Leitfäden der angewandten Informatik

Max Vetter

**Aufbau betrieblicher Informationssysteme
mittels objektorientierter, konzeptioneller
Datenmodellierung**

Leitfäden der angewandten Informatik

Herausgegeben von

Prof. Dr. Hans-Jürgen Appelrath, Oldenburg

Prof. Dr. Lutz Richter, Zürich

Prof. Dr. Wolffried Stucky, Karlsruhe

Die Bände dieser Reihe sind allen Methoden und Ergebnissen der Informatik gewidmet, die für die praktische Anwendung von Bedeutung sind. Besonderer Wert wird dabei auf die Darstellung dieser Methoden und Ergebnisse in einer allgemein verständlichen, dennoch exakten und präzisen Form gelegt. Die Reihe soll einerseits dem Fachmann eines anderen Gebietes, der sich mit Problemen der Datenverarbeitung beschäftigen muß, selbst aber keine Fachinformatik-Ausbildung besitzt, das für seine Praxis relevante Informatikwissen vermitteln; andererseits soll dem Informatiker, der auf einem dieser Anwendungsgebiete tätig werden will, ein Überblick über die Anwendungen der Informatikmethoden in diesem Gebiet gegeben werden. Für Praktiker, wie Programmierer, Systemanalytiker, Organisatoren und andere, stellen die Bände Hilfsmittel zur Lösung von Problemen der täglichen Praxis bereit; darüber hinaus sind die Veröffentlichungen zur Weiterbildung gedacht.

Aufbau betrieblicher Informationssysteme

**mittels objektorientierter,
konzeptioneller Datenmodellierung**

**Von Dr. sc. techn. Max Vetter
IBM Schweiz und Privatdozent an der
Eidg. Technischen Hochschule, Zürich**

**7., neubearbeitete und erweiterte Auflage
Mit 281 Abbildungen**

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 1991

PD Dr. sc. techn. Max Vetter, Dipl.-Ing. ETH

1938 geboren in Zürich. Von 1958 bis 1963 Studium der Chemie an der Eidg. Technischen Hochschule (ETH) in Zürich. 1964 nach erfolgter Diplomierung Aufnahme der beruflichen Tätigkeit bei IBM in Basel. Dasselbst in der Industrie während 10 Jahren mitverantwortlich für Entwurf und Realisierung technisch-wissenschaftlicher, kommerzieller sowie produktionssteuernder Datenbankapplikationen. Von 1973 bis 1978 Forschungs- und Lehrtätigkeit am European Systems Research Institute (ESRI) der IBM in Genf und La Hulpe, Brüssel. 1976 Promotion und 1982 Habilitation an der ETH in Zürich mit Arbeiten auf dem Gebiete der Datenmodellierung und des Datenbankentwurfs.

Im Rahmen von Beratungs- und Lehrverpflichtungen zahlreiche Aufenthalte unter anderem an den IBM Systems Research Institutes in Itoh/Japan und Rio de Janeiro, an den IBM Systems Science Institutes in London, New York und Tokyo, an den IBM-Laboratorien in Santa Teresa und Palo Alto, Kalifornien, am IBM Africa Institute an der Elfenbeinküste sowie bei den IBM Niederlassungen in Istanbul und Tel Aviv.

Seit 1979 Berater und Dozent für Anwendungsentwicklung, Datenmodellierung und Informationssystem-Gestaltung der IBM Schweiz in Zürich, zudem seit 1982 Privatdozent für angewandte Informatik an der ETH Zürich sowie gelegentlich Lehrbeauftragter am Institut für Informatik der Universität Zürich und an der Abteilung für Militärwissenschaften der ETH Zürich.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Vetter, Max:

Aufbau betrieblicher Informationssysteme mittels objektorientierter, konzeptioneller Datenmodellierung / von Max Vetter. – 7., neubearb. und erw. Aufl.

