

Berichte
des
Instituts für Wirtschaftswissenschaften
der
Technischen Universität Braunschweig

Andreas Totok/Ramon Jaworski

Modellierung von multidimensionalen
Datenstrukturen mit ADAPT

Ein Fallbeispiel

AB-Nr.: 98/11; ISBN 3-930166-92-5



Juli 1998

Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Dipl.-Inform. Andreas Totok

Cand.-Wirtsch.-Inform. Ramon Jaworski

Institut für Wirtschaftswissenschaften

Abteilung Controlling und Unternehmensrechnung

Pockelsstraße 14

38106 Braunschweig

Deutschland

Tel. 05 31/ 391-36 06

Fax. 05 31/ 391-81 21

E-Mail A.Totok@tu-bs.de

Dieser Bericht ist im Internet abrufbar unter:

<http://www.tu-bs.de/institute/wirtschaftswi/controlling/staff/atotok/atotok.html>

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einleitung.....	7
2 Modellierung von multidimensionalen Datenstrukturen.....	9
2.1 Das multidimensionale Modell.....	9
2.1.1 Variablen und Kennzahlen.....	10
2.1.2 Dimensionen	10
2.1.3 Formeln	14
2.2 Datenmodellierung	14
2.2.1 Ansätze auf Basis des Entity-Relationship-Modells.....	16
2.2.2 Ansätze auf Basis des objektorientierten Modells	18
2.2.3 Application Design for Analytical Processing Technologies	19
2.2.3.1 Kernelemente	20
2.2.3.2 Dimensionstypen.....	21
2.2.3.3 Dimensionselemente.....	23
2.2.3.4 Beziehungstypen.....	25
2.2.3.5 Weitere Elemente.....	25
2.3 Vorgehensmodell.....	26
2.3.1 Anforderungsanalyse	26
2.3.2 Konzeptionelle Modellierung	27
3 Ein Fallbeispiel aus der Automobilbranche.....	31
3.1 Aufgabenstellung.....	31
3.2 Anforderungsanalyse.....	31
3.2.1 Tätigkeitsanalyse	31
3.2.2 Analyse der Systemlandschaft.....	33
3.3 Konzeptionelle Modellierung	34
3.3.1 Bestimmung der Input-Kennzahlen.....	34
3.3.2 Kennzahlen berechnen	34
3.3.3 Dimensionierung der Kennzahlen	35
3.3.4 Modellierung von Datenwürfeln.....	38
3.3.5 Vordefinierte Würfelausschnitte	43
4 Ausblick	45
Anhang.....	47
Literaturverzeichnis	53

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Artikelumsätze im OLAP-Würfel	9
Abb. 2	Hierarchie der aggregierenden Dimension Artikel.....	12
Abb. 3	Modellierungs-/Implementierungsebenen	15
Abb. 4	Kernelemente.....	21
Abb. 5	Dimensionstypen.....	22
Abb. 6	Beispiel für eine Vertriebsergebnisrechnung mit ADAPT	23
Abb. 7	Dimensionselemente.....	24
Abb. 8	Beziehungstypen.....	25
Abb. 9	Weitere Elemente.....	26
Abb. 10	Markt- und Produktdimension.....	36
Abb. 11	Zeitdimension.....	37
Abb. 12	Währungsdimension.....	37
Abb. 13	Szenariodimension.....	38
Abb. 14	Erfolgsvariablen.....	40
Abb. 15	Marktvariablen.....	41
Abb. 16	Preisvariablen.....	42
Abb. 17	Beispiel für einen Preisindexvergleich Autotyp zu Top 10.....	43
Abb. 18	Szenariodimension.....	47
Abb. 19	Würfelausschnitt Preisindexvergleich Autotyp zu Durchschnitt Wettbewerb	48
Abb. 20	Dimensionierung des Würfelausschnitts für Preisindizes.....	49
Abb. 21	Dimensionierung des Würfelausschnitts für Gesamtergebnisse	50
Abb. 22	Dimensionierung des Würfelausschnitts für Ländermix	51

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Datenblatt Absatz.....	28
Tab. 2	Begriffsdefinition Operatives Ergebnis.....	34
Tab. 3	Begriffsdefinition Gesamtumsatz	35

Abkürzungsverzeichnis

ADAPT	Application Design for Analytical Processing Technologies
ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
DF	Dimensional Fact (Model)
DM	Dimensional Modeling
ERM	Entity Relationship Model
ME/RM	Multidimensionales Entity-Relationship-Modell
OLAP	On-Line Analytical Processing
OMT	Object Modeling Technique
OOA	Object-Oriented Analysis
OTM	Objekttypenmethode
UML	Unified Modeling Language

1 Einleitung

Die Konzepte Data Warehouse und On-Line Analytical Processing (OLAP) haben in den letzten Jahren eine breite Resonanz in Theorie und Praxis erfahren. Man wird kaum ein Großunternehmen finden, das nicht mindestens ein Projekt unter dem Überbegriff Data Warehouse initiiert hat. Zahlreiche Veröffentlichungen aus dem wissenschaftlichen Bereich spiegeln das Interesse aus theoretischer Seite an dem Thema wider¹.

Das Data-Warehouse-Konzept ist im wesentlichen durch die redundante Speicherung von entscheidungsorientierten Daten aus operativen Systemen gekennzeichnet. Im Vordergrund steht die Gestaltung der Datenbasis mit Vereinheitlichung und Verfügbarmachung der Daten, weniger konkret ist aber die Definition der benötigten Auswertungsmethoden. Demgegenüber geht On-Line Analytical Processing einen Schritt weiter in Richtung Anwendung und beschreibt primär Anforderungen für die Datenanalyse. Verbunden sind hiermit Modellierungsaspekte einer multidimensionalen Datenbasis, die Konzeption von auswertungsorientierten Berechnungsprozessen sowie die Gestaltung einer intuitiven Analyseoberfläche.

Die Entwicklung von operativen betriebswirtschaftlichen Informationssystemen im Phasenschema von Ist-Analyse über Sollkonzeption bis zur Implementierung ist in der Vergangenheit ausführlich untersucht worden und wird heute durch verschiedenste Methoden unterstützt². Einen Nachholbedarf gibt es dagegen noch im Feld der Entwicklung von multidimensionalen Analysesystemen, die sich durch die besondere Bedeutung von betriebswirtschaftlichen Entscheidungsobjekten von den bisherigen Informationssystemen abgrenzen.

Untersucht wird in diesem Bericht eine methodische Vorgehensweise in Verbindung mit einer Notation für die konzeptionelle Modellierung von multidimensionalen Analysesystemen. Der Vorschlag für eine Vorgehensweise von GABRIEL/GLUCHOWSKI³ wird aufgegriffen und mit der von BULOS veröffentlichten Notation Application Design for Analytical Processing Technologies⁴ (ADAPT) im Rahmen einer Fallstudie kombiniert.

¹ Eine Übersicht über die im Internet abrufbare Veröffentlichungen gibt z.B. das German OLAP and Data Warehouse Forum unter <http://www.wiwi.uni-duesseldorf.de/stat/olap/olap.html>.

² Siehe z.B. die Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse in Verbindung mit der Architektur integrierter Informationssysteme von SCHEER (Scheer 1995).

³ Gabriel/Gluchowski 1997, S. 20 ff.

⁴ Bulos 1996, S. 33 ff.

2 Modellierung von multidimensionalen Datenstrukturen

2.1 Das multidimensionale Modell

Betriebswirtschaftliche Daten für die Entscheidungsunterstützung sind von ihrer Natur her multidimensional. Als Beispiele werden meist Anwendungen aus dem Marketing- bzw. Vertriebscontrolling angeführt. Eine typische Fragestellung kann „wie hoch war der Bruttoumsatz vom Artikel Standardo im ersten Quartal 1997 in der Region Süd?“ lauten. Diese Fragestellung beinhaltet die vier Dimensionen Kenngröße, Artikel, Zeit und Vertriebsweg. Witt spricht in diesem Zusammenhang auch vom Rechenschieberprinzip, nach dem für jede Dimension ein Schubstreifen existiert, der je nach Art der Fragestellung flexibel eingestellt werden kann⁵. In Abb. 1 wird die Fragestellung in einem sogenannten OLAP-Würfel dreidimensional dargestellt, wobei sich das Ergebnis von 1.326.000 DM sehr einfach durch Aggregation der Monate 1,2,3/1997 im Vektor, der durch Standardo und Bruttoerlös festgelegt ist, erzeugen lässt. Artikel, Zeit und Kenngrößen sind die Dimensionen des Modells, Brutto- und Nettoerlös sind die eigentlichen Variablen, die die nach Dimensionen klassifizierten Werte enthalten. Deckungsbeitrag I könnte hier in einer trivialen Formel als Differenz von Brutto- und Nettoerlös realisiert sein.

