

Exakte Geheimnisse:

Walter R. Fuchs

# **Knaurs Buch der Denkmaschinen**

**Informationstheorie und Kybernetik**

Mit einem Geleitwort  
von Professor Dr. Yehoshua Bar-Hillel

Mit 200 Abbildungen,  
davon 128 meist farbige Zeichnungen  
von Klaus Bürgle

Droemer Knaur

Wir waren kompliziert genug, die Maschine zu bauen, und wir sind zu primitiv, uns von ihr bedienen zu lassen. Wir treiben Weltverkehr auf schmalspurigen Gehirnbahnen.

Karl Kraus

## Inhaltsverzeichnis

<b>Geleitwort</b> Von Professor Dr. Yehoshua Bar-Hillel	7
<b>»Das einzige Wort, das mir einfiel ...«</b> Einleitende Betrachtungen zum modernen Zauberwort »Kybernetik«	13
<b>1. Das »Vehikel« des Denkens</b>	
1.1 Manchmal ans Denken denken ... <i>Überlegungen zu einer bedeutsamen Tätigkeit des Menschen</i>	21
1.2 Wörter aus dem Werkzeugkasten <i>Zum Funktionieren der Sprache</i>	27
1.3 Sprache als »Denkfahrzeug« <i>Beziehungen zwischen Denken und Sprechen</i>	34
<b>2. Über Sprachen sprechen</b>	
2.1 Von »Sprachingenieuren« und »Eierköpfen« <i>Präzises Denken und Sprechen</i>	41
2.2 Der »Dialekt« der Physiker <i>Sprachliche Bezüge der exakten Naturwissenschaft</i>	48
<b>3. »Überflüssiger« Überfluß der Sprache?</b>	
3.1 Soll man Wörter zählen? <i>Erste Gedanken zu einer »Informationstheorie«</i>	57
3.2 »... in drei Worten sagen« <i>Redundanz-Ausschaltung in vorwissenschaftlicher Betrachtung</i>	75
<b>4. »Informationsatom« bit</b>	
4.1 Transportmittel für Informationen <i>Zum Morse-Telegrafen</i>	87
4.2 Informationshäppchen – bittenweise <i>»Binary digit«</i>	106
<b>5. »Informationsreise« mit Formeln</b>	
5.1 »Spielende« Mathematisierungen <i>Eine präzisere Gestalt der Information</i>	117
5.2 »Zwing »Logarithmus« rein!« <i>Allgemeinere Formel für Informationsmengen</i>	131
<b>6. Unwahrscheinlichkeiten</b>	
6.1 »Vom schweigsamen König, der gerne Schweinebraten aß« <i>Grundgedanken für Codierungen</i>	141
6.2 Zeichen mit »Seltenheitswert« <i>Wahrscheinlichkeit und Information</i>	157

1.–20. Tausend

© Droemersch Verlagsanstalt Th. Knaur Nachf. München/Zürich 1968  
 Umschlagfoto: IBM  
 Lithographie und Druck: Druck- und Verlags-Gesellschaft mbH Darmstadt  
 Aufbindung: Großbuchbinderei Sigloch, Stuttgart/Künzelsau · Printed in Germany