(Leitfäden der angewandten Informatik)

ISBN 978-3-519-12495-5

ISBN 978-3-322-94000-1 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-94000-1

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1991

Ursprünglich erschienen bei B.G. Teubner Stuttgart 1991

Gesamtherstellung: Zehnersche Buchdruckerei GmbH, Speyer

Umschlaggestaltung: M. Koch, Reutlingen

Vorwort zu den ersten sieben Auflagen

Die Zahl der Firmen mehrte sich, die den Wert *unternehmungsweiter konzeptioneller Datenmodelle* erkannt haben und ein derartiges Modell bereits besitzen oder im Begriffe sind, dessen Realisierung in die Wege zu leiten. Man verspricht sich davon einen umfassenden Überblick bezüglich der datenspezifischen Sachverhalte einer Unternehmung insgesamt. Ein derartiger Überblick ist unbedingt erforderlich, will man das *Jahrhundertproblem der Informatik* einer Lösung zuführen. Es sei darunter folgendes verstanden:

Das Jahrhundertproblem der Informatik besteht in:

1. Der Bewältigung des Datenchaos, das infolge unkontrolliert gewachsener Datenbestände fast überall entstanden ist.
2. Der Schaffung einer einheitlichen, zentrale und dezentrale Datenbestände umfassenden Datenbasis, die für die effiziente Nutzung zukunftssträchtiger Möglichkeiten der Informatik – gemeint sind benutzerfreundliche, auch Nichtinformatikern zumutbare Anwendungsgeneratoren und höhere Datenbanksprachen – unerlässlich ist.

Im vorliegenden Buch wird ein systematisches Vorgehensprozedere diskutiert, das zunächst die Schaffung eines als Leitbild einsetzbaren Grobmodells vorsieht und anschliessend auf dem Wege über *anwendungsbezogene konzeptionelle Datenmodelle*¹ zu einem *globalen* (d.h. anwendungsübergreifenden, im Idealfall: unternehmungsweiten) *konzeptionellen Datenmodell* führt.

Kommt ein *globales konzeptionelles Datenmodell* kooperativ und solidarisch zustande (ist es also als Gemeinschaftswerk von Informatikern und Nichtinformatikern aufzufassen), so kann es als das kollektive und additive Produkt der Denktätigkeit einer ganzen Belegschaft aufgefasst werden und vermag als solches im Sinne eines *Brennpunktes* zu wirken. Seine Schaffung zeitigt ordnende, klärende, divergierende Wünsche und Erfordernisse auf einen Nenner bringende, Kommunikationsprobleme entschärfende, der Wahrheitsfindung dienliche Effekte. Es vermag als *Dreh- und Angelpunkt* in Erscheinung zu treten, auf den sich Anwendungen beziehen lassen, und an dem sich Mitarbeiter orientieren können. Damit gewährleistet es, systemtheoretisch gesprochen, eine Vernetzung, die teils – was die Anwendungen anbelangt – technischer, teils aber auch

¹ Der Begriff *konzeptionell* bedeutet in diesem Zusammenhang *neutral*, d.h. losgelöst von hardware- und softwarespezifischen Überlegungen.

– was die Menschen betrifft – geistig-ideologischer Art ist. So besehen ist die Schaffung eines *globalen konzeptionellen Datenmodells* auch dann von Vorteil, wenn dessen Etablierung auf einem System gar nicht zur Debatte steht. Dies gilt umso mehr, als die überaus positiven Erfahrungen mit *globalen konzeptionellen Datenmodellen* die Schlussfolgerung nahe legen, dass eine auf ein derartiges Modell verzichtende Unternehmung gegenüber der Konkurrenz, welche die damit zu erzielenden Vorteile zu nutzen weiss, früher oder später in Rückstand geraten wird.

Damit ein *globales konzeptionelles Datenmodell* im Sinne der vorstehenden Ausführungen zustande kommt, sind selbstverständlich vor und während der Entwicklung von Anwendungen adäquate Massnahmen in die Wege zu leiten. Im Sinne eines Vorschlages wird in diesem Buche ein entsprechendes Vorgehen diskutiert, das in der Fachwelt – sicherlich nicht zuletzt des produktneutralen Charakters wegen – auf ein grosses Interesse gestossen ist. Zahlreiche Unternehmungen halten sich mittlerweile mehr oder weniger an die vorgeschlagene Arbeitsweise und haben damit zum Teil spektakuläre Erfolge erzielt.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass zahlreiche Firmen nicht nur das mit der Entwicklung von Informationssystemen betraute Fachpersonal, sondern auch die in Fachabteilungen tätigen, als Gesprächspartner vorgesehenen Nicht-informatiker (teilweise bis hinauf zur Geschäftsleitung) in der Anwendung der Methode schulen lassen. Offenbar wird mehr und mehr erkannt, dass sich der *menschliche Kommunikationsprozess* mit dem nachstehend diskutierten Vorgehen günstig beeinflussen lässt. Was übrigens die Schulung anbelangt, so bietet die *Applied Learning International GmbH* in Düsseldorf den Inhalt des vorliegenden Buches nunmehr auch in Form von Video-Aufzeichnungen an. Daneben besteht selbstverständlich nach wie vor die Möglichkeit, bei der IBM in Deutschland, Österreich und der Schweiz verschiedenartige, auf dem Inhalt des vorliegenden Buches aufbauende Kurse zu besuchen.