Artikel	Zeit			
	01/97	02/97	03/97	Quartal
Eleganza	807	458	934	2.199
Standardo	822	376	128	1.326
Moderno	305	432	781	1.518
Natura	243	701	113	1.057

Abb. 1 Artikelumsätze im OLAP-Würfel⁶

Multidimensionale Datenmodelle wurden für die besonderen Anforderungen von Managementunterstützungssystemen konzipiert. Sie sollen die Daten möglichst so abbilden, wie sie auch in der Realität von den Benutzern gesehen werden. Der Zugriff auf die

⁵ Witt 1992, S. 12.

⁶ Totok 1997, S. 23.

Daten erfolgt dabei in einer intuitiven Form, die keine Formulierung von komplexen Abfragen mit speziellen Sprachen mehr erforderlich macht⁷. Im Unterschied zum relationalen Modell, in dem die Daten in eindimensionalen Tabellen abgelegt werden, werden die Daten im multidimensionalen Modell in Form von Matrizen organisiert.

2.1.1 Variablen und Kennzahlen

Betriebswirtschaftliche Variablen sind die eigentlichen Inhalte von OLAP-Würfeln. Sie sind meist quantitative, in numerischer Form vorliegende Werte⁸ wie die Umsatzdaten in Abb. 1. Die Verwendung des Begriffs der *betriebswirtschaftlichen Variablen* ist in Veröffentlichungen uneinheitlich. In englischen Artikeln wird von *Variables*, *Facts*, *Measures* oder *Measured Facts*⁹ gesprochen. Darüber hinaus werden Variablen teilweise auch als Dimension betrachtet, was durch die Verwendung des Begriffs *Measure Dimension*¹⁰ zum Ausdruck gebracht wird¹¹. Deutsche Autoren übersetzen *Measures* teilweise in direkter Anlehnung an Wörterbücher mit Maßeinheiten oder Maßzahlen und nennen Stück oder Währung als Beispiel¹². Der Maßaspekt soll hier nicht im Vordergrund stehen, so daß im folgenden von Variablen gesprochen wird.

Betriebswirtschaftliche Variable stehen im direkten Zusammenhang mit Kennzahlen, soweit sie Informationen über wichtige Sachverhalte und Zusammenhänge wiedergeben, quantifizierbar sind und komplizierte Strukturen und Prozesse auf einfache Weise darstellen¹³. Da diese Eigenschaften gerade mit dem Aufbau eines multidimensionalen Modells angestrebt werden, haben die meisten Variablen oder ihre Verknüpfung untereinander Kennzahlencharakter¹⁴. Um die Aussagefähigkeit von Kennzahlen zu erhöhen, werden Kennzahlensysteme aufgebaut, die einzelne Kennzahlen in Beziehung setzen. Dies ist notwendig, um einen Gesamtzusammenhang herzustellen, der wechselseitige Auswirkungen erkennen läßt¹⁵. Der strukturelle Aufbau eines Kennzahlensystems erfolgt in multidimensionalen Modellen über eine gesonderte Kennzahlendimension.

2.1.2 Dimensionen

In multidimensionalen Datenstrukturen werden in der Regel keine detaillierten Tagesdaten, sondern vorverdichtete Daten abgelegt, die nach bestimmten Gebieten bzw. Entscheidungsobjekten konsolidiert sind. Diese Gebiete oder Objekte werden klassifiziert

⁷ Hoffmann/Kusterer 1997, S. 53.

⁸ Es lassen sich allerdings auch in textueller Form bzw. multimedial vorliegende Daten multidimensional darstellen und abspeichern. Als Anwendungsbereich sind Objekte in der Marktforschung denkbar. Dennoch werden textuelle oder multimediale Informationen eher Attribute als eigentliche Daten sein.

⁹ Z.B. Kimball 1996, S. 22.

¹⁰ Z.B. Kenan Technology 1995, S. 24.

¹¹ In einigen OLAP-Produkten werden Variablen dieser Anschauung folgend wie Dimensionen implementiert.

¹² Z.B. Holthuis 1997, S. 15.

¹³ Kennzahlendefinition nach Reichmann 1997, S. 19.

¹⁴ Nach RAUTENSTRAUCH stellt jedes betriebswirtschaftliche Faktum eine Kennzahl dar (Rautenstrauch 1997, S. 5).

¹⁵ Reichmann 1997, S. 23.

und unter einem gemeinsamen Oberbegriff als Dimension zusammengefaßt¹⁶. Eine Dimension kann z. B. Vertriebsweg sein; der Vertriebsweg Europa könnte dabei in Nord-, Mittel- und Südeuropa untergliedert sein. Zu Nordeuropa gehören mehrere Länder, deren Daten einzeln enthalten sind. Die Dimensionen sind abhängig vom betriebswirtschaftlichen Anwendungsgebiet und von der Art der jeweiligen Analysen. So werden Anwender unterschiedlicher Bereiche individuelle Dimensionen verlangen. Es existiert allerdings eine Reihe von immer wiederkehrenden Standarddimensionen mit den dazugehörigen Datenkonsolidierungspfaden. Beispiele für betriebswirtschaftliche Standarddimensionen sind¹⁷:

- *Zeitstruktur*: ein Konsolidierungspfad für Zeit kann z. B. Tag → Monat → Quartal → Jahr lauten. Es handelt sich um eine so grundlegende Dimension, daß sie die meisten OLAP-Datenbanksysteme inklusive von Grundfunktionalitäten standardmäßig implementiert haben¹⁸.
- *Ausprägung*: mögliche Ausprägungen bzw. Szenarien sind Plan, Soll oder Ist. Die Daten haben in bezug auf die anderen Dimensionen die gleiche Semantik und bilden nur Varianten oder Versionen.
- *Betriebswirtschaftliche Kennzahlen* (z.B. Umsatz, Deckungsbeiträge, Gewinn). In einer Kennzahlendimension können nicht im direkten Zusammenhang stehende Basiskennzahlen bis hin zu Kennzahlensystemen mit Spitzenkennzahlen, wie z.B. dem ROI, abgebildet werden.

Weitere typische Dimensionen für betriebliche Informationssysteme sind¹⁹:

- *Unternehmensstruktur* (z.B. Geschäftsbereiche, Organisationsstruktur und rechtliche Einheiten),
- *Produktstruktur* (z.B. Produktfamilie, Produktgruppe, Artikel),
- *Regionalstruktur* (z.B. Land, Gebiet, Bezirk, Kunde),
- *Kundenstruktur* (z.B. Kundengruppen),
- *Kontenrahmen* (z.B. Finanzbuchhaltung, Kostenrechnung).

Dimensionsdaten werden auch als Deskriptoren oder Attribute der betriebswirtschaftlichen Variablen bezeichnet. Sie beinhalten aus informationstechnischer Sicht Strukturdaten, z.B. die Zuordnung eines Entscheidungsobjekts zu einer bestimmten Artikelgruppe, und beschreibende Daten, z.B. der Farbcode eines Entscheidungsobjekts. Struktur- oder beschreibende Daten beinhalten daher diskrete numerische oder textuelle Werte.

¹⁶ Gluchowski 1996, S. 246.

¹⁷ Holthuis 1997, S. 15; Behme/Schimmelpfeng 1993, S. 7.

¹⁸ Raden 1996, o. S.

¹⁹ Behme/Schimmelpfeng 1993, S. 7.