<b>7. »Baustellen« der Sprache und des Denkens</b>	
7.1 Gute, alte Redundanz . . .	169
<i>Bilanz zur Thematik »Sprache und Information«</i>	
7.2 Denken mit dem Wasserhahn?	182
<i>Erste Überlegungen für Informationsverarbeitungsanlagen</i>	
<b>8. Bausteine eines »Denkzeugkastens«</b>	
8.1 Wenn Wasser fließt oder nicht fließt . . .	197
<i>Einfache maschinelle Informationsverarbeitung</i>	
8.2 Kleine »Logelei« an der »Denkmaschine«	213
<i>Mechanisches Lösen einer Denksportaufgabe</i>	
<b>9. »Entscheidungsfreudige« Maschinen?</b>	
9.1 Von der Und-Schaltung zum »schwarzen Kasten«	223
<i>Bistabile Schaltelemente, Schaltungskasten, »black-box-Theorie«</i>	
9.2 Schaltungen, die stets »wahr« sagen . . .	239
<i>Ein maschinelles Entscheidungsverfahren für Aussagenverknüpfungen</i>	
<b>10. Vom »Denkzeug« zum »Computer«</b>	
10.1 Schneller als »blitzschnell« geschaltet . . .	249
<i>Bauelement Transistor</i>	
10.2 »Flip-Flop«-Spiel mit Null und Eins	263
<i>Rechenschaltungen</i>	
<b>11. Abc der Computertechnik</b>	
11.1 »Modellierende« Spezialisten	281
<i>Analogrechner</i>	
11.2 »Eingelagerte« Maschinenbefehle	287
<i>Programmgesteuerte Digitalrechner</i>	
<b>12. Information auf »Kreisverkehr«</b>	
12.1 Ein maschineller »Nim-Spiel-Partner«	305
<i>Computer »Nimitron«</i>	
12.2 Wo man »in Fachkreisen« von »Regelkreisen« spricht . . .	314
<i>Kybernetik als Wissenschaft von der Regelung</i>	
<b>13. Zukunftsmusik aus Automaten . . .</b>	
13.1 Leben als »harte Ware« der Techniker?	321
<i>Homöostat und selbstreproduzierende Maschine</i>	
13.2 ELSIE aus dem Kybernetik-Zoo	332
<i>Spekulationen und Machina speculatrix</i>	
Register	347
Bildquellen	358

## Geleitwort

Von Professor Dr. Yehoshua Bar-Hillel

Schon seit Jahren beschäftigt mich das Problem der Popularisierung der Wissenschaft. Eine vernunftgemäße Politik ist ja kaum möglich, wenn z. B. die wissenschaftlichen Grundlagen der modernen Technik, die unser tägliches Leben so restlos durchdringt, von der Exekutive nicht in genügendem Maße verstanden werden. Unter diesen Umständen ist jedoch eine Demokratie kaum sinnvoll. Andererseits ist aber ein volles Verständnis dieser Grundlagen ohne vieljähriges spezialisiertes Universitätsstudium einfach unmöglich und selbst nach einem solchen Studium nur in beschränktem Umfang.

Eine vollauf befriedigende Lösung dieses Dilemmas gibt es natürlich nicht, und es ist von höchster Bedeutung, daß diese Tatsache voll anerkannt wird und man sich in dieser Hinsicht keine Illusionen macht. Das besagt aber keinesfalls, daß es nicht unsere Pflicht ist, unser möglichstes wenigstens zu einer Teillösung des Problems beizutragen.

Die Situation wird nicht dadurch erleichtert, daß viele Leute, darunter auch Publizisten und Journalisten, es als ihren Beruf, wenn nicht gar als ihre Berufung ansehen, den Wunsch weiter Kreise nach Wissen und Verständnis auf falsche Bahnen zu lenken, interessanterweise sogar auf entgegengesetzte. So wird man in populärwissenschaftlichen Büchern und Aufsätzen häufig von »Geheimnissen« lesen, deren Lösung uns »die Natur« mit allen Kräften vorenthalten will, so daß die Entzifferung der Geheimschrift der Natur, wenn überhaupt, dann nur durch übermenschliche Anstrengungen möglich sei. Gleichzeitig aber läßt man den Eindruck entstehen, als könne alles, was der Wissenschaftler in seinen Theorien mit Fachausdrücken und komplizierten mathematischen Formeln behandelt, auch in der Umgangssprache restlos dargestellt werden, als ob also die wissenschaftssprachlichen Formulierungen nur eine Erfindung von Geheimnistuern seien, eigens zu diesem Zweck erdacht.