Der vorstehend geschilderten Akzeptanz steht andererseits aber auch eine gewisse Skepsis gegenüber. Noch wird offensichtlich nicht allgemein anerkannt, dass es für die Realisierung betrieblicher Informationssysteme grundsätzlich zwei Möglichkeiten gibt, nämlich:

- die konventionelle *funktionsorientierte* (man sagt auch: *ablauforientierte*) *Vorgehensweise*
- die in diesem Buche diskutierte *daten- bzw. objektorientierte Vorgehensweise*

Bei der *funktionsorientierten Vorgehensweise* versucht man zunächst, die für eine Anwendung relevanten *Funktionen* (man könnte auch von *Tätigkeiten* sprechen) ausfindig zu machen. Erst in einem zweiten Schritt werden sodann die für besagte Funktionen erforderlichen Daten ermittelt. In der Regel resultieren dabei viele funktionsorientierte (d.h. wenig integrierte), Redundanz aufweisende Datenbestände und als Folge davon ein Zustand, der von Weizenbaum [59] wie folgt charakterisiert wurde: *„Es ist inzwischen eine Situation eingetreten, in der wir die Zusammenhänge nicht mehr verstehen, weil wir sie nicht überblicken... Viele der grösseren Computersysteme, die in der Welt funktionieren, sind un-*

durchschaubar. Ich meine damit diejenigen, die im Militär, im Staat oder in der Wirtschaft genutzt werden. Ich meine nicht, dass niemand etwas davon versteht, aber ganz und gar durchschauen kann man sie nicht mehr."

Bei der *daten- bzw. objektorientierten Vorgehensweise* stehen demgegenüber die Objekte der Realität im Mittelpunkt des Interesses. Von *Datenorientiertheit* ist deswegen die Rede, weil man Feststellungen bezüglich besagter Objekte mittels eines geeigneten Datenmodells abstrakt zum Ausdruck bringt. Grundsätzlich – die Ausführungen in Abschnitt 2.5 werden diese Aussage bestätigen – könnte aber auch von einer *objektorientierten Vorgehensweise* gesprochen werden.

Was das angesprochene Datenmodell anbelangt, so wird im Idealfall zunächst eine *globale Datenarchitektur* (d.h. ein grobes, umfassendes konzeptionelles Datenmodell) festgelegt. Die Architektur wird sodann im Verlaufe der Zeit mit Details ergänzt, die im Rahmen der Entwicklung einzelner Anwendungen zu ermitteln sind. Nach und nach kommt auf diese Weise ein detailliertes *globales konzeptionelles Datenmodell* zustande, in dem sämtliche datenspezifischen Aspekte einer Unternehmung vorzufinden sind.

Folgende Vorteile kennzeichnen die *daten- bzw. objektorientierte Vorgehensweise*:

- Es resultieren fast zwangsläufig integrierte, vielfach benutzbare, redundanzfreie Datenbanken.
- Die Vorgehensweise führt auch dann zum Ziel, wenn Funktionen vorerst einmal gar nicht zu ermitteln sind. Dies ist immer dann der Fall, wenn eine Basis für die Beantwortung von spontanen, *nicht voraussehbaren* Fragestellungen – man denke an sogenannte *dispositive Informationssysteme* – zu schaffen ist.
- Die Vorgehensweise vermag jederzeit einen Überblick bezüglich der datenspezifischen Aspekte einer Unternehmung zu gewährleisten. Dieser Sachverhalt wird in Zukunft mit der verteilten Datenverarbeitung (dazu ist auch der Einsatz von Personal Computern zu zählen) ausserordentlich an Bedeutung gewinnen. So ist in Verbindung mit einem geeigneten Datenbankmanagementsystem zu gewährleisten, dass die Verteilung der Daten jederzeit scheinbar rückgängig zu machen ist, was deren Verarbeitung ausserordentlich erleichtert.
- Die Vorgehensweise bewirkt Vernetzungen in geistig-ideologischer wie auch in technischer Hinsicht.