Wie sich aus den obigen Beispielen erkennen läßt, sind Dimensionen meist völlig unabhängig voneinander. Anders verhält es sich innerhalb einer Dimension: Dimensionen lassen sich vertikal in Ebenen untergliedern. Je nach Dimensionstyp bilden die Ebenen zusammenhängend einen Konsolidierungspfad, der aus einer Anzahl von Konsolidierungsschritten besteht²⁰ und sich von der untersten Dimensionsebene bis zur obersten erstreckt. Die Ebenen stehen dabei meist in einem hierarchischen Zusammenhang, so daß man von einer Dimensionshierarchie spricht. Die Elementarobjekte bzw. Daten der untersten Dimensionsebene besitzen die höchste Detaillierung. Demgegenüber nimmt die Granularität der Daten vertikal nach oben zu (siehe Abb. 2). Dimensionen lassen sich neben der betriebswirtschaftlichen Differenzierung auch nach strukturellen Gesichtspunkten charakterisieren. Einige wichtige Dimensionstypen werden im folgenden erläutert²¹:

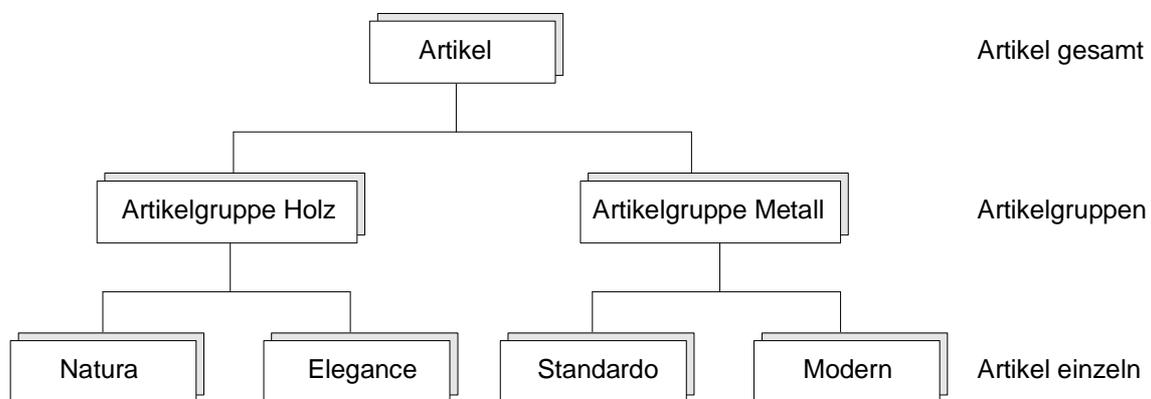


Abb. 2 Hierarchie der aggregierenden Dimension Artikel

- *Aggregierender Dimensionstyp*

In aggregierenden Dimensionen stehen die Dimensionsebenen in einem direkten hierarchischen Zusammenhang, der die Ebenen meist arithmetisch verbindet. Ein Beispiel für eine aggregierende Dimension ist in Abb. 2 als Baumstruktur²² dargestellt. Die vier Einzelartikel auf der untersten Ebene gehören logisch zu zwei Artikelgruppen und werden zu diesen gruppiert. Die zwei Artikelgruppen werden zu *Artikel gesamt* zusammengefaßt. Die verschiedenen Dimensionsebenen bilden damit unterschiedliche Verdichtungsstufen ab, von gegebenenfalls atomaren Daten auf der untersten Ebene bis hin zu hochverdichteten Daten auf der obersten Ebene.

Eine aggregierende Dimension kann über mehrere parallele Verdichtungshierarchien verfügen. So kann die Artikelhierarchie alternativ über Marktsegmente verdichtet werden, die mit den jeweiligen Produkten anvisiert werden. Elegance und Modern könnten zum Segment Luxusgüter gehören, wogegen sich Standardo und

²⁰ Codd 1994, S. 10.

²¹ In Anlehnung an Holthuis 1997, S. 16 ff.

²² Ein hierarchischer Baum für betriebswirtschaftliche Darstellungen hat im Gegensatz zur realen Welt seine Wurzel auf oberster und seine Blätter auf unterster Ebene.

Natura zum Segment Standardgüter zählen ließen. Alle parallelen Hierarchien haben dieselben Elemente der untersten Ebene und den gleichen aggregierten Spitzenwert gemeinsam. Unterschiede ergeben sich nur in den Zwischenebenen, die ja gerade die unterschiedlichen Sichtweisen repräsentierten.

Im Normfall werden auf unterster Ebene von Hierarchien die Quelldaten von vorgelagerten Systemen eingelesen. Ein Spezialfall sind Hierarchien, die in Baumstruktur gesehen unausgeglichene Äste besitzen, wie das z.B. in der Deckungsbeitragsrechnung der Fall ist.

- *Partitionierender Dimensionstyp*

Objekte einer partitionierenden Dimension gehören zwar logisch zusammen, stehen aber parallel nebeneinander ohne Verknüpfung untereinander bzw. zu einer höheren Ebene. Eine typische partitionierende Dimension stellt *Ausprägung* bzw. *Szenario* dar. Plan, Soll oder Ist stellen nur unterschiedliche Szenarien der anderen Dimensionen dar.

- *Kategorischer Dimensionstyp*

Daten werden in kategorischen Dimensionen nach Analysegesichtspunkten organisiert²³. Die klassischen Kundengruppen eines Unternehmens lassen sich z.B. mit Data-Mining-Techniken sehr viel feiner differenzieren. Man stößt auf Zusammenhänge, die man vorher nicht vermutet hat. So könnte das Holzmodell *Natura* aus Abb. 2 einerseits stark von jungen Frauen aus Umweltgründen nachgefragt werden, auf der anderen Seite aber auch gerade von Senioren wegen seiner klassischen Form gekauft werden. Man würde Kategorien als Dimensionsebenen bilden, die Kunden nach Alters-, Geschlechts- oder Einkommensmerkmalen enthalten, die aber nicht in jedem Fall hierarchisch aggregiert werden können. Dennoch besteht eine starke Ähnlichkeit zwischen kategorischem und aggregierendem Dimensionstyp.

Dimensionen lassen sich auch nach weiteren Merkmalen charakterisieren, z. B. wie häufig eine Dimension Strukturveränderungen unterliegt²⁴. Es gibt auch eine Reihe von Spezialfällen, die in der Unternehmenspraxis auftreten und berücksichtigt werden müssen. So besteht die Möglichkeit, daß es innerhalb einer Dimension Elementarobjekte anteilig oder jeweils zu 100% über mehrere Konsolidierungspfade parallel nach oben verdichtet werden. Hierbei kann es zu einer zyklischen Abhängigkeit kommen, die durch eine geeignete Implementierung vermieden werden sollte²⁵.

²³ McGuff 1996, o. S.

²⁴ Die meisten Dimensionen bleiben über den Zeitablauf nicht konstant, sondern passen sich Produktprogramm, regionalen Gegebenheiten etc. an (Kimball 1996, S. 100). Die Abbildung von Strukturveränderungen in „Slowly Changing Dimensions“ ist ein nicht zu unterschätzendes Problem in der Praxis.

²⁵ McGuff 1996, o. S.

2.1.3 Formeln

Der Aufbau eines OLAP-Würfels erfolgt in zwei Schritten: zunächst werden die grundlegenden Daten eingelesen. Es sind meist die Daten der untersten Hierarchieebene von niedrigster Granularität, die selbst aber schon zu einem gewissen Grad verdichtet sind. Im zweiten Schritt wird der Würfel aufgebaut, indem Werte vorkonsolidiert (meist aggregiert) und Kennzahlen berechnet werden²⁶. Der Großteil der Werte in multidimensionalen Würfeln werden abgeleitet bzw. berechnet. Variablen und besonders Kennzahlen auf höherer Ebene werden mit Hilfe von mathematischen bzw. betriebswirtschaftlichen Formeln berechnet. Den überwiegenden Teil der Berechnungen machen dabei Aggregationen in Form von Addition aus.

Grundsätzliche Berechnungen, die beim Einlesen der Daten in den Würfel erfolgen müssen, können z.B. Eliminierungen von Zwischenergebnissen bei der Konzernkonsolidierung oder die Währungstriangulation mit Hinblick auf den Euro sein. Die Berechnung von Konsolidierungswegen kann in Spezialfällen von der hierarchischen Struktur einer aggregierenden Dimension abweichen²⁷. Beim Aufbau von Konsolidierungswegen und Kennzahlensystemen muß die Reihenfolge der Berechnungsschritte hinsichtlich der mathematischen Distributivgesetze beachtet werden. Die Konsolidierung eines multidimensionalen Würfels erfolgt in der Regel auch nicht parallel, sondern sequentiell nach Konsolidierungswegen. So kann es vorkommen, daß bei der Konsolidierung einer Dimension Werte aus anderen Konsolidierungswegen benötigt werden, die aber noch nicht berechnet wurden. Hier können beim Aufbau eines multidimensionalen Würfels leicht Fehler entstehen, wenn die Modellierung zu ungenau ist²⁸.