Dem Verfasser des vorliegenden Buches ist es vollauf gelungen, sich gegen diese »Berufskrankheit« der Wissenschaftspopularisatoren zu wehren, und zwar in einer Weise, die mir nahezu beispiellos erscheint. Ich habe im ganzen Buch praktisch keine Formulierung gefunden, die falsch oder auch nur unnötigerweise irreführend ist. (Daß es Leser gibt, die auch von den besten Darstellungen irreführt werden, weil sie eben alles durch ihre von Vor-

urteilen getrübe Brille lesen oder aber einfach nicht über das mindeste Grundwissen verfügen oder aus welch anderen Gründen auch immer, läßt sich nun einmal nicht vermeiden – selbst durch Schweigen nicht, da auch dieses mißverstanden werden kann.) Ohne jede Hast, mit viel Humor und mit Hilfe einfallreicher Illustrationen, die die Sache niemals zu sehr vereinfachen, werden dem Leser einige Errungenschaften der modernen Sprachphilosophie und der theoretischen Sprachwissenschaft vorgeführt. So ist eine glänzende, manchmal sogar originelle Einführung in die Theorie der informationsverarbeitenden Maschinen entstanden. Dabei kommt dem Verfasser seine philosophische Schulung in den Lehren Ludwig Wittgensteins und Rudolf Carnaps aufs beste zustatten. Seine Kunst, geeignete Zitate am rechten Ort anzubringen, ist kaum zu übertreffen. Ich bin zwar nicht ganz bereit, seinen Enthusiasmus hinsichtlich der Bedeutung Wittgensteinscher Einsichten für das Verständnis von Sprache, Sprechen und Denken so voll auf zu teilen, doch wäre ich beinahe selber dem Zauber dieser Zitate verfallen.

Vielen »tiefen« und doch so oberflächlichen Scheinproblemen, mit denen man das Gespräch über Denkmaschinen zu einem ebenso interessanten wie absolut nutzlosen Gesellschaftsspiel werden lassen kann, wird auf überaus elegante Weise der Garau gemacht. Ich hoffe, daß nach der Lektüre dieses Buches keiner mehr an Diskussionen über »Können Computer denken?« wird mitmachen wollen, zumal er jetzt so viel mehr über die zwar weniger sensationellen, dafür aber doch ernsteren Fragen der Art »Wie denkt man mit Computern?« oder »Wie löst man Probleme mit Hilfe von Computern?« wissen wird.

Eine gewisse Schuld an der Geheimniskrämerei, die mit dem Begriff der Information und den Theorien über diesen Begriff getrieben wird, hat eigentlich schon Norbert Wiener selbst, einer der Mitschöpfer dieser Theorien. Zum Teil dürfte der Nimbus, mit dem Wiener diesen Begriff umgab, um ihn den Begriffen Masse und Energie als gleich bedeutend und gleich fundamental an die Seite zu stellen, auf eine Verwechslung von statistischer, kommunikationstheoretischer Information mit semantischer Information zurückzuführen sein. Das wurde zwar etwas verspätet berücksichtigt, doch ist eine Verwirrung entstanden, der auch heute noch, zwanzig Jahre danach, viele anheimfallen. Gerade hier sind die Ausführungen des Verfassers von vorbildlicher Klarheit. Einer jener kleinen Unglücksfälle, wie sie manchmal passieren, wenn neue Pfade gebahnt werden, war ja der, daß die aus dem Jahre 1928 stammende Bezeichnung »Theorie der Informationsübertragung« – es wäre besser gewesen, wie wir jetzt wissen, wenn man von Anfang an dafür »Theorie der Signalübertragung« gesagt hätte – zwanzig Jahre später zu »Informationstheorie« verkürzt wurde und so bei vielen, darunter auch, wie erwähnt, bei Norbert Wiener selbst, der Eindruck entstand, es könnten von der statistischen

Theorie der Informationsübertragung her bedeutungsvolle Einsichten in die semantische Theorie des Informationsgehaltes von Aussagen gewonnen werden.

