zur Findung von Optima. Bei diesem Ansatz benutzt man die Steigung in einem Punkt. Man bewegt sich dann schrittweise in die Richtung, die durch die Steigung angegeben wurde. Nach mehrfacher Wiederholung gelangt man dann zu einem Wert, in dem die Steigung 0 beträgt, was ja notwendiges Kriterium für ein Extremum ist.
- „Genetische Algorithmen“
Diese Methode bildet eine Gruppe von Berechnungsmodellen, die von der natürlichen Evolution inspiriert werden. Zuerst entwickelt wurden die Genetischen Algorithmen 1975 von J.Holland[1]. Ausgehend von einer Initialpopulation findet man mit Hilfe von Selektion und Rekombination neue bessere Individuen/Lösungen.

Man benutzt/benutzte diese letzte Methode innerhalb der Forschung und Anwendung zur Künstlichen Intelligenz, bei der Voraussage zum Aktienmarkt, wie schon erwähnt in der Höheren Mathematik, beim Militär¹ und in der Musik².

5.2 Biologische Grundlagen

Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu verstehen, welche charakteristischen Merkmale die Evolution besitzt, um sie dann in einem Modell benutzen zu können. Der Gedanke der natürlichen Evolution wurde geprägt von Charles Darwin mit seiner Veröffentlichung „Die Entstehung der Arten“. Darin lieferte er unter anderem eine Theorie, wie sich neue Arten entwickeln.

Der von ihm publizierte Mechanismus wird als natürliche Auslese oder Selektion bezeichnet. Die Evolution ist dabei stets ungerichtet, und die Individuen unterliegen dem Druck sich geänderten Umgebungsvariablen anzupassen. Weiterhin ist dabei jedes Individuum einzigartig und unterscheidet sich von jedem anderem.³ Weiterhin kommt es bei der Fortpflanzung zu einem exponentiellem Wachstum, das nur durch limitierende Faktoren beschränkt wird. Aus diesen Merkmalen entsteht der Selektionsdruck: „Nur der Fähigste kann überleben.“. Evolution erwächst also aus der kontinuierlichen Neukombination zweier Individuen.

Zur weiteren Ausführung ist es unabdinglich, auf die Vorgänge einzugehen, die erst die Bildung eines neuen Individuums ermöglichen. Diese Vorgänge werden hier am Beispiel des Menschen dargestellt, gelten aber in ihren Grundzügen ohne Beschränkung für jeden anderen Organismus, der sich sexuell fortpflanzt.

Jede der somatischen Zellen⁴ des Menschen besitzt 46 Chromosomen. Durch spezielle Methoden ist es möglich eine Aufnahme der Chromosomen zu machen. Diese Darstellung wird Karyotyp genannt. Aus diesem Karyotyp geht hervor, daß Chromosomen Paare bilden. Diese haben dieselbe Länge, dieselbe Centromerposition und dasselbe Bandenmuster.

Dieses paarweise Auftreten ist eine Konsequenz der sexuellen Fortpflanzung. Man erbt von seinen Eltern jeweils nur eines der beiden homologen Chromosomen. Der Satz von 46 Chromosomen besteht also aus einem mütterlichen Anteil von 23 Chromosomen, sowie einem gleich großen Anteil, den man von seinem Vater erhält.

Sperma- und Eizellen - auch Gameten genannt - unterscheiden sich von den somatischen Zellen durch die Anzahl der Chromosomen. Gameten tragen einen Chromosomensatz von jeweils nur 23. Nach der Fertilisation der beiden beteiligten Gameten entsteht eine befruchtete Eizelle - die Zygote, die einen vollen Satz von 46 Chromosomensatz beinhaltet. Aus dieser Zygote entstehen alle weiteren Zellen des neuen Individuums durch einen Vorgang der Mitose genannt wird. Die einzigen Zellen die nicht durch Mitose entstehen sind die Gameten in den Eierstöcken der Frau bzw. den Hoden des Mannes. Alle Individuen, die sich sexuell fortpflanzen, besitzen einen Mechanismus, der die Chromosomenzahl der Gameten halbiert. Diese Form der Zellteilung wird Meiose genannt.

¹Ein bekannteres Beispiel ist der von Steve Smith[3] entwickelte e Algorithmus, der in Helikoptern zur Zielerfassung dient.

²Ein gutes Beispiel ist GenJam von Al Biles - Professor am RIT.[3]

³Diese These ist m.E. nicht ganz korrekt. Gegenbeispiele wären dabei vegetative Vermehrung oder auch Zwillinge.

⁴Das sind alle Zellen außer Spermien und Eizellen bzw. deren Vorstufen.

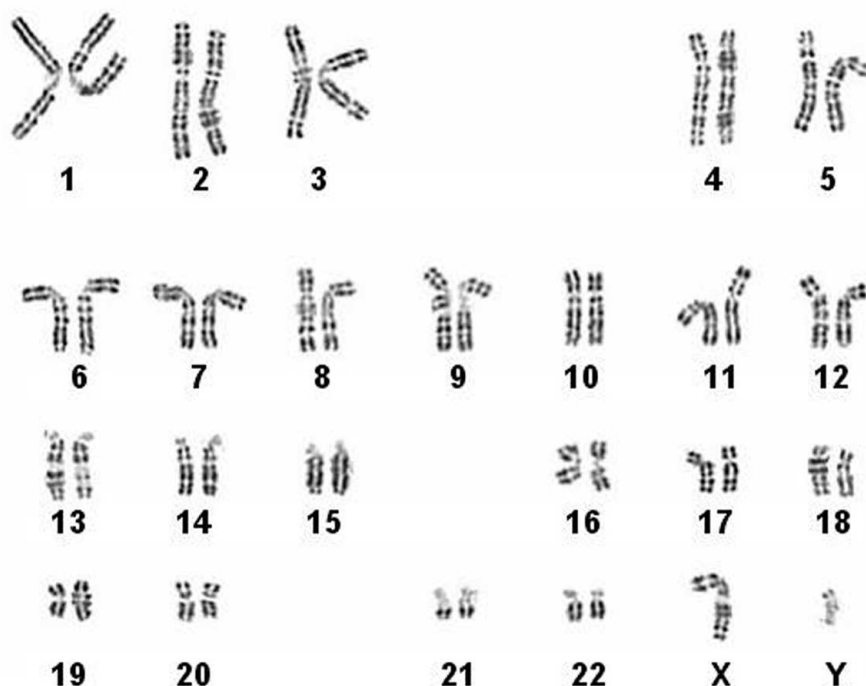


Abbildung 5.1: Karyotyp

Die Meiose besteht, wie in den Abbildungen 5.2 und 5.3 ersichtlich, aus zwei Zellteilungen. Es entstehen 4 Tochterzellen, die jeweils den halben Chromosomensatz haben. In der Prophase I bilden die replizierten homologen Chromosomen einen Komplex, der den Austausch genetischer Informationen ermöglicht. Dieser Vorgang wird Crossing-over genannt. Dieses wird im Bild 5.4 sichtbar.

5.3 Der Algorithmus

Dieser Algorithmus setzt voraus, daß man sich eine bestimmte Menge signifikanter Informationen bestimmt und diese zu ein Bit-Vektor verbindet, ähnlich einer DNA Kette. Weiterhin ist es notwendig, eine (mathematische) Funktion zu finden, die die Bewertung eines Bit-Vektors vornimmt. Das Gelingen des Algorithmus liegt im wesentlichen an der Wahl der Parameter im Bit-Vektor und der Fitnessfunktion.

Der nächste Schritt ist die Erzeugung einer Startpopulation. Dabei kann man entweder eine zufällig erwählen. Andererseits kann man aber auch eine Startpopulation wählen. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn man bereits Erfahrung mit dem Problem besitzt und daher schon grundsätzliche Annahmen über die ungefähre Größe eines Wertes machen kann.

Hier kann man wieder die Ähnlichkeit zum Black-Box Modell aufzeigen. Die Kodierung der signifikanten Informationen wird im Black-Box Modell durch die Knöpfe vorgenommen. Die Bewertung des Outputs beim Black-Box Model entspricht ungefähr der Fitnessfunktion. Startpopulation und Input sind ebenfalls vergleichbar.

Die grundlegende Implementation Genetischer Algorithmen sind folgendermaßen aus:

- *Vorbereitung*
Auswahl der Kodierung, der Fitnessfunktion und der Startpopulation