In *Manifest für die Informationstechnologie von morgen* [37] rechtfertigt J. Martin das datenorientierte Vorgehen wie folgt:

- Im Mittelpunkt der modernen Datenverarbeitung stehen die Daten
(d.h. die Daten vermögen als *Dreh-* und *Angelpunkt* in Erscheinung zu treten, auf den sich alles übrige beziehen lässt).
- Die in einer Unternehmung verwendeten *Datentypen* ändern sich im Verlaufe der *Zeit* nicht wesentlich
(d.h. ein *typenmässig* definiertes Datenmodell ist – über die *Zeit* gesehen – recht stabil).
- Die Daten einer Unternehmung existieren unabhängig von ihrer Verwendung
(d.h. Datenmodelle lassen sich auch dann definieren, wenn die Funktionen im einzelnen nicht bekannt sind. Dieser Aspekt spielt vor allem bei *dispositiven Systemen* eine wichtige Rolle, bei denen Nichtinformatiker mittels benutzerfreundlicher Abfragesprachen spontan (ad hoc) auf eine Datenbank zugreifen, um wenigstens einfachere Problemstellungen selbständig einer Lösung zuzuführen. Voraussetzung dafür ist aber die Definition einer Datenbank, noch bevor der Verwendungszweck der Daten im einzelnen bekannt ist).

J. Martin's Thesen überraschen keineswegs, wenn man bedenkt, dass mit Daten die für eine Unternehmung relevanten Objekte zu repräsentieren sind. Letztere sind aber nicht nur leichter zu erkennen als Funktionen, sondern weisen in der Regel auch eine längere Lebensdauer auf als diese (für eine Unternehmung werden *Kunden, Lieferanten, Mitarbeiter, Produkte, Produktionsmittel*, etc. mit Sicherheit auch in Zukunft von Bedeutung sein).

Indes: ein *daten- bzw. objektorientiertes Vorgehen* vermag allein noch keinen Erfolg zu garantieren. Vielmehr ist hierfür auch eine *konzeptionelle Arbeitsweise* erforderlich. Diese ist wie folgt zu charakterisieren:

- Bei einer konzeptionellen Arbeitsweise wird die Lösung für ein Problem vom *Groben zum Detail* (englisch: Top-down) entwickelt.
- Konzeptionell arbeiten heisst *abstrahieren*. Dies bedeutet, dass nicht mit Begriffen gearbeitet wird, die den Einzelfall betreffen, sondern mit solchen, die stellvertretend für viele Einzelfälle in Erscheinung treten können.
- Bei einer konzeptionellen Arbeitsweise werden *hardware- und softwarespezifische Überlegungen zurückgestellt* bis eine logisch einwandfreie Lösung vorliegt.

Erprobte Erkenntnisse wie beispielsweise die *Systemtheorie*, die *Entitäten-Beziehungsmodellierung*, die *Relationentheorie*, etc. nutzend, hält sich das nachstehend diskutierte Vorgehensprozedere konsequent an die Prinzipien der konzeptionellen Arbeitsweise.

Ist ein Buch der vorliegenden Art angesichts des in letzter Zeit den Markt überflutenden Angebotes an computerunterstützten Hilfsmitteln zur Entwicklung von Anwendungen im allgemeinen und von Datenmodellen im besonderen überhaupt noch gerechtfertigt? Die Frage ist meiner Meinung nach unbedingt zu bejahen. Selber mit derartigen Hilfsmitteln arbeitend, stelle ich immer wieder fest, dass sie mir zwar die Arbeit erleichtern (insbesondere was die Dokumentation und Wartung anbelangt), keinesfalls aber in der Lage sind, eine kreative Leistung zu erbringen. Meines Erachtens erfordert ein kreativer Beitrag auf dem Gebiete der Anwendungsentwicklung und Datenmodellierung neben viel Fleiss vor allem auch fundierte Kenntnisse, die – beispielsweise mit einem Buch der vorliegenden Art – individuell zu erarbeiten sind.

Überhaupt sollte man sich bewusst sein, dass für eine effiziente Anwendungsentwicklung grundsätzlich drei Faktoren von Bedeutung sind. Es sind dies:

- Ein methodisches Vorgehen
(beantwortet die Frage: *Was* hat *wann* zu geschehen?)
- Techniken
(beantwortet die Frage: *Wie* hat etwas zu geschehen?)
- Werkzeuge
(beantwortet die Frage: *Womit* hat etwas zu geschehen?)