Zwei Kapitel habe ich besonders lehrreich gefunden: Viele werden schon davon gehört haben, daß unsere natürlichen Sprachen außer ihren zahlreichen anderen Mängeln, über die man sich so gern auf Cocktailparties beschwert, »redundante« Ausdrucksweisen ermöglichen, ja sogar erzwingen und deshalb nicht als Mittel wirksamer Kommunikation in Frage kommen – besonders nicht mit Computern. Daß dies in solcher Allgemeinheit einfach falsch ist, kann nicht nachdrücklich genug betont werden. Die natürlichen Sprachen sind, von gelegentlichen Gleichgewichtsstörungen abgesehen, ihren diversen Anwendungsweisen beinahe ideal angepaßt. Man schreibt ja nicht nur Wissenschaft in diesen Sprachen, sondern auch Briefe, Romane und Gedichte, man beschreibt nicht nur Tatsachen in ihnen, sondern man fragt, befiehlt, bittet, flucht, lügt und täuscht in ihnen, und man führt in ihnen unendlich viele andere Sprechhandlungen aus. Gerade weil die natürlichen Sprachen so optimal als Mittel für all diese Handlungen insgesamt dienen, ist es klar, daß sie nicht optimal für jede einzelne dieser Handlungen funktionieren können. Wenn es darauf ankommt, eine ganz bestimmte Handlung optimal auszuführen, also z. B. einem Computer Befehle zu geben, dann ist zu erwarten, daß eine natürliche Sprache nicht mehr das ideale Kommunikationsmittel sein wird und daß zu diesem Zweck ein Kommunizieren in einer Kunstsprache, die eine geringere Redundanz ermöglicht (z. B. in einer sogenannten Programmierungssprache), dem Zweck mehr entsprechen wird. Selbstverständlich ist die Redundanz nicht die einzige Dimension, in der sich Programmierungssprachen von natürlichen Sprachen unterscheiden. Wichtiger ist, daß viele, ja fast alle Sätze der natürlichen Sprachen häufig nur von Menschen mit »natürlicher Intelligenz« eindeutig verstanden werden, wobei man zum Erreichen der Eindeutigkeit alle möglichen Schlüssel benutzt, die aus bereitliegendem Wissen und aus den speziellen Umständen beim Äußern dieser Sätze gewonnen werden. Solche Fähigkeit ist von »künstlichen Intelligenzen« in der nächsten Zukunft nicht zu erwarten. Übrigens ist – und niemand sollte da überrascht sein – die Eindeutigkeit der Sätze der Kunstsprachen nur um einen beträchtlichen Preis zu erzwingen, einen Preis, der für eine natürliche Sprache mit ihren vielfältigen Benutzungsweisen zu hoch wäre. Das Kapitel stellt die Bedeutung der Redundanz unter normalen Kommunikationsbedingungen und die Möglichkeit ihrer Reduktion unter besonderen Umständen, eine der wichtigsten Aufgaben der »Sprachingenieure«, in besonders eindrucksvoller Weise dar und ist zu diesem pädagogischen Zweck in besonders redundantem Stil geschrieben. Im letzten Kapitel befaßt sich der Verfasser mit der »Zukunftsmusik aus Automaten«. Nur um dieses Kapitel verständnisvoll lesen zu können, sollte es die

Mühe lohnen, sich durch die 320 vorangehenden Seiten durchzuarbeiten. Jeder Laie, der sich je darüber Gedanken gemacht hat, welche Rolle die Computer in der Zukunft der Menschheit spielen werden, wird mit wohlausgewogenen Gedankengängen vertraut gemacht, die es ihm ermöglichen sollten, sowohl den unverantwortlichen Wachträumen als auch den apokalyptischen Prognosen, denen man so häufig auf diesem Gebiet begegnet, kritisch gegenüberstehen zu können.