2.2 Datenmodellierung

Die Generierung von Datenmodellen für betriebliche Informationssysteme nimmt einen breiten Raum in Veröffentlichungen aus dem Bereich der Wirtschaftsinformatik ein. Aber auch andere Fachrichtungen der Betriebswirtschaftslehre beschäftigen sich intensiv mit der Modellierung von geeigneten Datenstrukturen für ihre Anwendungsgebiete, wie z.B. für die Kostenrechnung²⁹. Unter einem Datenmodell wird hier *„ein strukturiertes Abbild der Daten eines fest abgegrenzten Teils der wahrgenommenen Realität, die für eine bestimmte Anwendung bzw. für bestimmte Anwender relevant sind, einschließlich der zwischen ihnen bestehenden Beziehungen“*³⁰ verstanden. Datenmodelle dienen hauptsächlich zur Unterstützung bei Entwurf und Implementierung von Informationssystemen sowie als Instrument des Informationsmanagements für die Ermittlung

²⁶ Ob diese Berechnung schon zum Übernahmezeit oder erst zum Aufrufzeitpunkt erfolgt, ist implementierungsabhängig. Viele OLAP-Tools erzeugen generieren Verdichtungshierarchien allerdings automatisch schon bei der Datenübernahme.

²⁷ Thomsen 1997, S. 91.

²⁸ Thomsen 1997, S. 98 f.

²⁹ Eine Übersicht über die Ansätze zur Modellierung von Kosteninformationssystemen gibt SCHMITZ (Schmitz 1997, S. 175 ff).

³⁰ Definition von MAIER (Maier 1996, S. 19) in Erweiterung der Definition von FALKENBERG (Falkenberg 1991, Paragraphen 191, 388).

von Informationsangebot und -nachfrage sowie zur Strukturierung und Dokumentation von betrieblichen Zusammenhängen³¹. Aus Sicht des Controlling bildet ein adäquates Datenmodell eine wichtige informationstechnische Anforderung für ein DV-gestütztes Controlling³². Bei der Modellierung eines Informationssystems sollte allerdings auch immer dessen spätere Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden³³.

Die Modellierung von Daten kann in drei Ebenen differenziert werden (siehe Abb. 3). Auf der semantischen wird die Bedeutung der handelnden Personen, ihrer Verpflichtungen, Rollen, Handlungen und Mitteilungen interpretiert³⁴. Betriebswirtschaftlich gesehen werden die Geschäftsprozesse auf fachlicher Ebene abgebildet. Semantische Datenmodelle erlauben, die relevanten Sachverhalte der realen Welt ohne Informationsverlust abzubilden³⁵. Auf logischer Ebene werden die semantischen Begriffe umformuliert, so daß sie formalen, logischen Anforderungen von konkreten Datenmodellen bzw. Datenbanksystemen genügen. Hier kann es zu Informationsverlusten kommen, die hinsichtlich des Anwendungszwecks genau abgewogen werden müssen. Semantisches und logisches Modell bilden zusammen das konzeptionelle³⁶ Schema, das ein Verzeichnis der relevanten Informationsobjekte und der zwischen ihnen bestehenden Beziehungen eines Unternehmens ist³⁷. Auf physischer Ebene werden die eindeutigen Konstrukte z.B. programmiersprachlich für die verwendeten Produkte umgesetzt bzw. implementiert³⁸.

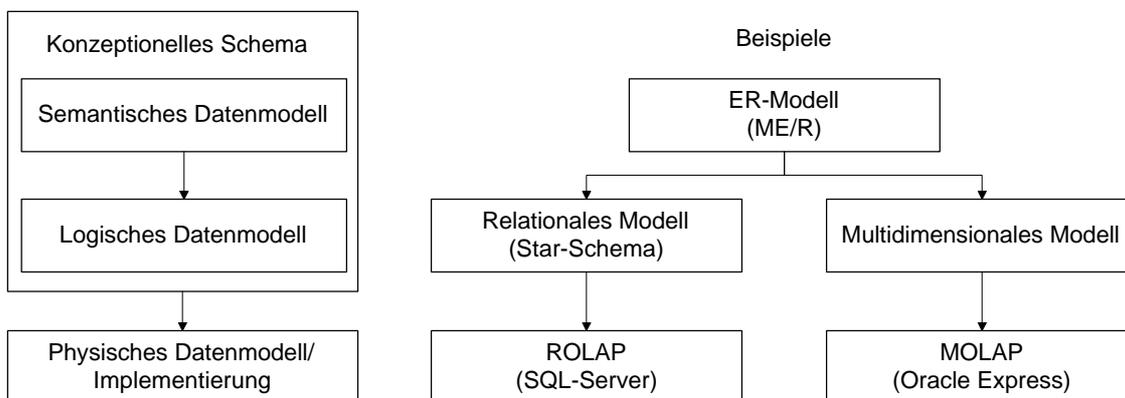


Abb. 3 Modellierungs-/Implementierungsebenen³⁹

³¹ Hars 1994, S. VII.

³² Reichmann 1997, S. 543.

³³ Huch 1992, S. 21.

³⁴ Biskup 1996, S. 46 ff.

³⁵ Behme/Ohlendorf 1994, S. 119.

³⁶ Synonym wird auch der Begriff konzeptuelles Schema benutzt.

³⁷ Fischer 1992, S. 72 f.

³⁸ SCHEER unterscheidet die Modellierungsebenen im Rahmen der Architektur integrierter Informationssysteme in Fachkonzept, DV-Konzept und Implementierung (Scheer 1995, S. 14 ff).

³⁹ Zu den Phasen der Datenmodellierung siehe z.B. Fischer 1992, S. 75 und Thomsen 1997, S. 460.

Die Trennung von logischem und semantischen Datenmodell ist bei der Modellierung von OLAP-Lösungen unter Umständen überflüssig, da „echte“ multidimensionale Datenbanksysteme standardmäßig in der Lage sind, semantische multidimensionale Konstrukte direkt zu implementieren. Gewisse Besonderheiten, wie z.B. die Modellierung von Kennzahlen in Form einer Kennzahlendimension oder jeweils als eigene Variable, lassen sich ohne Informationsverlust auch schon auf der semantischen Ebene berücksichtigen. Daher ist in Abb. 3 auch keine Beispielnotation auf der logischen Ebene für das multidimensionale Modell angegeben. Anders sieht es hingegen für die Umsetzung in relationale OLAP-Lösungen aus. Die semantischen Modellierungskonstrukte müssen auf der logischen Ebene geeignet umformuliert werden, damit sie in relationalen Datenbanksysteme abgebildet werden können. Als ein brauchbares logisches Modell hat sich hier in der Praxis das Star-Schema mit seinen Abkömmlingen etabliert. Zur Berücksichtigung der besonderen Belange bei der relationalen Modellierung wurde in den folgenden Abschnitten bei der konzeptionellen Modellierung in semantisch und logisch differenziert.

2.2.1 Ansätze auf Basis des Entity-Relationship-Modells

Im Bereich der semantischen Datenmodellierung hat sich das Entity Relationship Model (ERM) von CHEN⁴⁰ als Standard durchgesetzt⁴¹. Die Grundtypen der klassischen Form, wie Entitäten, Attribute und Beziehungen wurden im Laufe der Zeit um Konstrukte für die Abbildung von komplexeren Sachverhalten erweitert. Hierzu zählen z.B. Elemente für die Generalisierung und Spezialisierung oder für Aggregationen⁴². Diskutiert wird zur Zeit die Eignung des ER-Modells zur Modellierung von multidimensionalen Datenstrukturen. Die Meinungen differieren hier stark. Schwierigkeiten gibt es z.B. bei der Abbildung von Dimensionshierarchien⁴³, von datenstrukturinhärenten Regeln⁴⁴ oder auswertungsbezogenen Funktionen und Sichten. Einige Autoren sehen keine Notwendigkeit, das ER-Modell um neue Konstrukte zu erweitern, sondern modifizieren nur die Anordnung der Notationselemente⁴⁵. Ein zweite Gruppe von Veröffentlichungen behandelt die Erweiterung des ER-Modells um spezielle multidimensionale Notationselemente⁴⁶. Eine dritte Gruppe schließlich hält das ER-Modell für nicht ausreichend und benutzt objektorientierte Ansätze⁴⁷ oder generiert völlig neue Notationen⁴⁸. Im folgenden wird eine kurze Auflistung von ausgewählten Veröffentlichungen gegeben. Zunächst werden Ansätze aus dem ER-Bereich betrachtet:

⁴⁰ Chen 1976, S. 9 ff.