Die besten Werkzeuge – man spricht in diesem Zusammenhang normalerweise von *CASE-Tools*² – sind wertlos, wenn sie nicht im Rahmen eines methodischen, den Werdegang von Anwendungen nach zeitlichen Gesichtspunkten regelnden Vorgehens zur Anwendung gelangen. Dieses methodische Vorgehen ist zu schulen, genauso wie die zur Herstellung von Anwendungen und Datenmodellen erforderlichen Techniken. CASE-Tools vermögen den Wirkungsgrad besagter Techniken zu erhöhen, keinesfalls aber – gewissermassen per Knopfdruck – Anwendungen und Datenmodelle aus dem Nichts zu erzeugen. Es scheint mir wichtig, gleich zu Beginn dieses Buches mit aller Deutlichkeit auf diesen Sachverhalt hinzuweisen, ist doch bezüglich der angesprochenen CASE-Tools vielfach eine geradezu euphorische, mit den zu erzielenden Ergebnissen keinesfalls in Einklang stehende Erwartungshaltung festzustellen. Wichtig sind die vorstehenden Bemerkungen aber auch deswegen, weil sie die Bestimmung dieses Buches klar einzugrenzen erlauben. So bezweckt dieses die Vermittlung von Kenntnissen, die das *methodische Vorgehen* sowie die bei der Datenmodellierung üblicherweise zur Anwendung gelangenden *Techniken*, nicht aber die eigentlichen *Werkzeuge* betreffen.

² CASE = Computer Aided Software Engineering

Abb. 1 illustriert die vorstehenden Aussagen hinsichtlich des vorliegenden Buches wie auch bezüglich meiner anderweitigen Publikationen. So ist zu erkennen, dass sich die für Informatiker bestimmten Werke *Aufbau betrieblicher Informationssysteme mittels objektorientierter, konzeptioneller Datenmodellierung* (Werk 1) und *Strategie der Anwendungssoftware-Entwicklung* (Werk 2) schwerpunktmässig mit methodischen und technischen Aspekten der Datenmodellierung (Werk 1) sowie der Planung und der Entwicklung von Anwendungen (Werk 2) auseinandersetzen.

Genauso verhält es sich für das 3. Werk *Informationssysteme in der Unternehmung*. Letzteres ist Führungskräften und Sachbearbeitern zugedacht und führt in die Datenmodellierung und Anwendungsentwicklung ein, ohne spezielle Informatikkenntnisse vorauszusetzen. Entstanden ist das Buch aus der Erkenntnis heraus, dass ein *ganzheitliches Vorgehen* – und ein solches steht nachstehend

zur Diskussion – nur dann in die Tat umzusetzen ist, wenn die Unterstützung von oben sichergestellt ist, und wenn die in den Fachabteilungen tätigen Sachbearbeiter am Erkenntnisprozess teilnehmen. Hiefür sind aber entsprechende Einsichten und Kenntnisse unerlässlich.

Die vorliegende Arbeit unterscheidet sich gegenüber andern Werken insofern, als *praktisch orientierte Überlegungen* gegenüber reiner Theorie eindeutig im Vordergrund stehen. Das Werk ist daher vorwiegend für Designer von Informationssystemen, für Systemkonstrukteure, Systemanalytiker, Datenbankadministratoren und Projektleiter bestimmt. Aber auch Studenten der entsprechenden Fachrichtungen sowie allgemein an Datenverarbeitung interessierte Kreise, welche die Bezugnahme zur Praxis suchen, sind damit angesprochen – nicht zuletzt auch darum, weil die praktisch orientierten Hinweise immer wieder mit theoretischen Erkenntnissen verankert werden.

Zum Abschluss noch ein Wort des Dankes. Dieser richtet sich an all jene Personen und Organisationen, die der hier vorgestellten Methode vertrauen und durch konstruktive Beiträge sowie aufbauende Kritik Verbesserungen ermöglichen. Namentlich erwähnt seien die Herren N. Loewitsch von der IBM Österreich, Dr. Mainz und Dr. Bauer-Jürgens von der IBM Deutschland sowie H.P. Joos von der IBM Schweiz. Die genannten Herren dozieren bzw. dozierten äusserst erfolgreich in Deutschland, Österreich und der Schweiz die in diesem Buche behandelte Materie und haben mich auf zahlreiche Verbesserungsmöglichkeiten aufmerksam gemacht. Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei den Herren R. Strüby, General-Direktor der IBM Schweiz, F. Neresheimer, E. Marzorati, A. Butti (meine ehemaligen Vorgesetzten) sowie K. Dietz (meinen jetzigen Vorgesetzten). Die genannten Herren haben wiederholt dafür gesorgt, dass ich meine Ideen auf internationaler Ebene durch Fachgremien überprüfen und bereichern lassen sowie an praktischen Fällen ausprobieren konnte. Allerdings muss korrekterweise gesagt werden, dass ich nachstehend meine persönliche Meinung vertrete. Die Ausführungen sind also nicht im Sinne einer Stellungnahme oder gar Ankündigung der IBM (meinem Arbeitgeber) aufzufassen.