Fachkenntnis, gesunder Menschenverstand, pädagogisches Geschick und Humor sind vier notwendige Bedingungen für das Gelingen eines populärwissenschaftlichen Unternehmens in dem Grad, in dem ein solches Unterfangen überhaupt gelingen kann. Der Verfasser zeigt allenthalben, daß er über diese Vorbedingungen verfügt. Ich habe keinen Zweifel, daß viele Leser nach der Lektüre dieses Buches ihren geistigen Horizont werden erweitert haben. Darf ich zudem vielleicht hoffen, daß manche von ihnen bei dieser Gelegenheit auch einige Vorurteile und auf Unkenntnis beruhende Mißverständnisse auf vernünftige Weise über Bord werfen?

*Y. Bar-Hillel*

Professor Yehoshua Bar-Hillel wurde 1915 in Wien geboren, ging in Berlin zur Schule und emigrierte 1933 nach Palästina. 1938 erwarb er an der Hebrew University in Jerusalem den Magister Artium, 1949 den Dokortitel. Von 1951 bis 1953 arbeitete er am berühmten Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, Mass. (USA), vor allem an Problemen der automatischen Sprachübersetzung. An mehreren amerikanischen Universitäten war er Gastprofessor. Heute ist er Ordinarius für Logik und Philosophie der Wissenschaft an der Hebrew University, Mitglied der Israelischen Akademie der Künste und Wissenschaften und Präsident der Division für Logik, Methodologie und Philosophie der Wissenschaft in der Internationalen Union für Geschichte und Philosophie der Wissenschaft.

# Exakte Geheimnisse

... eine verlegerische Leistung ersten Ranges.

Frankfurter Allgemeine Zeitung

## Außerdem liegen vor:

### Walter Robert Fuchs Knauers Buch der modernen Mathematik

Mit einem Geleitwort von  
Prof. Hermann Bondi FRS  
288 Seiten mit 220 meist farbigen  
Abbildungen

Nicht eines jener langweiligen Lehrbücher... sondern eine Einführung in das moderne mathematische Denken, die dank der zahlreichen wohlgedachten Illustrationen so schmerzlos wie nur überhaupt möglich ist... Kühn und erfolgreich hat Fuchs sich bemüht, eine Brücke zwischen dem Laien und dem Mathematiker zu schlagen. Wer sie überquert, wird reich belohnt.

New York Times Book Review

### Walter Robert Fuchs Knauers Buch der modernen Physik

Mit einem Geleitwort von Nobelpreisträger  
Prof. Dr. Max Born  
360 Seiten mit 360 meist farbigen  
Abbildungen

Zu empfehlen: Für jene, die die naturwissenschaftlichen Entdeckungen nicht nur zur Kenntnis nehmen, sondern auch verstehen möchten. Es enthält eine Zusammenfassung unserer gegenwärtigen Kenntnis von den Phänomenen und Gesetzen... Es gefällt, weil der Text hält, was die hervorragenden Bilder versprechen: Verständlichkeit.

Die Zeit, Hamburg

### Hans Joachim Bogen Knauers Buch der modernen Biologie

Mit einem Geleitwort von Nobelpreisträger  
Prof. Dr. Adolf Butenandt  
336 Seiten mit 228 meist farbigen  
Abbildungen

Bogen versteht es meisterhaft, in populärer Weise wissenschaftlich exakte Informationen zu geben... sehr moderne, überaus eingängige Illustrationen... ganz hervorragend aufgemacht... Ein Sachbuch von dieser Qualität verdient jede Empfehlung.

Hessischer Rundfunk

Leichter kann man es dem Leser kaum noch machen... Ein wichtiger Beitrag, da die moderne Biologie immer stärker neben der Physik und Chemie das naturwissenschaftliche Weltbild zu formen beginnt.

Frankfurter Allgemeine Zeitung

## In Vorbereitung:

Knauers Buch der modernen Soziologie  
Knauers Buch vom neuen Lernen  
Knauers Buch der modernen Chemie

Gesamtauflage: 370000 Exemplare