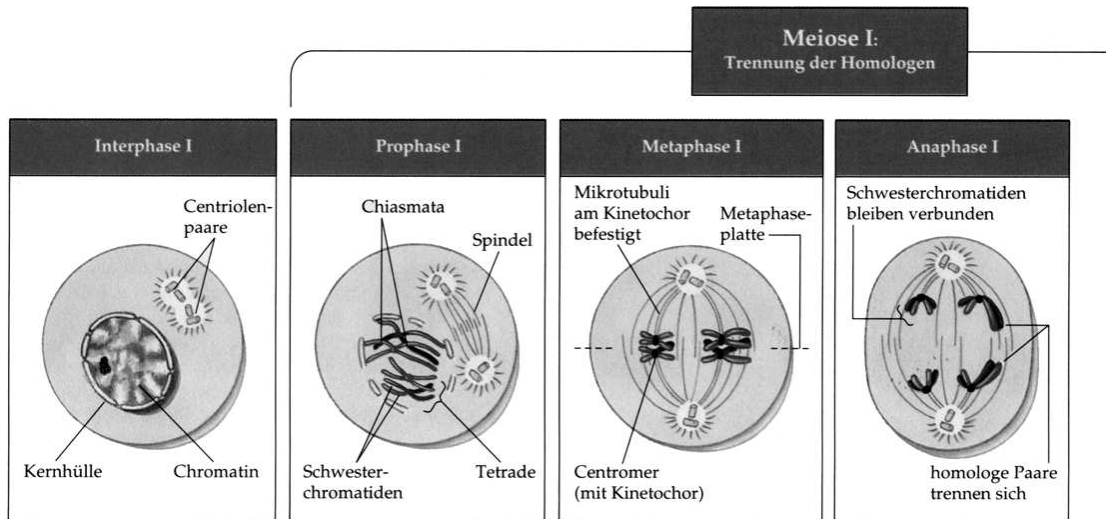


Abbildung 5.2: Meiose I

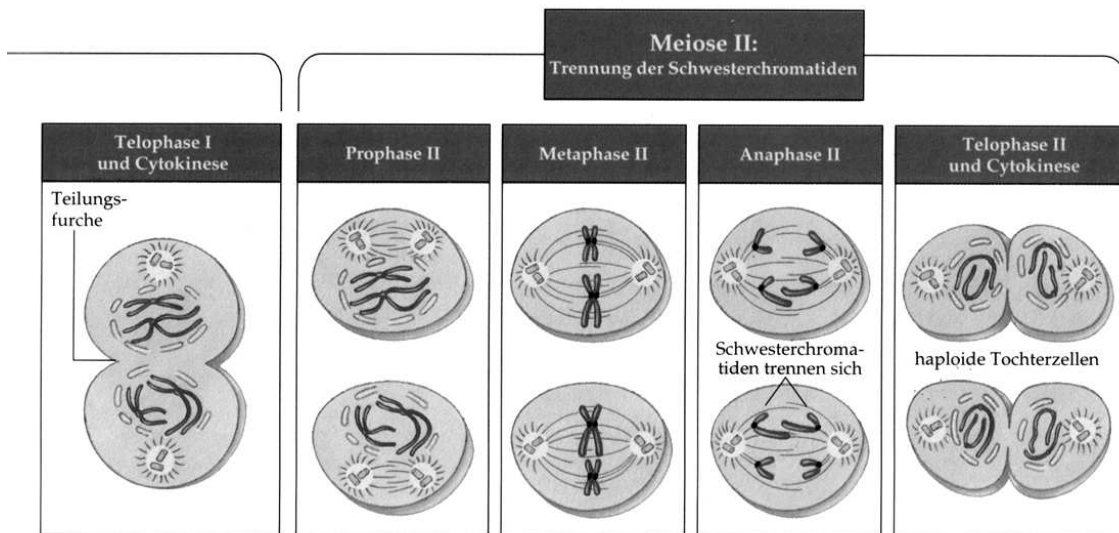


Abbildung 5.3: Meiose II

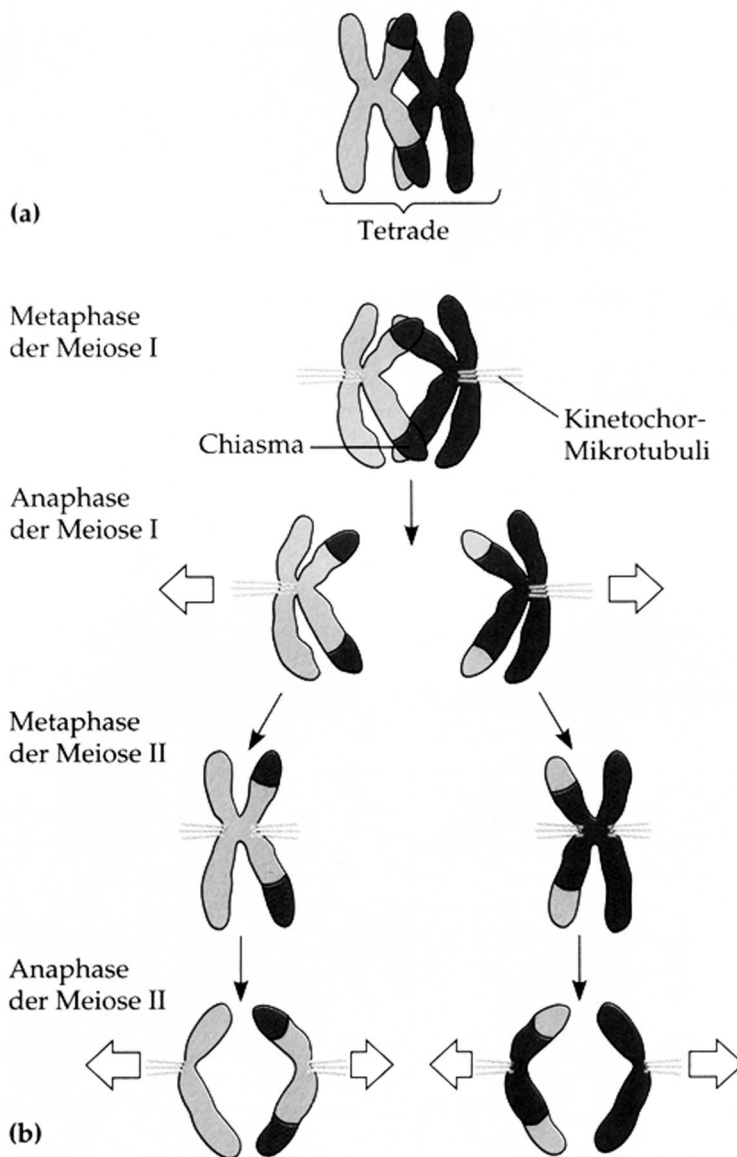


Abbildung 5.4: Crossing-over

- *Selektion*

In der Selektionsphase werden die besten Eltern erwählt. Man wählt rangbasiert entweder die n besten Eltern. Es ist aber auch möglich, jedem Elternteil eine relative Häufigkeit proportional zum Fitnesswert zuzuordnen, um dann per Zufall diejenigen zu ermitteln, die sich fortpflanzen dürfen. Der Unterschied zu der ersten Methode liegt darin, daß sich auch „schlechtere“ Individuen reproduzieren können. Dies schafft aber eine möglicherweise höhere Anpassungsfähigkeit.

- *Rekombination*

Diese wird erreicht, indem man das bereits beschriebene Verfahren des Crossing-over benutzt. Allerdings muß dieser natürliche Prozess natürlich an die digitale Wirklichkeit einer Computersimulation angepaßt werden. Deutlich wird dies in Abbildung 5.5. Andererseits bedient man sich häufig des natürlichen Prozesses der Mutation genetischen Materials. Dabei werden einfach zufällig gewählte Positionen mit einer geringen Wahrscheinlichkeit verändert. Einerseits kann man dort einen Bitflip oder ein Bitset ausführen. Dabei ist das eine aber bloß eine skalierte Variante des anderen.

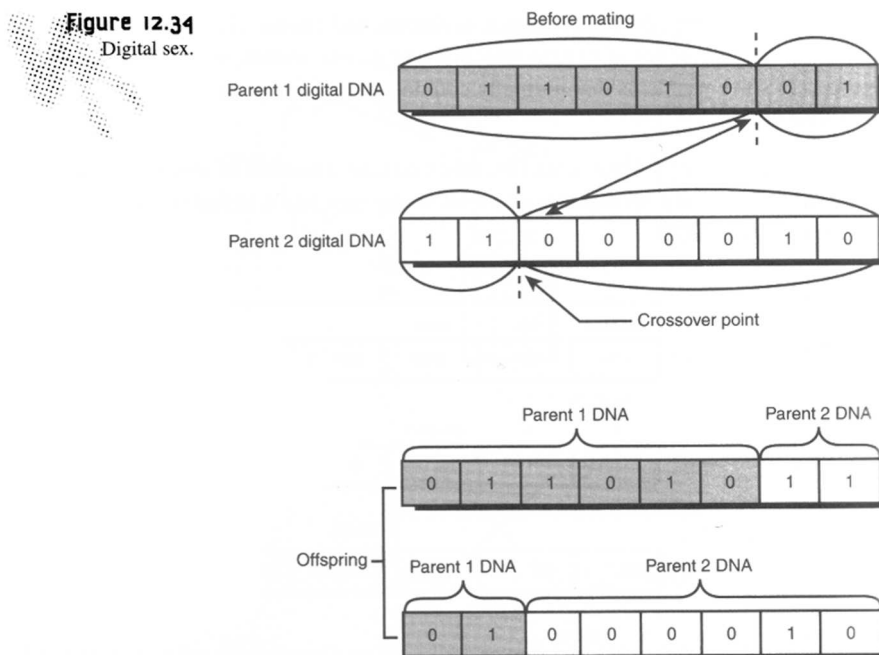


Abbildung 5.5: computersimuliertes Crossing-over

- *Bewertung*

Nun wird ermittelt, ob ein Individuum eine gültige Lösung des Problems darstellt. Ansonsten überprüft man, ob die vorher festgelegte Anzahl der Iterationen überschritten wurde. Sollte also keine Abbruchbedingung bestehen, wird erneut mit der Selektion und den darauf folgenden Schritten begonnen.

5.4 Beispiel: Diophantische Gleichung

Ich nehme als Beispiel eine Diophantische Gleichung. Diese Gleichungen sehen zum Beispiel so aus: $a + 2b + 3c + 4d = 30$. Das Besondere daran ist, daß die Parameter a,b,c,d ... aus dem Bereich der Natürlichen Zahlen stammen. Wenn man einen genetischen Algorithmus benutzt, braucht man bloß ein bißchen Zeit, um eine Lösung zu erhalten. Man kann davonausgehen, daß dieser Lösungsweg schneller abläuft, als wenn man die „brute-force“ Methode benutzt und alle Möglichkeiten durchgeht.

Zur Lösung der obigen Diophantischen Gleichung wählt man erst einmal 5 Startindividuen:

Chromosom	(a,b,c,d)
1	(1,28,15,3)
2	(14,9,2,4)
3	(13,5,7,3)
4	(23,8,16,19)
5	(9,13,5,2)

Tabelle 1: Startpopulation

Um die Fitnesswerte zu erhalten, setzt man diese Werte einfach in die linke Seite der diophantische Gleichung $a + 2b + 3c + 4d = 30$ ein und zieht den Wert 30 ab.