⁴¹ Mertens et al. 1995, S. 159.

⁴² Einen Überblick über die Erweiterungen gibt z.B. Biskup 1995, S. 51 ff.

⁴³ Gabriel/Gluchowski 1997, S. 30.

⁴⁴ Holthuis 1998, S. 136.

⁴⁵ Z.B. Altenpohl et al.

⁴⁶ Z.B. das bayrische Forschungszentrum für wissensbasierte Systeme (Sapia 1998, o. S.)

⁴⁷ Z.B. Holthuis 1998, S. 164 ff.

⁴⁸ Z.B. Bulos 1996, S. 33 ff.

Multidimensionales Entity-Relationship-Modell

Das multidimensionale Entity-Relationship-Modell (ME/RM) ist eine Modellierungsnotation, die von SAPIA in der Forschungsgruppe Wissensbasen des bayrischen Forschungszentrums für wissensbasierte Systeme im Rahmen des Projekts System 42 benutzt wird⁴⁹. Die Notation orientiert sich am ER-Modell und wird um die drei neuen Notationselemente *Faktenrelation*, *Dimensionsebene* und *hierarchische Beziehung* ergänzt. Bei Faktenrelation und hierarchischer Beziehung handelt sich um spezialisierte Beziehungstypen. Dimensionsebenen sind eine besondere Ausprägung von Entitäten. Grundsätzlich wurde für die Notation das Prinzip der Minimalität angewendet, so daß Notationselemente so sparsam wie möglich benutzt werden. Daher gibt es auch keine Elemente für bestimmte Dimensionstypen oder -elemente. Ebenso werden normale und hierarchische Beziehung nicht durch das traditionelle Rautensymbol dargestellt, sondern werden vom Verbindungselement impliziert.

Modifizierte Objekttypenmethode

RAUTENSTRAUCH modifiziert für die Modellierung von Data Warehouses die Objekttypenmethode (OTM) nach ORTNER. Primäres Ziel der OTM ist die formale Begriffsbildung⁵⁰. Für die multidimensionale Modellierung werden die Sprachkonstrukte *Objekttyp*, der synonym für Entitätstyp benutzt wird⁵¹, *Konnexion*, also ein Beziehungstyp für die Verbindung von Objekten sowie *Aggregation* benutzt. Neu eingeführt wird ein komplexer Objekttyp, der Dimensionselemente, die in einer hierarchischen Beziehung zueinander stehen, zusammenfaßt. Ebenso wie beim ME/RM gibt es keine besonderen Symbole für bestimmte Dimensionstypen; im Gegensatz dazu allerdings auch kein Symbol für eine zentrale Faktentabelle. Der Aufbau der Modelle orientiert sich an Star-, Snowflake und Galaxy-Schema. Für die Modellierung von Integritätsregeln schlägt RAUTENSTRAUCH die Verwendung der Event-Condition-Activity-Regeln nach DAYAL, BUCHMANN und MCCARTY vor⁵².

Datenmodellierung Data Warehouse – ein Lösungsvorschlag mittels ER-Modellierung

Dieser Modellierungsansatz wurde von der Arbeitsgruppe Enterprise Modelling des Guide/Share Europe erstellt. ALTENPOHL ET AL. benutzen für ihre Modelle ausschließlich Entitäts- und Beziehungstypen, wobei ähnlich wie beim ME/R-Ansatz das Rautensymbol nicht verwendet wird, sondern Beziehungen zwischen Entitäten durch eine beidseitige Pfeilnotation impliziert werden⁵³. Das Modell konzentriert sich auf die logischen Belange von Star- und Snowflake-Schema, wobei die Modellierung von Dimensionshierarchien und zentraler Faktenentität im Vordergrund steht. Aussagen zu Dimensionstypen oder Formeln werden wie bei den vorher genannten Ansätzen nicht getroffen.

⁴⁹ Sapia 1998, o. S.

⁵⁰ Ortner 1983, S. 18.

⁵¹ Rautenstrauch 1997, S. 7 ff. Aufgrund der Gleichsetzung von Objekttyp mit Entitätstyp wird dieser Ansatz bei den ER-Modellen eingeordnet.

⁵² Dayal/Buchmann/McCarty 1988, S. 129 ff.

⁵³ Altenpohl et al. 1997, S. 8 ff.

Transformationen von ERM in logische Modelle

Weitere Veröffentlichungen beschäftigen sich mit der Überleitung von normalisierten ER-Modellen⁵⁴ in logische Modelle, die sich an Star- oder Snowflake-Schema orientieren. KIMBALL stellt das Dimensional Modeling (DM) als logische Modellierungsmethode vor. Vorausgesetzt wird dabei ein normalisiertes ER-Diagramm, das in mehrere an das Star-Schema angelehnte DM-Diagramme konvertiert wird⁵⁵. Eine ähnliche Vorgehensweise wählen auch GOLFARELLI/MAIO/RIZZI mit ihrem Dimensional Fact (DF) Model, das das konzeptionelle Design in mehrere Schritte zur formalisierten Generierung eines Faktenschemas (wiederum Star-Schema) unterteilt⁵⁶.

2.2.2 Ansätze auf Basis des objektorientierten Modells

Mit dem objektorientierten Modell wird versucht, eine Durchgängigkeit über die verschiedenen Phasen der Softwareentwicklung zu erreichen. Die Trennung zwischen semantischem, logischem und physikalischem Modell ist daher weniger scharf bzw. nicht mehr vorhanden. Um die Vorzüge des objektorientierten Modells wie z.B. Klassenkonzept, Kapselung, multiple Vererbung oder Überladen voll auszuschöpfen, müssen multidimensionale Anwendungen nicht nur objektorientiert modelliert, sondern auch objektorientiert implementiert werden.

Anwendung der Object-Oriented Analysis

Die Benutzung der Object-Oriented Analysis (OOA) nach COAD/YOURDON⁵⁷ wird von OHLENDORF für die grafische Modellierung von Data-Warehouse-Systemen vorgeschlagen. Zentrales Element des Ansatzes ist eine Klasse *Würfelfeld*, deren Instanzen mit den für sie relevanten Dimensionen in Verbindung stehen. Ausprägungen der Klasse *Würfelfeld* stehen mit Ausprägungen der Klasse *Kenngroße* über eine Klasse *Atom-Datum* in Verbindung, so daß die semantische Objektidentifikation für jedes atomare multidimensionale Objekt in der Datenbank gegeben ist⁵⁸. Für die Implementierung in objektorientierte Datenbanksysteme wird ein konkretes Beispiel für die Verknüpfung der verschiedenen Instanzen über Objektidentifikatoren angegeben, um damit die Realisierbarkeit des Ansatzes zu zeigen.

Anwendung der Object Modeling Technique

HOLTHUIS unterscheidet in seinem Modellierungsansatz grundsätzlich zwischen Makro- und Mikrosichten⁵⁹. Ähnlich wie innerhalb der Architektur integrierter Informationssysteme

⁵⁴ Gemeint ist hier die 3. Normalform (siehe z.B. Biskup 1995, S. 406). Inzwischen wurde von LEHNER, ALBRECHT und WEDEKIND eine multidimensionale Normalform vorgestellt, durch deren Anwendung die durchgängige Aggregierbarkeit sichergestellt und dünnbesetzte Würfel vermieden werden sollen (Lehner/Albrecht/Wedekind. 1998, o. S.).

⁵⁵ Kimball 1997, o. S.

⁵⁶ Golfarelli/Maio/Rizzi 1998, o. S.

⁵⁷ Coad/Yourdon 1990.

⁵⁸ Ohlendorf 1997, S. 223.