Zürich, im Juni 1982	(1. Auflage)
Jan. 1985	(2., überarbeitete und erweiterte Auflage)
Juli 1986	(3., neubearbeitete und erweiterte Auflage)
Juli 1987	(4., überarbeitete und erweiterte Auflage)
August 1988	(5., durchgesehene und leicht modifizierte Auflage)
August 1989	(6., neubearbeitete und erweiterte Auflage)
Juni 1991	(7., neubearbeitete und erweiterte Auflage)

M. Vetter

Inhalt

1 Einleitung	17
-------------------------------	-----------

1. Teil: Fundamentale Erkenntnisse

2 Die daten- bzw. objektorientierte Vorgehensweise	29
2.1 Konstruktionselemente zur Darstellung von Einzelfällen	31
2.2 Konstruktionselemente zur Darstellung mehrerer Einzelfälle	40
2.3 Die datenorientierte Vorgehensweise	80
2.4 Die datenorientierte Vorgehensweise aus systemtheoretischer Sicht	108
2.5 Die objektorientierte Vorgehensweise	120
2.6 Übungen Kapitel 2	140
3 Datenstrukturtypen	143
3.1 Entitätsschlüssel	144
3.2 Relationalartige Datenstrukturtypen	146
3.3 Netzwerkförmige Datenstrukturtypen	164
3.4 Hierarchische Datenstrukturtypen	167
3.5 Datenmanipulationssprachen	173
3.6 Die Architektur von Datenbankmanagementsystemen	178
4 Die Normalisierung von Relationen	181
4.1 Die Problemstellung	184
4.2 Die unnormalisierte Form	187

14 Inhalt

4.3 Die 1. Normalform	191
4.4 Die 2. Normalform	197
4.5 Die 3. Normalform	211
4.6 Die 4. Normalform	220
4.7 Die 5. Normalform	225
4.8 Volle oder partielle Normalisierung?	233
4.9 Die Beziehungsintegrität	236
4.10 Übungen Kapitel 4	246
5 Relationssynthese	253
5.1 Elementarrelationen zur Darstellung von Konstruktionselementen	255
5.2 Zusammenfassung und Globalnormalisierung	289
5.3 Die Historisierung von Daten	306
5.4 Übungen Kapitel 5	314
 2. Teil: Das praktische Vorgehen	
6 Anwendungsorientierte und globale Datenmodellierung	317
6.1 Modellermittlung aufgrund von Realitätsbeobachtungen	319
6.2 Modellermittlung aufgrund von Benützersichtanalysen	341
6.3 Modellermittlung aufgrund von Datenbestandsanalysen	358
6.4 Modellermittlung aufgrund von Interviews	361
6.5 Übungen Kapitel 6	365
7 Logische Datenstrukturen	367
7.1 Das konzeptionelle Strukturdiagramm	369

7.2 Darstellung von umfangreichen Datenmodellen	379
7.3 Zugriffspfad und logische Datenstruktur	382
7.4 Übungen Kapitel 7	390
8 Physische Datenstrukturen	391
8.1 Implementierung von Relationen mittels indiz. Datenbestände . .	393
8.2 Implementierung von Relationen nach Art von CODASYL . . .	396
8.3 Implementierung von Relationen nach Art von IMS oder DL/I .	404
8.4 Implementierung von Relationen mittels relationaler DBMS . . .	429
8.5 Die Verteilung von Daten	432
8.6 Übungen Kapitel 8	439
9 Zusammenfassung und Epilog	441
Anhang A: Einführung in die Mengenlehre	447
A.1 Grundlegende Begriffe	448
A.2 Mengenbeziehungen und deren Darstellung	453
A.3 Mengenoperationen	465
A.4 Übungen Anhang A	475
Anhang B: Lösungen zu den Übungen	477
Literatur	503
Stichwortverzeichnis	507