Chromosom	Fitnesswert
1	$ 114 - 30 = 84$
2	$ 54 - 30 = 24$
3	$ 56 - 30 = 26$
4	$ 163 - 30 = 133$
5	$ 58 - 30 = 28$

Tabelle 2: Fitnessbewertung der Startpopulation

Es liegt auf der Hand, das geringere Werte zu bevorzugen sind. Um nun die 5 Elternpaare für die nächste Generation zu ermitteln, vergibt man relative Häufigkeiten an die einzelnen Chromosomen. Eine Möglichkeit das zu erreichen ist, von jedem Wert das multiplikative Inverse zu bilden und es dann durch die Summe aller multiplikativer Inverser zu teilen. Damit erhält jedes Chromosom einen Wert zwischen 0.0 und 1.0 . Addiert man alle so erhaltenen Werte auf kommt, wie erwartet, 1.0 heraus.

Chromosom	multiplikatives Inverses
1	$\frac{1}{84}$
2	$\frac{1}{24}$
3	$\frac{1}{26}$
4	$\frac{1}{133}$
5	$\frac{1}{28}$

Tabelle 3: multiplikatives Inverses des Fitnesswerts der Startpopulation

Die Summe aller multiplikativer Inverser lautet 0.135266. Damit sieht also die relative Häufigkeit so aus:

Chromosom	relative Häufigkeit	kumulierte Häufigkeit
1	8.80%	8.80%
2	30.8%	39.6%
3	28.4%	68.0%
4	5.6%	73.6%
5	26.4%	100.0%

Tabelle 4: Häufigkeiten der Startpopulation

Die Ermittlung geeigneter Eltern ist nun einfach. Man ermittelt 10 Zufallszahlen. Diese bestimmen die Eltern. Wichtig in diesem Zusammenhang ist, daß die Elternteile eines Paares verschieden sein müssen. Beim Auftreten dieser Konstellation wird einfach erneut ein Elternteil ermittelt.

Mutterchromosom	Vaterchromosom
3	1
5	2
3	5
2	5
5	3

Tabelle 5: Simulierte Selektion der Paare

Die Kinder, die aus diesen Eltern hervorgehen sollen, müssen nun Erbinformationen sowohl der Mutter als auch des Vaters enthalten. Dieses Vorgehen wird hier durch Crossing-over erreicht. Der Einfachheit halber wählt man den Crossing-over Punkt zufällig.

Vaterchromosom	Mutterchromosom	Kindchromosom
(13 :: 5,7,3)	(1 :: 28,15,3)	(13,28,15,3)
(9,13 :: 5,2)	(14,9 :: 2,4)	(9,13,2,4)
(13,5,7 :: 3)	(9,13,5 :: 2)	(13,5,7,2)
(14 :: 9,2,4)	(9 :: 13,5,2)	(14,13,5,2)
(13,5 :: 7, 3)	(9,13 :: 5, 2)	(13,5,5,2)

Tabelle 6: Simuliertes Crossing-Over

Nun kann man die Fitnesswerte der neuen Generation berechnen.

Der durchschnittliche Fitnesswert der Startpopulation betrug 59.4, wohingegen der der zweiten 38.8 betrug. Man sieht also, daß man sich auf dem Weg zu einer Lösung befindet. Außerdem wäre es sinnvoller größere Populationen zu benutzen, da sich dann der Erfolg, eine Fitness von 0, schneller einstellt.

Dieses Beispiel wurde der Internetseite <http://www.generation5.org/gaexample.shtml> entnommen.

Außerdem wurden die Abbildungen 5.2, 5.3 und 5.4 aus [4] und Abbildung 5.5 aus [5] entnommen.

Chromosom	Fitnesswert
1	$ 126 - 30 = 96$
2	$ 57 - 30 = 27$
3	$ 52 - 30 = 22$
4	$ 63 - 30 = 33$
5	$ 46 - 30 = 16$

Tabelle 7: Fitnessbewertung der zweiten Population

Literatur

- [1] Holland, J., (1995). *Adaption In Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press.
- [2] Whitley, D., (1993). *A Genetic Algorithm Tutorial*. Technical Report CS-93-103 (*Revised*) Colorado State University.
- [3] Hsiung, S., Matthews, J. (1999ff). *generation⁵ At the forefront of Artificial Intelligence*. <http://www.generation5.org>.
- [4] Campbell, N., (1997). *Biologie* Spektrum, Akadm. Verl. Heidelberg Berlin Oxford.
- [5] LaMothe, A., (1999). *Tricks of the Windows Game Programming Gurus*. Sams Indianapolis.

6. Agentenbasierte Modellierung

Ole Schroeder
26. Juni 2001

6.1 Einführung

Der folgende Beitrag befasst sich mit agentenbasierter Modellierung in den Sozialwissenschaften. Er ist angelehnt an entsprechende Kapitel aus dem Buch "Simulation for the Social Scientist" von Nigel Gilbert und Klaus G. Troitzsch.

Der Agentenansatz ist eine Form der individuenbasierten Modellierung und versucht, Individuen auf eigenständige Computerprogramme, sogenannte Agenten, abzubilden. Das Verhalten dieser Agenten ist regelgesteuert und somit - nicht mathematisch, aber programmiersprachlich - determiniert.

Das Forschungsinteresse richtet sich einerseits auf die verschiedenartige Implementation der künstlichen Intelligenz im Computerprogramm und dem daraus resultierenden verschiedenen Verhalten. Andererseits ist die Emergenz von Strukturen auf höheren Aggregationsebenen zu untersuchen. Für Sozialwissenschaftler stellt sich die Frage, wie und ob man durch Multi-Agenten-Simulation Gesellschaft und gesellschaftliche Phänomene modellieren kann. In den letzten Jahren ist der Agentenansatz zum beherrschenden Paradigma in der sozialwissenschaftlichen Simulation geworden, da er es ermöglicht, viele der bisherigen Simulationsansätze zu integrieren, und breite Möglichkeiten zur Anwendung und Weiterentwicklung bietet.

Dieser Beitrag ist folgendermaßen gegliedert: Unter Punkt zwei gebe ich zunächst einen kurzen Einblick in die Entwicklung sozialwissenschaftlicher Methoden der Computersimulation. In Punkt drei gehe ich dann auf Details der Modellierung mit Agenten ein und stelle zwei Beispiele vor. Schließlich folgt noch ein kurzes Fazit.

6.2 Simulationsmethoden in den Sozialwissenschaften

Die Anwendung von Computersimulation in den Sozialwissenschaften entwickelte sich synchron zur Ausbreitung von Computern im Bereich der universitären Forschung. Seit den Anfängen in den 1960er Jahren kam es zu einer stetigen Ausweitung, die ihre Explosion in den 1990er Jahren mit der massenweisen Verbreitung leistungsfähiger Personalcomputer erlebte.

Wurden Rechner zunächst vor allem zur numerischen Lösung mathematischer Modelle eingesetzt (hier sind unter anderem die Ansätze der System-Dynamics, der Warteschlangen- und der ereignisorientierten Modellierung zu nennen), so wurden mit der Zeit auch Ansätze entwickelt, die die besonderen Möglichkeiten des Computers ausnutzen, Modelle in Programmiersprachen zu formulieren, deren mathematische Formulierung in vielen Fällen sehr problematisch und umfangreich oder sinnlos wäre. Zu den letzteren Modellen zählen die Mikrosimulation, zelluläre Automaten und Mehrebenenmodelle.

Im *System-Dynamics* genannten Ansatz wird ein Objekt (zum Beispiel die Welt) als ein System vieler Zustandsgrößen mit festgelegter Wirkungsstruktur dargestellt. Die mathematische Formulierung geschieht anhand von Differenzen- oder Differentialgleichungssystemen. Das gesamte vorhandene Wissen über den Gegenstand soll idealerweise in die

Modellierung einfließen. Trotzdem sind zutreffende Prognosen nur schwer zu stellen, die in der Simulation auftretenden Entwicklungspfade sind eher als grobe Richtungen der möglichen Entwicklung des stark vereinfachten Systems zu verstehen. Dieser Ansatz zeigt kaum Parallelen zu agentenbasierter Modellierung, Individuen kommen hier nicht vor.

In der *Warteschlangen- oder ereignisorientierten Modellierung* wird ein Realitätsausschnitt wie zum Beispiel die Passagierabfertigung in einem Flughafen, die Antragsbearbeitung in einer Behörde oder auch der Produktionsprozess in einem Unternehmen simuliert. Ein Modell enthält dynamische Elemente (die Kunden), statische Elemente (die Bedienstationen und die Warteschlangen), Quellen und Senken für die dynamischen Elemente sowie die zentrale Ereignisliste. In dieser Ereignisliste wird die Reihenfolge der kommenden Ereignisse festgehalten, wobei ein Ereignis immer ein feste Folge nachfolgender Ereignisse hervorruft. So werden zum Beispiel bei dem Ereignis "Kunde tritt auf" immer bereits nachfolgende Ereignisse wie "Kunde stellt sich in Warteschlange" und "Kunde wird bedient" auf die Ereignisliste gesetzt. Die Zeitpunkte des Auftretens neuer Kunden und die Bearbeitungsdauer an den Bedienstationen erfolgen zufallsgesteuert. Diese Simulationstechnik ist nicht zu trennen von betriebswirtschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Modellen und wird vor allem zur Verbesserung des "workflow management" eingesetzt. Elemente wie zum Beispiel die Ereignislisten werden auch in der Mikrosimulation und der Modellierung mit Agenten angewandt.

Neben den bis hier erwähnten Simulationsmodellen die mathematisch formuliert sind als deterministische Gleichungssysteme und stochastische Prozesse wurden sozialwissenschaftliche Modelle entwickelt, deren mathematische Formulierung zum Teil nicht mehr zu bewältigen wäre und zum Zweck der Simulation auch völlig überflüssig wäre. Zu diesen Techniken gehören die folgenden.