⁵⁹ Holthuis 1998, S. 135 ff.

steme (ARIS) von SCHEER⁶⁰ werden Makrosichten nach Daten-, Funktions-, Organisations- und Geschäftsprozeßsicht differenziert. Die Mikrosichten sind ein Unterpunkt der Datensicht und dienen zur Definition von statischen Strukturen, Funktionen und Verhalten. HOLTHUIS wählt für seinen Ansatz die Object Modeling Technique (OMT) von RUMBAUGH ET AL.⁶¹. Benutzt werden Objektklassen und Klassenhierarchien zur Modellierung von Dimensionen mit Ebenen und Verdichtungsstufen, die sich direkt der Mikro-Modellierungssicht zuordnen lassen. Zustandsdiagramme und funktionale Modelle dienen zur Abbildung von Mikro-Prozeß- und Mikro-Funktionssicht. Kennzahlen gehören der Makro-Datensicht an, deren Modellierung allerdings nicht näher beschrieben wird.

Anwendung der Unified Modeling Language

Einen Ansatz für eine sichtenspezifische Modellierung mit der Unified Modeling Language (UML) verfolgt TOTOK⁶². Die UML ist eine Verschmelzung der objektorientierten Modellierungskonstrukte von BOOCH, JACOBSEN und RUMBAUGH⁶³. Benutzt wird die Anwendungsfallsicht zur Beschreibung der Interaktion des Anwenders mit dem System. Die logische Sicht der UML sollte als konzeptionelle Sicht bezeichnet werden, da sowohl semantische als auch logische Aspekte beschrieben werden können⁶⁴. Entworfen wird ein Klassenmodell für betriebswirtschaftliche Variablen und Dimensionen jeweils mit den entsprechenden Funktionen zur Verwaltung der später zu erzeugenden Objekte. Spezielle Dimensionstypen, wie z.B. der sequentielle Typ, bilden Unterklassen, die ihre Eigenschaften einer übergeordneten Dimensionsklassen erben.

Es gibt weitere grafische Modellierungsansätze, die sich nicht direkt auf bestehende Modelle beziehen, wie z.B. von HAHNE/SCHHELP⁶⁵ oder THOMSEN⁶⁶; auch das im folgenden Abschnitt vorgestellte ADAPT gehört zu dieser Kategorie.

2.2.3 Application Design for Analytical Processing Technologies

Das Application Design for Analytical Processing Technologies (ADAPT) ist eine von BULOS für die multidimensionale Datenstrukturierung entwickelte grafische Modellierungsnotation, die ihren Ursprung in der Unternehmensberatungspraxis hat⁶⁷. ADAPT ist als konzeptionelle Notation einzuordnen, da es sowohl semantische als logische Aspekte umfaßt. Motiviert wird die Entwicklung einer neuen Notation durch die Unzu-

⁶⁰ Scheer 1995, S. 11 ff.

⁶¹ Rumbaugh et al. 1991.

⁶² Totok 1998a, o. S.

⁶³ Die Spezifikation der Version 1.1 ist im Internet abrufbar (Booch/Jacobsen/Rumbaugh 1998, o. S.). Eine Veröffentlichung als Buch erscheint im Oktober 1998. Die UML wurde im November 1997 von der Object Management Group in die Object Management Architecture aufgenommen.

⁶⁴ In anglo-amerikanischen Veröffentlichungen wird im Allgemeinen weniger stark zwischen den Modellierungsebenen differenziert als in deutschsprachigen Veröffentlichungen.

⁶⁵ Hahne/Schelp 1997, S. 25 ff.

⁶⁶ Thomsen 1997, S. 236 ff und S. 447 ff.

⁶⁷ ADAPT hat inzwischen einige Reaktionen in wissenschaftlichen Veröffentlichungen erfahren. Die Erstveröffentlichung von BULOS (Bulos 1996) wurde z.B. in Chamoni/Gluchowski (Hrsg.): Analytische Informationssysteme, Berlin et al. (Springer) 1998 nachgedruckt.

länglichkeit traditioneller Modellierungstechniken⁶⁸. Hierzu wird angeführt, daß in Entity-Relationship-Modellen keine Möglichkeit besteht, die Verarbeitungslogik für Analyseprozesse abzubilden. Mit Datenflußdiagrammen können zwar dynamische Aspekte berücksichtigt werden, sie reichen allerdings für Darstellung von Berechnungen nicht aus. Benötigt wird eine Modellierungstechnik, die die Verarbeitungslogik, die in Form von Berechnungsvorschriften bzw. Modellen im Datenbanksystem angesiedelt ist, für Analyseprozesse in Beziehung zu multidimensionalen Datenstrukturen darstellen kann. Mit dieser Anforderung wird allerdings auch ein Kritikpunkt an ADAPT deutlich. Durch die Einbeziehung von Implementierungsgesichtspunkten in die semantische Modellierungsebene, wie die Interaktion von Client und Server in einer OLAP-Umgebung, werden die Modellierungsebenen vertikal miteinander vermengt. Diese Vermischung entsteht durch die Tatsache, daß schon die Modellierung auf der semantischen Ebene einen starken Einfluß auf die Performanz des späteren Systems hat⁶⁹. Im Gegensatz dazu unterscheidet Bulos horizontal zwischen getrennten Ansichten für Hyperwürfel auf der einen und Dimensionen auf der anderen Seite. Diese Trennung erscheint dann sinnvoll, wenn die Kennzahlen ungleich dimensioniert sind.

2.2.3.1 Kernelemente

Die grundsätzlichen Notationselemente von ADAPT entsprechen den vorher genannten semantischen Elementen von multidimensionalen Modellen: *Variable* bzw. *Würfel*, *Dimension* und *Formel*. Eine Übersicht über die Kernelemente gibt Abb. 4.

Der *Datenwürfel* ist das zentrale Element der Notation. Für jede Variable kann ein eigenes Würfelsymbol benutzt werden in dessen unteren Bereich alle relevanten Dimensionen eingetragen werden. Gleichdimensionierte Variable können auch in einem gemeinsamen Würfel modelliert werden, der dann eine Kennzahlendimension besitzt. Abb. 6 zeigt zur Verdeutlichung von ADAPT beispielhaft eine Vertriebsergebnisrechnung. Die relevanten Kennzahlen werden als gemeinsamer Würfel modelliert, da sie alle gleichdimensioniert sind. Dadurch ist es auch möglich, Würfel und Dimensionen in einer Sicht darzustellen⁷⁰.

Dimensionen legen die Struktur der Daten fest. Dabei bildet eine Menge von Elementen mit gleichartigen Charakteristika eine Dimension. Diese Dimensionselemente bilden implementierungstechnisch gesehen einen Index, mit dem einzelne Werte im Datenwürfel angesprochen werden können. Neben der Kennzahlendimension besitzt der Würfel in Abb. 6 Artikel-, Szenario-, Vertriebsweg- und Zeitdimension.

⁶⁸ Bulos 1996, S. 34.

⁶⁹ So gibt ein OLAP-Produkt bei dem man durch die Reihenfolge der zu einer Variable gehörenden Dimensionen, deren Relevanz für Analysen festlegt. Dies resultiert wahrscheinlich daraus, daß auf der erstgenannten Dimension der Primärindex erstellt wird. Die Reihenfolge sollte also spätestens bei der logischen Modellierung berücksichtigt werden, damit häufig für Analysen benutzte Dimensionen zuerst genannt werden und der Zugriff dementsprechend performant ist.

⁷⁰ BULOS trennt in seinem Artikel die Würfel- und Dimensionssichten voneinander. Nur im Beispiel für einen Würfelausschnitt führt er die Sichten zusammen (Bulos 1996, S. 37). GABRIEL/GLUCHOWKI wählen für ihr Beispiel auch eine kombinierte Darstellung (Gabriel/Gluchowski 1997, S. 31).

Formeln sind der wesentliche Bestandteil eines OLAP-Systems. Mit Hilfe von Berechnungsvorschriften werden für Auswertungszwecke benötigte Daten berechnet. Gerade mit Hilfe von Formeln wird die oft genannte „Business Intelligence“ abgebildet.

Zusätzlich führt BULOS bei den Kernelementen ein Symbol für *Datenquelle* ein, mit dem man die Datenherkunft beschreiben kann.

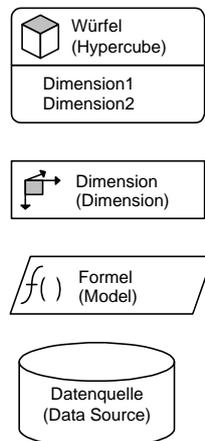


Abb. 4 Kernelemente

Der Schwerpunkt der ADAPT-Notation liegt auf der Beschreibung der Dimensionsstrukturen, was durch die vielfältigen, im folgenden beschriebenen Symbole deutlich wird.

2.2.3.2 Dimensionstypen

Dimensionstypen dienen zur grundsätzlichen Klassifizierung von Dimensionen.

Aggregierende Dimensionen besitzen immer mindestens eine Hierarchie. Durch Dimensionshierarchien werden Konsolidierungswege dargestellt. Die einzelnen Ebenen einer Hierarchie werden dabei nicht der Dimension angegliedert, sondern direkt der Hierarchie zugeordnet. Diese Modellierungsvorschrift ist wichtig für Fälle, bei denen mehrere Hierarchien für eine Dimension bestehen oder eine Hierarchie nicht für alle Dimensionselemente gilt.⁷¹

Die Elemente einer *partitionierenden* bzw. *Szenariodimension*⁷² repräsentieren verschiedene Varianten von Daten. Entscheidend ist hierbei, daß so Vergleiche zwischen den Dimensionselementen durchgeführt werden können. Die Szenariodimension ist eine nicht-hierarchische Dimension. Ein Beispiel hierfür ist eine Dimension, die Ist-Werte, Budgetwerte und Vorausschauwerte enthält.

Ähnlich uneinheitlich wie bei Variablen wird der Begriff *Measure* in Verbindung mit der *Kennzahlendimension* gebraucht. So wird eine *Measure Dimension* einerseits als Maßgrößendimension andererseits als Kennzahlendimension übersetzt. BULOS definiert

⁷¹ Bulos 1996, S. 256

⁷² Szenario ist ein Synonym für Version.

seine *Measure Dimension* im Sinne einer Dimension für Maßgrößen, die wert- oder mengenmäßig erfaßt werden können, wie z.B. Absatz in Stück oder in DM. Die *Measure Dimension* soll hier aus Gründen der Praktikabilität allerdings vorwiegend für Kennzahlen benutzt werden.

Horizontale Reihenfolgebeziehungen der Elemente innerhalb einer Dimensionsebene lassen sich durch den *sequentiellen Dimensionstyp* ausdrücken. Beispiel ist die Zeitdimension, innerhalb derer die Reihenfolge von Jahren oder Monaten logisch vorgegeben ist.

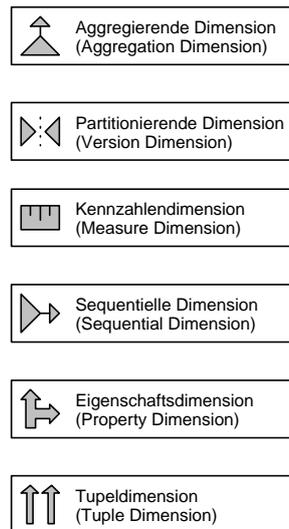


Abb. 5 Dimensionstypen

Eigenschaftsdimensionen ergänzen Dimensionselemente von aggregierenden oder sequentiellen Dimensionen um Attribute, nach denen zusätzlich analysiert werden kann. So lassen sich Automodelle neben ihrer Zuordnung zu Marken auch bestimmten Segmenten zuordnen, was sich durch eine Eigenschaftsdimension modellieren ließe⁷³.

Tupeldimensionen kombinieren Elemente aus zwei anderen Dimensionen miteinander und bilden dadurch eine neue Dimension. Die Bildung von Tupeldimensionen kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn bestimmte Dimensionskombination für bestimmte Variable überhaupt nicht auftreten. Im Automobilbereich werden z.B. für bestimmte Modelle auch nur bestimmte Farben angeboten. Würde man die Dimension aller vom Unternehmen angebotenen Farben mit der Dimension aller Modelle für eine Variable kombinieren, so wäre der resultierende Würfel nur dünnbesiedelt. Durch die Bildung von Tupeln in einer neuen Dimension kann man die Besetzung des resultierenden Würfels optimieren.

Dimensionen lassen sich nicht immer eindeutig klassifizieren. Die sequentielle Zeitdimension besitzt eine aggregierende hierarchische Beziehungen zwischen ihren Ebenen.

⁷³ Möglich ist allerdings auch die Darstellung in Form einer parallelen Verdichtungshierarchie wie in Abb. 10 gezeigt wird.

Aggregierende Dimensionen können neben Hierarchien auch weitere Elemente enthalten und damit einen partitionierenden Charakter erhalten.

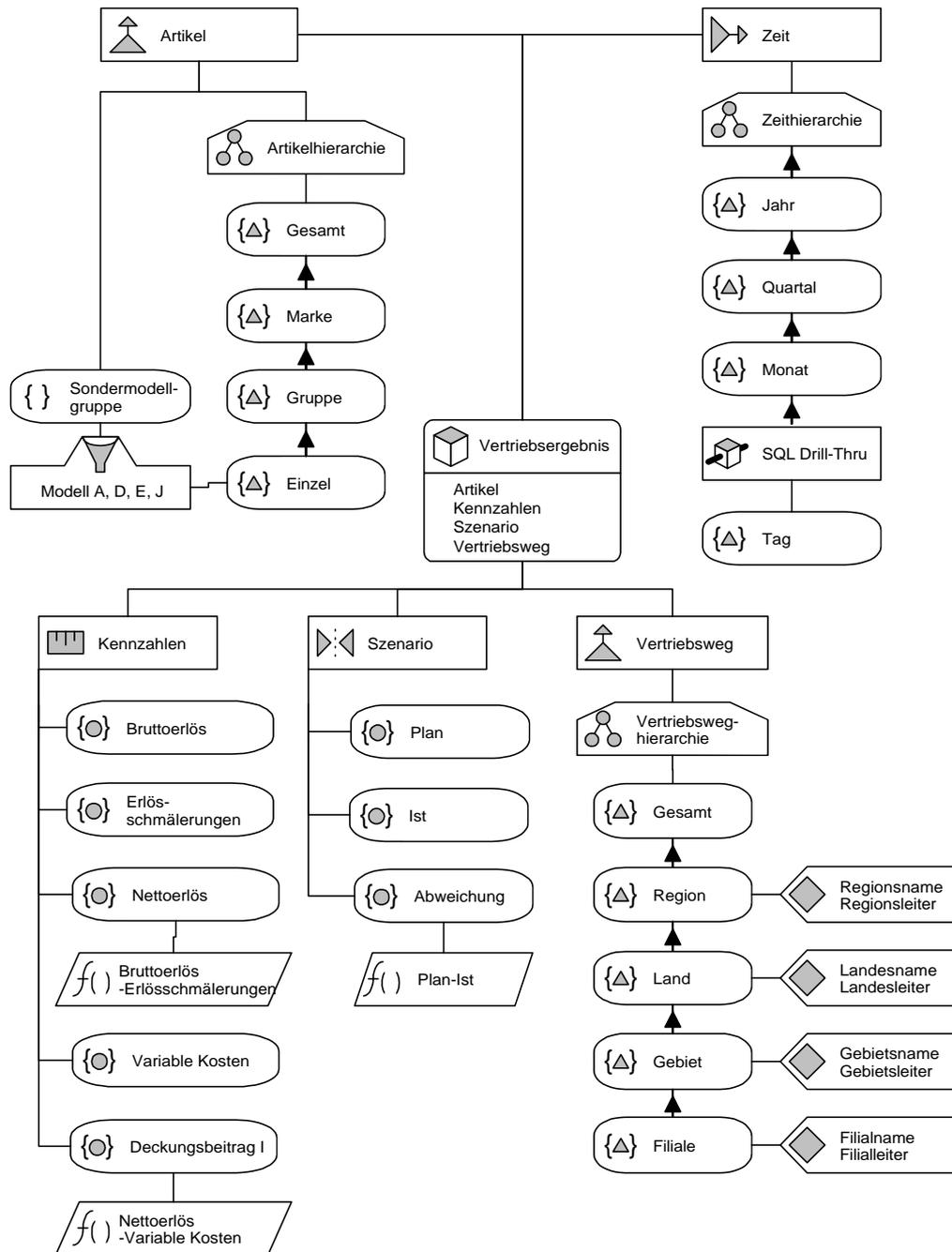


Abb. 6 Beispiel für eine Vertriebsergebnisrechnung mit ADAPT

2.2.3.3 Dimensionselemente

Dimensionselemente sind die Einzelbestandteile einer Dimension. Die wichtigsten Dimensionselemente sind *Hierarchien*, die die Konsolidierungswege festlegen. Entweder können hierbei mehrere untergeordnete Werte zu einem in der Hierarchie höher liegenden Wert aggregiert werden oder ein aggregierter Wert kann Einzelwerten zugeordnet werden. Hierarchien bestehen aus unterschiedlichen Hierarchieebenen. Hierbei enthält

die oberste Ebene die Daten mit der höchsten Granularität; in der untersten Ebene sind die detailliertesten Daten in der OLAP-Datenbank angeordnet.