In der klassischen *Mikrosimulation* wird ein Gesamtsystem über die beteiligten Individuen modelliert. Individuen im Sinne dieser Technik können Menschen, Haushalte oder Unternehmen sein, deren Zustand durch verschiedene Werte jeweiliger Attribute beschrieben wird. Der Zustand des Gesamtsystems kann jederzeit durch Aggregation der individuellen Zustände ermittelt werden. Die statische Mikrosimulation dient zur Ermittlung kurzzeitiger Effekte von Gesetzen zu Steueränderungen, Sozialabgaben oder -zuwendungen. Hier werden die Attributwerte den modellierten Individuen entsprechend den Daten einer Stichprobe aus der realen Welt zugeordnet und während der Simulation kurzer Zeiträume nicht verändert. Die dynamische Mikrosimulation läuft über längere simulierte Zeiträume und erfordert deshalb, daß die Biographien der Individuen fortgeschrieben werden. Dazu werden anhand von Daten aus der realen Welt Wahrscheinlichkeiten des Überganges zwischen verschiedenen Zuständen festgelegt. So werden beispielsweise der Zusammenschluß von Individuen zu Haushalten oder die Auflösung von Haushalten gemäß der Wahrscheinlichkeitsparameter vorgenommen. Die Güte der Prognosen solcher Simulationen (beispielsweise über das zu erwartende Rentenaufkommen) sind immer stark von der Wahl der Parameter und somit von den zur Verfügung stehenden Daten abhängig.

Möchte man Phänomene der Bildung gesellschaftlicher Strukturen auf überindividueller Ebene modellieren muß man den Ansatz der Mikrosimulation hinausgehen.

Ein Schritt in diese Richtung sind beispielsweise die *zellulären Automaten*, die ausgehend von Wechselwirkungen auf der Stufe der Individuen die Bildung von Strukturen auf höherer Ebene zeigen. Hier sind beispielsweise Simulationen zur Segregation in ethnisch

gemischten Wohngebieten oder zur Ausbreitung von Gerüchten vorgenommen worden.

In der *Mehrebenensimulation* werden darüber hinaus Wechselwirkungen nicht nur zwischen den Individuen sondern auch zwischen Individuen und Strukturen auf überindividueller Ebene modelliert. Hier zeigen sich Parallelen zu Gedanken der Synergetik, die Wechselwirkungen zwischen Teilen und Aggregat beschreibt. In sozialwissenschaftlichen Kontext heißt das, daß das Verhalten eines Individuums nicht nur vom beobachteten Verhalten anderer Individuen sondern auch von vorhandenen Gruppenstrukturen abhängen kann. In diesem Bereich wurden beispielsweise Simulationen zum Wanderungsverhalten von Wählern auf einer politischen Rechts-Links-Skala oder zur Bildung fester Interaktionsmuster in Kleingruppen (Cliquesbildung) durchgeführt.

Diese verschiedenen Simulationsansätze in den Sozialwissenschaften haben alle mehr oder minder starken Einfluß auf die Entwicklung von Multi-Agenten-Systemen. Sei es in der Abgrenzung von den bisherigen Ansätzen oder in der Übernahme von Teilkonzepten in die agentenbasierte Modellierung.

6.3 Agentenbasierte Modellierung und Simulation

6.4 Einflüsse

Von den bereits erwähnten Simulationstechniken in den Sozialwissenschaften gehen verschiedene Konzepte in die Agentensimulation ein. So kann von der ereignisgetriebenen oder Warteschlangenmodellierung die Idee der Ereignisliste und der festen Ereignisketten übernommen werden. Agenten haben ähnlich der modellierten Individuen in der Mikrosimulation gewisse Attribute die auch einer wahrheitswahrscheinlichkeitsgesteuerten Änderung unterliegen können. Zelluläre Automaten können als räumliche Umwelt einer Agentenpopulation dienen. Ähnlich wie bei zellulären Automaten können durch Interaktionen auf der Ebene der Individuen auf höherer Aggregationsebene Strukturen entstehen. Und ebenenübergreifende Wechselwirkungen kommen schon in der Mehrebenensimulation vor.

Andere wichtige Einflüsse und Voraussetzungen stammen aus dem Feld der *künstlichen Intelligenz (KI)*, die versucht menschliche Intelligenzleistungen und Kognition zu modellieren. Gebiete wie das "machine learning", das selbstentwickelnde Programme entwirft, wie künstliche neurale Netze und genetische Algorithmen können in der Agentensimulation Anwendung finden. Besonders zu erwähnen sind noch die Forschungen auf dem Gebiet der *verteilten künstlichen Intelligenz (VKI)*, die sich mit interagierenden KI-Programmen beschäftigen.

6.5 Design

6.5.1 Definition

Wie sieht nun ein Agent aus? Nach Wooldridge und Jennings soll ein Agent als Softwareabbild eines Individuums über folgende Grundeigenschaften verfügen:

- Autonomie
- Sozialfähigkeit
- Reaktivität

- Proaktivität

Unter Autonomie versteht man die Eigenständigkeit des Programms, das heißt niemand anders als der Agent selbst hat die direkte Kontrolle über ihn. Die Sozialfähigkeit beschreibt die Fähigkeit zur Interaktion mit anderen Agenten, zur Kommunikation in irgendeiner Form von Sprache. Ein Agent soll seine simulierte Umwelt wahrnehmen und auf Reize reagieren. Schließlich soll er zu zielgerichtetem Verhalten fähig sein, das bedeutet Proaktivität.

Solche eigenständigen Programme werden mit unterschiedlicher Ausprägung dieser Eigenschaften in vielen Situationen eingesetzt, zum Beispiel zur Verwaltung elektronischer Netzwerke, zur Steuerung automatisierter Produktionsprozesse, zum “workflow management“ bei komplexen Arbeitsabläufen, als interaktive Hilfen bei Anwendersoftware und natürlich zur Suche nach Informationsquellen im Internet.

6.5.2 Charakteristika

Die sozialwissenschaftliche Modellierung von Individuen als Agenten bringt viele Schwierigkeiten in der Umsetzung mit sich. Wie modelliert man zweckgerichtetes Handeln, Intention, freien Willen, das Streben nach Zielen? Viele Ansätze bieten die Entwicklungen des Forschungsgebietes der künstlichen Intelligenz, jedoch ist man auch hier von eindeutigen Antworten weit entfernt. Vor der Umsetzung muß man sich Gedanken darüber machen wie man dem Zweck des Modells bei der Implementation im Programm am besten gerecht wird.

Wie modelliert man das Wissen eines Agenten? Wissen ist die interne Repräsentation der Umwelt des Agenten und deutlich zu unterscheiden von der Lebenswelt, die der Simulator für seine Agenten erschafft. Das Wissen eines Agenten kann topographische Modelle seiner Umgebung wie auch soziale Modelle der Verhältnisse zwischen verschiedenen Agenten umfassen. Die Modelle sollten dynamisch sein und während des Simulationslaufes neue Informationen integrieren. Der Agent sollte in der Lage sein aus seinen Informationen logische Schlußfolgerungen zu ziehen und so ebenfalls neue Informationen zu erlangen. Außerdem kann die interne Repräsentation der Umwelt natürlich Fehler enthalten, also teilweise nicht den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen. Mögliche Formen der Umsetzung wären zum Beispiel in einer Aussagelogik, zusammengesetzt aus deklarierenden Statements und Formeln, oder aber in Form von semantischen Netzen, wo Informationen zum Beispiel in Baumstrukturen hierarchisch angeordnet werden können.

Ein Agent soll Ziele haben, an denen er seine Handlungen ausrichtet. Ein Ziel kann dabei in mehrere Unterziele aufgegliedert werden, zum Beispiel das Ziel zu überleben, in einerseits das Sammeln von Nahrung andererseits das Vermeiden von Gefahren. Zwischen verschiedenen Zielen können Widersprüche entstehen, die eine Planung nötig machen um Zielkonflikte zu vermeiden.

In der Planung werden Prioritäten zwischen verschiedenen Zielen berücksichtigt und der Agent untersucht welches Verhalten ihn welches Ziel erreichen läßt. Hier könnte man ausgefeilte Mechanismen verwenden, die von einem gewünschten Endzustand aus die nötigen Aktionen ermitteln, die zu diesem Zustand führen. Eine Alternative (die der menschlichen Intuition näherkommt) wäre ein Sammlung einfacher Regeln nach dem Muster “*wenn x erfüllt, dann tue y*“. Solche Regeln können in Kombination ein mächtiges Instrument zur Problemlösung darstellen.

Die Sprache der Agenten muß ihnen die Möglichkeit zur Interaktion geben, untereinander oder mit ihrer "Nicht-Agenten-Umwelt". Agenten könnten die Sprache nutzen um neutrale Informationen zu übermitteln, Verträge auszuhandeln oder anderen Agenten zu drohen. Kommunikation kann ohne Intention, zum Beispiel über Absonderung bestimmter Stimuli in die Umwelt stattfinden. Findet die Kommunikation jedoch mit der Intention der beteiligten Agenten zu kommunizieren statt, benötigen diese einen spezifizierten Code um sich zu verständigen. Starten nun alle Agenten mit einem gemeinsamen Sprachschatz in die Simulation, oder lernen sie im Laufe ihres "Lebens" dazu? Weicht man diesem Problem aus indem die Informationen nicht sprachlich kommuniziert sondern direkt von "Gehirn" zu "Gehirn" kopiert werden? Gibt es eine perfekte Entsprechung zwischen Sprachsymbolen und Erscheinungen in der Umwelt der Agenten, oder existiert ein gewisser Deutungsspielraum?

Wie modelliert man Emotionen? Entweder stellt man sie als eigenständige Entitäten dar, oder als emergente Eigenschaften von Kognitions- und unterbewussten Zuständen eines Agenten. Es stellt sich die Frage in welcher Beziehung die Emotionen zu den Zielen eines Agenten stehen. Erzeugen Ziele bei Erreichen oder Nichterreichen Emotionen, oder ist es Ziel des Agenten positive Emotionen zu erlangen? Fest steht, daß Emotionen, wenn man sie modelliert die Ziele und Pläne stark beeinflussen sollten.

All die genannten Charakteristika von Agenten sind unklar umrissen. Die Komplexität von realen Individuen führt zu breiten Möglichkeiten der Modellierung. Dabei wird ein unterschiedliches Problemverständnis der Einzelaspekte stets zu unterschiedlicher Umsetzung in Programme führen. Jeder Simulator wird abhängig vom Zweck seines Modells für ihn relevante Charakteristika programmieren und unwichtige weglassen.

6.5.3 Programmarchitektur

Wer die oben genannten Charakteristika in konkrete Programme umsetzen möchte, kann vielfach auf die Vorarbeit auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz zurückgreifen. Befaßt diese sich doch mit der Nachahmung menschlicher Kognition.

Einen zentralen Ansatz kognitive Fähigkeiten zu modellieren stellt das "symbolic paradigm" dar. Das Kognitionssystem operiert mit physisch faßbaren Symbolen und manipuliert sie anhand eines entsprechend symbolisch codierten Regelsatzes. Ergebnis dieser Prozesse ist dann intelligentes Handeln. Beispielsweise kann Kommunikation dann über einfaches "pattern matching" erfolgen: Auf ein empfangenes "Hallo!" wird als Antwort immer ein "Wie kann ich dir helfen?" gesendet. Fragen, die der Programmierer sich hierbei stellen muß, sind: Wie kann die Fehleranfälligkeit eines solchen Systems verringert werden? Jede geringe Abweichung von den gegebenen Symbolen führt zu Nichtverstehen. Wie modelliert man auf diese Weise komplexes Planen? Wie wird so etwas wie Allgemeinwissen aller Agenten dargestellt?

Ein System, das "symbolic paradigm" in Programmiersprache umzusetzen, bietet der Ansatz des "production system". Ein "production system" besteht aus drei verschiedenen Einheiten: Der Regelsatz ("set of rules") enthält einfache wenn-dann-Regeln, die die Reaktion des Agenten auf bestimmte Bedingungen codieren. Im Arbeitsspeicher ("working memory") ist das gesamte Wissen des Agenten über seinen eigenen Zustand und den seiner Umwelt inklusive anderer Agenten gespeichert. Der Regelinterpret ("rule interpreter") prüft nach jeder Änderung im Arbeitsspeicher des Agenten sämtliche Regeln des Regel-

satzes darauf, ob der jeweilige Bedingungsteil erfüllt ist. Dann legt eine Reihenfolge fest, in der die fälligen Aktionen ausgeführt werden, und veranlaßt die Ausführung.

Eine Möglichkeit Agentensimulationen effektiv zu programmieren bieten die *objektorientierten Programmiersprachen*.

Einzelne Agenten können auf einzelne Objekte abgebildet werden. Die Kapselung von Daten in Objekten, macht die Agenten in der Programmierumgebung leicht unterscheidbar. Jedes Objekt hat Speicherplatz für eigene Daten (zum Beispiel "working memory" und "set of rules") und Methoden, die auf diesen Daten operieren ("rule interpreter") und sie manipulieren (Informationsaufnahme).

Die Zusammenfassung gleichartiger Objekte in Klassen, ermöglicht es viele ähnliche Agenten zu erzeugen, die bei ihrer Instanziierung jeweils eine eigene Identität und Individualität erhalten. Das Konzept der Vererbung ermöglicht es, Agentenklassen zu erweitern und somit alte Klassen wiederzuverwenden und die Fähigkeiten der Agenten zu vervollständigen.

Möglichkeiten zur Modellierung der physischen Umgebung der Agenten bieten zum Beispiel zelluläre Automaten oder ähnliche Gittermuster, die Raumdimensionen darstellen sollen. Eine andere Möglichkeit wären Netzwerke von Knoten, in denen sich Agenten aufhalten können, und die über Kanten verbunden sind, entlang derer sich die Agenten bewegen oder Nachrichten verschicken können.

Die Agenten brauchen Sensoren, über die sie ihre Umwelt wahrnehmen können und Mittel, um auf ihre Umwelt einwirken zu können.

Die Kommunikation der Agenten kann über die Umwelt als Medium erfolgen, indem Agenten Nachrichten an andere Agenten in die Umwelt schicken, wo sie von anderen Agenten registriert und aufgenommen werden können.

Die Modellierung des zeitlichen Ablaufs spielt eine wichtige Rolle in der Agentensimulation. Welche Ereignisse und Aktionen in welcher Reihenfolge stattfinden, beeinflusst ganz wesentlich den Ausgang der Simulation. Hier stehen Konzepte der zufälligen, kontinuierlichen oder diskreten Ereignismodellierung gegeneinander.

6.6 Beispiele

6.6.1 Sugarscape

(Epstein und Axtell, 1996)

In der Agentensimulation "Sugarscape" existieren die Agenten in einer Umwelt, die als zweidimensionaler zellulärer Automat dargestellt ist. Es gibt keine besonderen Randbedingungen, daraus folgt eine Torusform der zugänglichen Oberfläche. Auf dieser Oberfläche ist kommt in ungleichmäßiger Verteilung der nachwachsende Rohstoff "sugar" vor, den die Agenten zu ihrer Ernährung ernten müssen. Die Agenten haben jeweils unterschiedliche Stoffwechselraten, sprich sie unterscheiden sich in ihrer Effektivität, die Nahrung zu lebensnotwendiger Energie umzusetzen. Sie haben die Möglichkeit Reichtum anzusammeln indem sie überzähligen "sugar", den sie nicht sofort verbrauchen können, speichern. Die Agenten können sich in vier Richtungen bewegen und sehen, wobei sie sich durch ihren individuellen Sichtradius unterscheiden. Die einfache Verhaltensregel für alle Agenten lautet: "Gehe zu der nächsten unbesetzten Zelle, die das höchste "sugar"-Vorkommen zeigt, und ernte es."

In diesem einfachen Basismodell ist das Verhalten der Agenten bereits regelgesteuert und zielorientiert (Überleben und Wohlstand). Bei Simulationsläufen zeigt sich, daß eine zu Beginn gleichmäßige Wohlstandsverteilung aufgrund der verschiedenen Voraussetzungen der Agenten, was Sichtweite und Stoffwechsel anbelangt, schnell zu starken Differenzen zwischen arm und

reich führt.

In einer Erweiterung des Modells wurde eine zweite Nahrungsart eingeführt, "spice", das wie "sugar" in der Umwelt wächst und den Agenten das Überleben ermöglicht. Die Agenten haben jeweils verschiedene Stoffwechselraten für "sugar" und "spice". Sie können ihre Bedürfnisse nach der einen oder der anderen Nahrung vergleichen ("welfare function") und ihre Aktionen dahingehend planen. Außerdem können sie, wenn sie sich treffen, paarweise Handel treiben und dazu Angebote anderer Agenten und ihre eigenen Vorräte bewerten ("value function").

Im Vergleich der Simulationsergebnisse mit ökonomischen Theorien über Preisbildung und Marktgleichgewichte zeigten sich sowohl Übereinstimmungen mit den Prognosen als auch Widersprüche. So konvergierten die Preise (Tauschverhältnisse) zwar gegen einen Gleichgewichtswert, wie von der neoklassischen Theorie vorausgesagt, jedoch war dieser nur ein statistischer, und es fand weiterhin auch Tausch zu stark abweichenden Preisen statt. Die getauschten Mengen waren mehrheitlich geringer als die von der Theorie vorausgesagten markträumenden Tauschmengen. Außerdem entwickelten sich noch stärkere Gegensätze im Wohlstand als in der Simulation ohne Handel.

6.6.2 EOS : The Evolution of Organized Society

(Doran u.a., 1994)

Der Modellgegenstand des EOS Projektes ist die Bildung menschlicher Gesellschaften in der späten Altsteinzeit (30.000-15.000 v.Chr.) in Südwestfrankreich.

Die Forschungen von Archäologen haben ergeben, daß sich zu dieser Zeit kleine Familienverbände von Jägern und Sammlern zu größeren Gruppen zusammengeschlossen haben. Aus dieser Zeit datieren Funde der ersten Höhlenmalereien, kunstvoller Artefakte, Schmuckstücke und Hinweise auf ersten überregionalen Handel. In den Augen der Forscher sind dies Indikatoren für die Entstehung sozialer Komplexität, speziell für die Emergenz von Status und Rollen und autoritärer Beziehungen. Die Hypothesen der Forscher gehen davon aus, daß ein verstärkter Druck der Umwelt, der darin bestand, daß sich die Nahrungsressourcen zu bestimmten Zeiten an bestimmten Orten konzentrierten, eine Ansammlung der Kleingruppen von Individuen an diesen Orten zur Folge hatte. Die Dichte der Individuen machte es nötig die Aktivitäten der einzelnen zu koordinieren, um die kognitive Überlastung der Individuen zu verhindern. Dies geschah in einer Stratifizierung der Gesellschaft und der Rollenzuweisung an bestimmte Individuen, die die Führerschaft über andere übernahmen.

Ziel der Simulation im EOS Projekt ist es herauszufinden, welche Wirkung die Variation der Umweltbedingungen auf die Interaktionen zwischen den Individuen haben, und unter welchen Bedingungen sich feste Hierarchien oder Allianzen gleichberechtigter herausbilden.

Im Modell ist die Umwelt der Agenten als Landschaft mit verschiedener Verteilung der Nahrungsressourcen modelliert. Die Agenten verfügen über die erwähnten "production systems", Modelle ihrer Umwelt und anderer Agenten, über rudimentäre Fähigkeiten zur Planung des gemeinschaftlichen Ausschöpfens der Ressourcen und über Regeln der Kommunikation dieser Pläne. Die Handlungsalternativen der Agenten sind, entweder allein die überlebensnotwendigen Ressourcen auszubeuten oder Pläne zu schmieden und zu kommunizieren. Erstere verspricht mehr Erfolg, wenn genügend oder aber viel zu wenig Ressourcen für die gesamte Population vorhanden sind, letztere besonders bei starker Konzentration der Ressourcen. Ein Ernteplan umfaßt bestimmte Ressourcen, bestimmte beteiligte Agenten und einen festgelegten Anteil der Ernte für jeden Beteiligten. Die einfache Verhaltensregel lautet: "Akzeptiere von den zur Wahl stehenden Plänen denjenigen mit der höchsten Auszahlung für dich." Akzeptiert ein Agent mehrmals nacheinander die Pläne eines anderen, so läßt er sich als Gefolgsmann eines Anführers definieren.

Die mehrfachen Simulationsläufe mit variierten Parametern lieferten folgende Ergebnisse:

Bei örtlicher Konzentration der Ressourcen, waren die Überlebenschancen der Agenten bei star-

ken sozialen Hierarchien am besten. Waren zuwenig Ressourcen vorhanden, um die Population dauerhaft zu ernähren, kam es durch Todesfälle unter den Agenten zur Zerstörung vorhandener Hierarchien. Mangelnde Fähigkeiten der Agenten, genaue soziale Modelle ihrer Umgebung anzufertigen, führten zu geringerer Ausbildung von Hierarchien. Allgemein ließ sich feststellen, daß höhere Überlebenschancen für die Population bestanden, wenn die Führungsrolle abwechselnd von verschiedenen Agenten eingenommen wurde.

6.7 Fazit

Die Agentenbasierte Modellierung ist zur Zeit das beherrschende Paradigma in der sozialwissenschaftlichen Simulation. Umso nötiger ist es, sie kritisch zu betrachten und anzuwenden. Fragen, die sich stellen sind:

- Kann sie effektiv die vorherigen Simulationsansätze integrieren und davon profitieren?
Die Aufnahme vieler Modellierungsansätze aus der künstlichen Intelligenz läßt sie, besonders was die Modellierung von Individualität angeht, weit über das hinausgehen, was sozialwissenschaftliche Modellierung vorher war.
- Ist agentenbasierte Modellierung geeignet, über dem Verhalten von Individuen emergente Erscheinungen in Gesellschaften zu simulieren?
“...Das Problem, welche Muster aus den Handlungen und Interaktionen individueller Agenten entstehen, die bei ihren Handlungen und Interaktionen gar keine Pläne im Hinblick auf irgendwelche Muster und Strukturen in den Gruppen, Organisationen oder Gesellschaften haben, zu denen sie gehören’(Troitzsch, 2000), ist ein zentrales Problem der theoretischen Sozialwissenschaft.
- Ist agentenbasierte Modellierung geeignet, um Prognosen über gesellschaftliche Entwicklungen zu treffen?
Prognosen sind immer ein fragwürdiges Unterfangen: Nach dem Prinzip der selbsterfüllenden Prophezeiung, treten vorhergesagte Entwicklung aufgrund der Vorhersage auch ein. Oder um I.S. Thomas zu zitieren: “Wenn Menschen Situationen für real halten, sind diese in ihren Folgen real.’ Es stellt sich also vorrangig die Frage:
- Ist agentenbasierte Simulation geeignet, das sozialwissenschaftliche Theorieverständnis zu vertiefen?
Simulation ist das einzige Mittel, das Sozialwissenschaftler haben, um beliebige Experimente mit Gesellschaften durchführen zu können. Vorteile bietet hier vor allem die Möglichkeit, bestimmte Grundlagen des Verhaltens von Individuen festzulegen, und die gesellschaftlichen Folgen zu beobachten. Zeigen sich dann Parallelen zu realen gesellschaftlichen Erscheinungen, läßt sich auf ähnliche zugrundeliegende Strategien schließen, die man in der realen Welt sonst vielleicht nie herausfinden würde. Gegen die Anwendung von Simulation, um die Formulierung von Theorien zu verfeinern oder um in der Lehre ein besseres Verständnis zu vermitteln, ist nichts einzuwenden. Jedoch sollte sie nicht überbewertet werden, denn ein rein mechanisches Verständnis gesellschaftlicher Zusammenhänge wird der Materie in meinen Augen nicht gerecht.

6.8 Literatur

- Troitzsch, Klaus G., Computersimulation in den Sozialwissenschaften; in: Herz, Dietmar und Blätte, Andreas, Simulation und Planspiel in den Sozialwissenschaften. Eine Bestandsaufnahme der internationalen Diskussion, Münster, Hamburg, London, 2000, Seiten 181-203;
als PDF-File: <http://www.uni-koblenz.de/~kgt/Publications.html>
- Troitzsch, Klaus G. und Gilbert, Nigel, Simulation for the Social Scientist, Open University Press, Buckingham, Philadelphia, 1999;
als PS-Files: <http://www.uni-koblenz.de/~kgt/SimForSocSci.html>

7. Räuber-Beute Modelle in der Wirtschaft

Irina Prinz
3. Juli 2001

7.1 Einleitung

In meinem Vortrag berichte ich über Räuber-Beute Systeme in der Wirtschaft. Dabei werde ich auf ein spezielles Räuber-Beute-Modell von Goodwin eingehen. Die Gliederung meines Vortrags sieht folgendermaßen aus: Zunächst werde ich kurz auf das uns schon bekannte Lotka/Volterra Modell eingehen. Dann stelle ich das eigentliche Modell von Goodwin vor, indem ich die Annahmen und Vereinfachungen zur Bildung des Modells und die Definitionen bzw. Abkürzungen der relevanten Größen erläutere. Im nächsten Schritt verdeutliche ich die Herleitung der Differentialgleichungen. Zum Schluss wird noch das Verhalten des Systems und eine Modifikation des Modells untersucht.

7.2 Lotka-Volterra Modell

In den Vorlesungen haben wir das Standard Lotka-Volterra Räuber-Beute-Modell kennen gelernt, das durch folgende Differentialgleichungen beschrieben wird:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= ax - byx \\ \dot{y} &= -cy + dxy \\ a, b, c, d &> 0\end{aligned}$$

In diesem System liegen zwei stationäre Punkte vor, nämlich der triviale und der nicht-triviale:

$$(x^s, y^s) = \left(\frac{c}{d}, \frac{a}{b}\right)$$

Die zugehörige Jacobi-Matrix, ausgewertet in diesem Punkt, sieht folgendermaßen aus:

$$\begin{pmatrix} 0 & -\frac{bc}{d} \\ \frac{da}{b} & 0 \end{pmatrix}$$

Das heißt, die Eigenwerte sind rein imaginär. Die Trajektorien im Phasenraum beschreiben also außerhalb des stationären Punktes und der Koordinatenachsen geschlossene Kurven, anders gesagt Zyklen (Abbildung 1). Es handelt sich aber dabei nicht um Grenzzyklen. Das dynamische Verhalten dieses Systems ist somit dadurch charakterisiert, dass jeder Anfangspunkt auf einer dieser geschlossenen Kurve lokalisiert ist. Wie wir schon wissen, beschreiben diese Zyklen beschränkte Oszillationen der Zustandsgrößen.

7.3 Goodwin Modell

Modelle mit diesem dynamischen Verhalten sind selten in der Ökonomie. Eine unter den Volkswirtschaftlern bekannte Ausnahme bildet ein Modell von Herrn Goodwin, einem Dozenten der Universität Cambridge. Es wurde 1965 von ihm auf dem Ersten Welt-Kongress der Ökonometrischen Gesellschaft in Rom veröffentlicht. Das Modell wird in dem Buch „Socialism, Capitalism and economic Growth“ von Herrn Feinstein als Growth Cycle beschrieben. Growth Cycle bedeutet soviel wie Wachstums-Periode oder Wachstums-Zyklus. Ebenfalls wird es von Hans-Walter Lorenz in dem Buch „Nonlinear Dynamical Economics and Chaotic Motion“ als Goodwin's Räuber-Beute Modell des Klassen-Kampfs präsentiert.

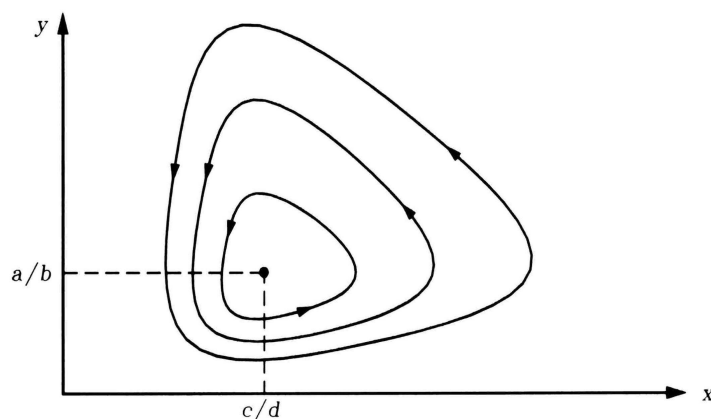


Abbildung 7.1: aus [2] Zyklen des Räuber-Beute Modells

7.4 Annahmen und Voraussetzungen

Goodwin geht grundsätzlich von einem Wirtschaftssystem bestehend aus einer Arbeitnehmer-Klasse und einer Kapitalisten/Unternehmer-Klasse. Zur Aufstellung der Struktur des Systems macht er folgende Annahmen:

1. Alle Größen werden netto betrachtet, das heißt die Einkommen der Arbeitnehmer und der Unternehmer, sowie Erträge werden netto betrachtet.
2. Der Warenpreis ist zu einer Einheit angesetzt.
3. Es werden nur vier Faktoren der Produktion betrachtet, nämlich der Output/Produktionsmenge, die Arbeiter/Arbeitnehmer, die Beschäftigungsnachfrager und der Kapital.
4. Dann geht Goodwin von ständigem Wachstum der Arbeitssuchenden, also der Beschäftigungsnachfrager.
5. Es wird ein konstantes Kapital-Output-Verhältnis, Kapital-Produktionsmengen -Verhältnis vorgegeben.
6. Die Arbeitnehmer erhalten eine einheitliche Lohnrate, darunter kann man entweder eine wirklich gleiche Lohnrate für jeden Arbeitnehmer oder eine durchschnittlich gebildete Lohnrate verstehen.
7. Die Lohnrate hängt von der Beschäftigungsrate ab und wächst in der Nähe der steigenden Beschäftigungsrate.
8. Die Arbeitnehmer geben ihr ganzes Einkommen für den Konsum aus.
9. Die Kapitalisten/die Unternehmer dagegen sparen und investieren wiederum ihr Einkommen, welches durch die Überschüsse, also Erträge der Produktion gebildet wird.

7.5 Abkürzungen und Definitionen der relevanten Größen

Kapital:

$$K$$

Output/Produktionsmenge:

$$Y$$

Arbeitnehmer:

$$L$$

Beschäftigungsnachfrager:

$$N = N_0 * \exp(nt)$$

$$n = \textit{konstant}$$

Warenpreis:

$$p = 1$$

Lohnrate der Arbeitnehmer:

$$w$$

Einkommen der Arbeitnehmer:

$$wL$$

Arbeitsproduktivität:

$$a := \frac{Y}{L} = a_0 * \exp(\phi)$$

$$\phi = \textit{konstant}$$

Arbeitnehmereinkommensanteil am Produktionsausstoß:

$$u := \frac{wL}{Y} = \frac{w}{a}$$

Ertragsanteil:

$$1 - \frac{w}{a} = 1 - u$$

Gesamteinkunft der Unternehmer:

$$\left(1 - \frac{w}{a}\right)Y$$

Kapital-Output Verhältnis:

$$\sigma := \frac{K}{Y}$$

$$\sigma = \textit{konstant}$$

Beschäftigungsrate:

$$v := \frac{L}{N}$$

Die wesentlichen Größen, die Goodwin in seinem Modell betrachtet, sind die Arbeitnehmereinkommensanteil am Produktionsausstoß und die Beschäftigungsrate. Er stellt Differentialgleichungen über diese Raten auf, die strukturell dem Räuber-Beute Modell entsprechen.

7.6 Herleitung der Differentialgleichungen

Ich werde auf die Herleitung der beiden Differentialgleichungen näher eingehen. Zuerst die Herleitung der Gleichung der Beschäftigungsrate, dann des Einkommensanteils der Arbeitnehmer. Etwas ungewöhnlich ist es, dass es immer die Änderungsrate, die durch den Quotienten der Änderung der Zustandsgröße durch die Zustandsgröße selbst gegeben ist, betrachtet wird. Wie schon in der Annahme erwähnt, entspricht das Unternehmereinkommen den Ersparnissen und wiederum den Investitionen. Dabei stellt es die Kapitalveränderung dar. Damit ergibt sich für die Änderungsrate des Kapitalstocks, also die Kapitaländerung durch das Kapital, sie ist gleich dem Profitanteil geteilt durch das Kapital-Output Verhältnis.

$$\frac{\dot{K}}{K} = \frac{(1 - \frac{w}{a})Y}{K} = \frac{(1 - u)}{\sigma}$$

Da das Kapital-Output Verhältnis als konstant vorausgesetzt wird, ist die Wachstumsrate des Kapitalstocks gleich der Wachstumsrate des Produktionsstocks.

$$\frac{K}{Y} = \sigma \implies \dot{K} = \sigma \dot{Y} \implies \frac{\dot{K}}{K} = \frac{\dot{Y}}{Y}$$

Die Arbeitnehmerschaft kann aus der Gleichung der Arbeitsproduktivität ermittelt werden, dabei muss aber die Arbeitsproduktivität exogen, das heißt von außen, vorgegeben werden. Durch die logarithmische Differentiation erhält man die Änderungsrate der Arbeitskraft.

$$a = \frac{Y}{L} \implies L = \frac{Y}{a} \implies \frac{\dot{L}}{L} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{a}}{a} = \frac{(1 - u)}{\sigma} - \phi$$

Die Änderungsrate der Beschäftigungsnachfrager und der Arbeitsproduktivität ist durch eine Konstante gegeben.

$$\frac{\dot{a}}{a} = \frac{\phi a_0 \exp(\phi t)}{a_0 \exp(\phi t)} = \phi$$

$$\frac{\dot{N}}{N} = \frac{n N_0 \exp(nt)}{N_0 \exp(nt)} = n$$

Nun kann man die Differentialgleichung der Beschäftigungsrate bestimmen. Aus der Definition folgt durch logarithmische Differentiation folgende Gleichung. Die Änderungsrate von v ist gleich der Differenz der Änderungsraten von Arbeitnehmerschaft und Beschäftigungsnachfrager.

$$v = \frac{L}{N} \implies \frac{\dot{v}}{v} = \frac{\dot{L}}{L} - \frac{\dot{N}}{N} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{a}}{a} - \frac{\dot{N}}{N} = \frac{(1 - u)}{\sigma} - \phi - n$$

Jetzt können die ermittelten Darstellungen der Änderungsraten in die Gleichung miteinbezogen werden. Mit v multipliziert, erhält man nun die Differentialgleichung:

$$\dot{v} = \left(\frac{1}{\phi} - (\sigma + n) - \frac{u}{\phi} \right) v$$

Während die Herleitung dieser Gleichung sehr plausibel erscheint, ist die Herleitung der Differentialgleichung für Arbeitnehmerschaftseinkommensanteils u eher abstrakt. Der Arbeitnehmeranteil ist definiert als Quotient der Lohnrate und der Arbeitsproduktivität.

$$u = \frac{w}{a}$$

Mittels der logarithmischen Differentiation ergibt sich, daß die Änderungsrate \dot{u} durch u gleich der Änderungsrate der Lohnrate subtrahiert die der Produktivität, also ϕ , ist.

$$\implies \frac{\dot{u}}{u} = \frac{\dot{w}}{w} - \frac{\dot{a}}{a} = \frac{\dot{w}}{w} - \sigma$$

Bei den Annahmen geht Goodwin davon aus, dass die Lohnrate von der Beschäftigungsrate abhängt.

$$\frac{\dot{w}}{w} = f(v)$$

Die Änderungsrate der Lohnrate stellt er in dieser Abbildung (2) dar. Die Änderungsrate steigt in der Nähe der Vollbeschäftigung, also bei $v=1$, hier in der Zeichnung ins Unendliche.

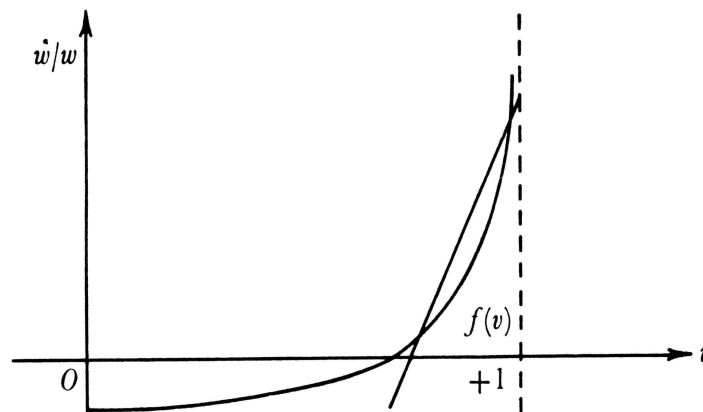


Abbildung 7.2: aus [1] Graphik zur Entwicklung der Änderungsrate $f(v)$ der Lohnrate und der Approximationsgraph

Goodwin nimmt eine Vereinfachung der Darstellung der Änderungsrate vor, welche zwar den Steigungsgrad aber im wesentlichen nicht die Ergebnisse ändert. Bei der Vereinfachung handelt es sich um eine lineare Approximation der Änderungsrate durch die Gleichung:

$$\frac{\dot{w}}{w} = -\gamma + \rho v$$

Die Parameter γ und ρ werden leider nicht weiter erläutert, es wird nur erwähnt, daß sie genügend groß gewählt sein müssen. Nun ergibt sich für die Änderungsrate des Arbeiterschaftseinkommensanteils die Differentialgleichung:

$$\frac{\dot{u}}{u} = -\gamma + \rho v - \sigma$$

7.7 Verhalten des Goodwin Modells

Die hergeleiteten Differentialgleichungen entsprechen der gleichen formalen Struktur des Lotka/Volterra Modells. Dabei dient die Beschäftigungsrate v als Beute und der Arbeiterschaftseinkommensanteil u als Räuber.

$$\dot{v} = \left(\frac{1}{\sigma} - (\phi + n) - \frac{u}{\sigma} \right) v$$

$$\dot{u} = -(\phi + \gamma) + \rho v)u$$

Es liegen wiederum zwei stationäre Lösungen vor, nämlich die triviale und die nicht-triviale:

$$v^* = \frac{\phi + \gamma}{\rho}$$

$$u^* = 1 - \sigma(\phi + n)$$

Die Jacobi-Matrix ausgewertet in diesem Fixpunkt hat ebenfalls ähnliche Form zu der Jacobi-Matrix des Original Räuber-Beute Modells.

$$\begin{pmatrix} 0 & -\frac{(\phi+\gamma)}{\sigma\rho} \\ \rho(1 - \sigma(\phi + n)) & 0 \end{pmatrix}$$

Die Eigenwerte in diesem Fall sind ebenfalls rein imaginär. Die Trajektorien des Phasenraums beschreiben wiederum geschlossene Zyklen um den stationären Punkt (Abbildung 3). Die Größen liegen dabei zwischen den Werten 0 und 1, denn eine Beschäftigungsrate, so wie ein Einkommensanteil über 1 sind unrealistisch. Die Zyklen stellen zeitlich verschobene peiodische Schwingungen der Größen dar.

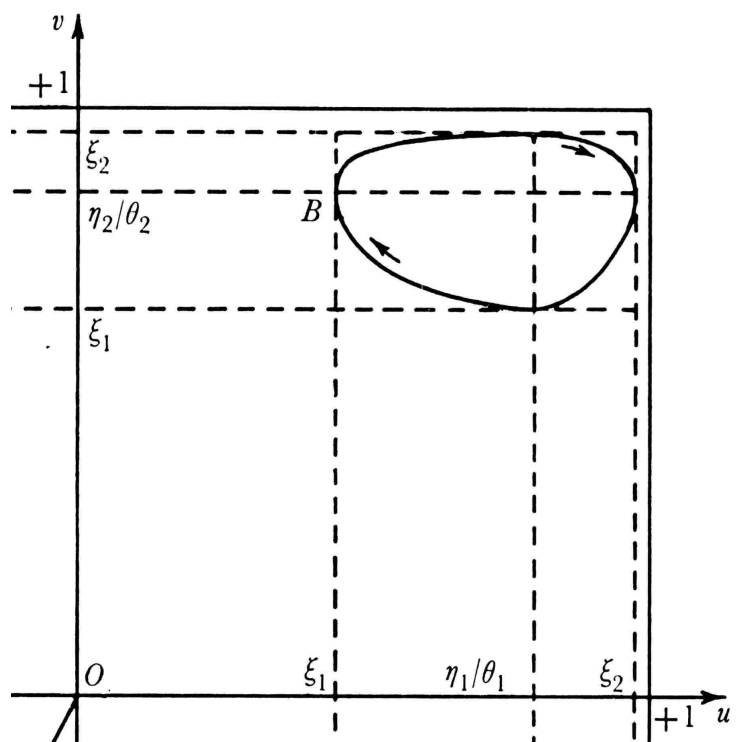


Abbildung 7.3: aus [1] Zyklus des Goodwin's Modells

Es handelt sich um ein ziemlich schematisiertes Model, wobei einige Annahmen auch gravierende Vereinfachungen darstellen, zum Beispiel die Ansetzung des Warenpreises zu einer Einheit. Es kann entlang dieser Annahmen, welche relevante Einflüsse nicht widerspiegeln, kritisiert werden. Zum Beispiel bezieht sich das System nicht auf die zweckmäßigen Einkommensraten der Kapitalisten und der Arbeiter, es wird aber auch kein Bezug auf die Populationsgröße dieser Klassen genommen. Deshalb kann man im allgemeinen sagen, dass es ein völlig unrealistisches

Model ist. Jedoch nach Hans-Walter Lorenz untermauert das Ergebnis des betrachteten Systems die Idee, dass die Kapitalisten-Wirtschaft permanent oszilliert. Die Oszillationseigenschaft, zusammen mit der nahegelegten Ähnlichkeit zwischen Räuber-Beute Wechselwirkungen und dem Klassenkampf, begründet den Hauptgrund, weshalb das Goodwin Model Beachtung unter den Volkswirtschaftlern fand.

7.8 Modifikation des Goodwin Modells

Das Lotka/Volterra Model und sein ökonomisches Gegenstück, das Goodwin Model, sind dynamische Systeme, deren Verhalten sehr sensitiv bezüglich Veränderungen in ihrer funktionalen Struktur sind. Dynamische Systeme, welche das Charakter ihres Verhaltens unter Störungen (Perturbation) ändern, nennt man strukturell instabil. Um den Effekt einer schwachen Störung zu demonstrieren, nimmt Hans-Walter Lorenz eine Modifikation des Original Modells vor. Anstatt der Annahme, dass die Änderungsrate der Lohnrate w nur von der Beschäftigungsrate v abhängt, wird zusätzlich vorausgesetzt, dass sie von der Arbeiterschafts-Einkommensrate u beeinflusst wird.

$$\frac{\dot{w}}{w} = -\gamma + \rho v + g(u)$$

Dabei wird davon ausgegangen, daß $g(u) > 0$ und $g'(u) < 0$ für alle u ist, d.h. $g(u)$ ist monoton fallend. Zum Beispiel verringert sich der Lohnanspruch mit der sinkenden Verteilung des Einkommenanteils.

Die Betrachtung dieser Modifikation führt zur Änderung der Differentialgleichung des Arbeitnehmerinkommensanteils, die der Beschäftigungsrate bleibt in ihrer Form bestehen.

$$\dot{v} = \left(\frac{1}{\sigma} - (\phi + n) - \frac{u}{\sigma} \right) v$$

$$\dot{u} = (-(\phi + \gamma) + \rho v + g(u)) u$$

Daraus ergibt sich ein neuer nicht-trivialer Fixpunkt.

$$v^* = \frac{\phi + \gamma - g(u)}{\rho} = \frac{\phi + \gamma - g(1 - \sigma(\phi + n))}{\rho}$$

$$u^* = 1 - \sigma(\phi + n)$$

Die Jakobi-Matrix ausgewertet in diesem Fixpunkt:

$$\begin{pmatrix} 0 & -\frac{g(u^*) - (\phi + \gamma)}{\sigma \rho} \\ \rho(1 - \sigma(\phi + n)) & \dot{g}(u^*)(1 - \sigma(\phi + n)) \end{pmatrix}$$

Die Determinante der Matrix ist nicht mehr eindeutig positiv. Angenommen, daß $g(u^*) > 0$ genügend klein ist, so daß die Determinante tatsächlich positiv ist. So ist die Spur, da man von $g'(u^*) < 0$ ausgeht, negativ. Für die nun konjugiert komplexen Eigenwerte heißt es, daß die Realteile negativ sind. Das bedeutet, es liegt ein stabiler Strudel vor und das System nähert sich der stationären Lösung mit periodischen gedämpfter Bewegung. Der Arbeitnehmeranteil und die Beschäftigungsrate pendeln sich also auf diese bestimmte Größe ein. In der freien Wirtschaft ist es aber nicht der gängige Fall, eher entspricht das Verhalten dieser Größen dem Original Goodwin Modell.

Literatur

- [1] FEINSTEIN, (1967). Socialism, Capitalism and economic Growth. Cambridge University Press
- [2] LORENZ, H.W., (1998). Nonlinear Dynamical Economics and Chaotic Motion.

Beiträge des Instituts für Umweltsystemforschung der Universität Osnabrück

- Nr. 1: Eberhard Umbach: Umweltverträgliches Wirtschaftssystem in den Bereichen Abfall und Emissionen. März 1997.
- Nr. 2: Stefan Trapp, Bernhard Reiter, Michael Matthies: Überprüfung und Fortentwicklung der Bodenwerte für den Boden-Pflanze-Pfad - Teilprojekt Transferfaktoren Boden-Pflanze. August 1997.
- Nr. 3: Michael Matthies (Hrsg.): Stoffstromanalyse und Bewertung. September 1997.
- Nr. 4: Dirk Melcher: Quantifizierung, Klassifizierung und Modellierung der Phytotoxizität organischer Chemikalien. Oktober 1997.
- Nr. 5: Stefan Schwartz: Organische Schadstoffe in der Nahrungskette - Vorstudie zur Validierung von Expositionsmodellen. November 1997.
- Nr. 6: Volker Berding: Private Hausbrunnen - Vergleichende Bewertung von Maßnahmen zur Verbesserung der Trinkwasserqualität. Oktober 1997.
- Nr. 7: Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften I. Januar 1998.
- Nr. 8: Birgit Radtke: Bifurkationen in einem Modell mariner Planktodynamik. Januar 1998.
- Nr. 9: Werner Berens: Konzeption eines Umweltinformationssystems für die Universität Osnabrück. Juni 1998.
- Nr. 10: Michael Matthies (Hrsg.): Studienprojekte 1998. September 1998.
- Nr. 11: Michael Matthies (Hrsg.): Globaler Wandel. September 1998.
- Nr. 12: Klaus Brauer (Hrsg.): Institutsbericht. September 1998.
- Nr. 13: Klaus Brauer, Horst Malchow, Michael Matthies, Eberhard Umbach (Hrsg.): Materialien des Arbeitstreffens Systemwissenschaft in der Lehre, Universität Osnabrück, 29./30.9.1998. Dezember 1998.
- Nr. 14: Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften II. Dezember 1998.
- Nr. 15: Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften III. August 1999.
- Nr. 16: Michael Matthies (Hrsg.): Regionale Nachhaltigkeit. September 2000.
- Nr. 17: Markus Klein: Langjähriger Wasserhaushalt von Gras- und Waldbeständen. Entwicklung, Kalibrierung und Anwendung des Modells LYFE am Groß-Lysimeter St. Arnold. Juni 2000.
- Nr. 18: Markus Brune: Multimediale Umweltmodellierung mit Fuzzy-Mengen. Juli 2000.
- Nr. 19: Michael Matthies (Hrsg.): Fraktale in Hydrologie und Biologie. Oktober 2000.
-

-
- Nr. 20: Stefan Fuest (Dissertation): Regionale Grundwassergefährdung durch Nitrat.
Dezember 2000.
- Nr. 21: Carsten Schulze (Dissertation): Modelling and evaluating the aquatic fate of detergents.
Januar 2001.
- Nr. 22: Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften IV.
Januar 2001 (download at <http://www.usf.uos.de/usf/beitraege/>).
- Nr. 23: Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften V.
August 2001 (download at <http://www.usf.uos.de/usf/beitraege/>).

ISSN 1433-3805

Die Beiträge können gegen einen Selbstkostenpreis (ca. 10 – 20 DM pro Exemplar) beim Institut für Umweltsystemforschung, Universität Osnabrück, 49069 Osnabrück bestellt werden.