Eine *Hierarchieebene* beschreibt die Position eines Dimensionselements innerhalb einer Hierarchie⁷⁴. Dabei sollte jede Hierarchiestufe so benannt werden, daß alle Elemente dieser Stufe entsprechend charakterisiert werden. Als Beispiele sind hier die Hierarchiestufen Einzelprodukte und Produktgruppen einer Artikeldimension zu nennen.

Partitionierende Dimensionen besitzen dagegen *Dimensionswerte*, die in keinem hierarchischen Zusammenhang stehen wie bei einer Szenariodimension mit Plan und Ist.

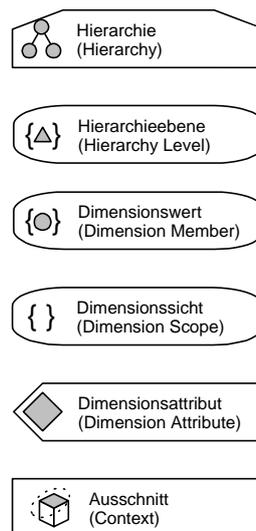


Abb. 7 Dimensionselemente

Mit *Dimensionssichten* lassen sich alternative Blickwinkel auf Dimensionswerte oder Hierarchiestufen definieren. Die Sondermodellgruppe aus dem Beispiel stellt nur eine alternative Sicht auf die Einzelartikel dar und ist nicht in die Artikelhierarchie eingebunden.

Mit *Dimensionsattributen* lassen sich andere Dimensionselemente näher beschreiben. Filialname und -leiter sind ergänzende Beschreibungen für jede Filiale.

Die Kombination von Sichten aus ausgewählten Dimensionen ergibt bildlich gesehen einen neuen kleineren evtl. auch minderdimensionierten Würfel, der sich in der Notation als *Ausschnitt* (des größeren Ursprungswürfels) darstellen läßt. Dimensionsausschnitte beschreiben daher Teilmengen des Wertebereichs einer Dimension, die in einem logischen Zusammenhang stehen. In der Praxis werden bei Analysen eine Vielzahl von Dimensionssichten und Würfelausschnitten gebildet. Es sollten mit ADAPT nur die wichtigsten oder immer wiederkehrenden Ausschnitte modelliert werden.

⁷⁴ Zusammenhängende Hierarchieebenen werden im Unterschied zu BULOS (Bulos 1996, S. 36) hier direkt durch Linien mit einem Pfeil in Aggregationsrichtung miteinander verbunden. Diese Möglichkeit wird in der Visio-Schablone von ADAPT angeboten und ist sinnvoller, da dies besser der Semantik von Verdichtungsstufen entspricht.

2.2.3.4 Beziehungstypen

Mit Beziehungstypen können Abhängigkeiten der Dimensionen untereinander dargestellt werden. Die *Dimensionsbeziehung* wird im Prinzip analog zum Beziehungstyp in ER-Modellen definiert. Kardinalitäten können mit Hilfe der 1-zu-n- oder der Krähenfußnotation dargestellt werden. In Abb. 10 wird als Beispiel die Beziehung zwischen Produkten und Märkten gezeigt. Bestimmte Produkte werden auch nur auf bestimmten Märkten vertrieben. Gibt es nur wenige Kombinationen zwischen zwei Dimensionen, so deutet dies auf einen später dünn besetzten Würfel hin. Die Analyse von Abhängigkeiten zwischen Dimensionen kann frühzeitig Hinweise für die Implementierung liefern: gegebenenfalls kann aus der genauen Betrachtung einer Beziehung aufgrund einer prognostizierten dünnen Besiedlung die Bildung einer Tupeldimension resultieren.

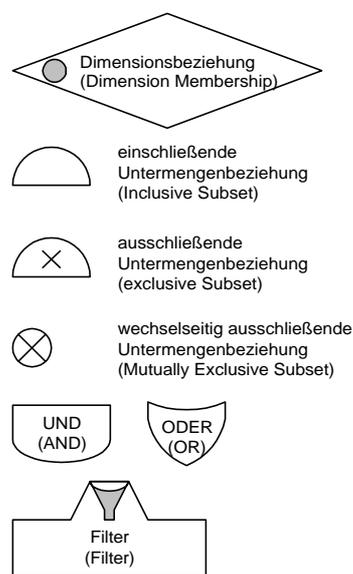


Abb. 8 Beziehungstypen

Mit Hilfe von drei Symbolen lassen sich *Untermengen- und Teilmengenbeziehungen* modellieren. Eine wechselseitig ausschließende Teilmengenbeziehung liegt dann vor, wenn zwei Mengen eine gemeinsame Obermenge besitzen, ihre Elemente aber disjunkt sind. Für logische Verknüpfungen gibt es *UND* und *ODER*.

Das *Filterelement* wird hier auch unter Beziehungstypen aufgeführt. Es stellt eine Beziehung innerhalb einer Dimension intern dar und dient zur Definition von Auswahlkriterien für Dimensionssichten wie bei der Sondermodellgruppe in Abb. 6.

2.2.3.5 Weitere Elemente

Werden detailliertere Daten benötigt als im Würfel vorhanden sind, so kann ein *SQL-Durchgriff* notwendig sein. Die benötigten Daten liegen hierbei nicht in der OLAP-Datenbank vor. Somit muß von der OLAP-Datenbank mittels einer SQL-Anfrage auf Daten aus den operativen Systemen bzw. auf Daten aus einem relationalen Data Warehouse zugegriffen werden. Hierarchien sind also notwendig, um aggregierende Berechnungen aufzuzeigen; sie werden aber auch als Navigationshilfe im Datenwürfel benötigt. Erst nach der Einrichtung von Hierarchien stehen dem Anwender nämlich Drill-

Down- bzw. Drill-Up-Funktionalitäten zur Verfügung. Aufgrund dieser Verwendungsmöglichkeiten von Hierarchien enthalten OLAP-Produkte schon vordefinierte Funktionen zur Datennavigation und Datenaggregation in Hierarchien.

Mit Hilfe von Symbolen für *Tabellenkalkulationsprogramme*, *Relationale Datenbankmanagementsysteme* oder für eine *interaktive Verbindung* können weitere physikalische Aspekte beschrieben werden. Tabellenkalkulationsprogramme und relationale Datenbanksysteme können dabei sowohl Input- als auch Output-Daten enthalten. Mit *Bericht* können periodische Standardanalysen angegeben werden, die normalerweise ausgedruckt werden.

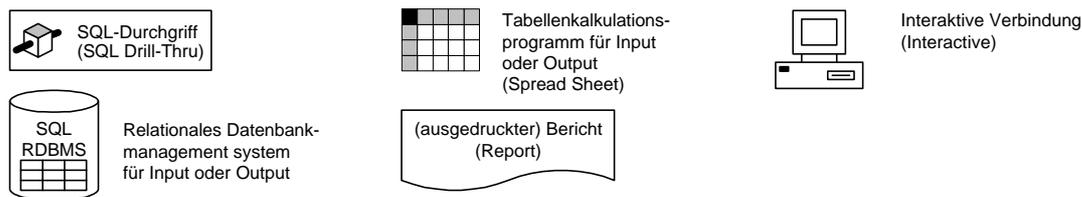


Abb. 9 Weitere Elemente

2.3 Vorgehensmodell

Um ein OLAP-System aufzubauen, ist eine intensive Planung notwendig. Daher sollte das System vor der Implementierung zuerst grundlegend modelliert werden. Um eine effiziente Projektabwicklung zu erreichen, ist ein phasenweises Top-Down-Vorgehen sinnvoll. Die zu erarbeitenden Ergebnisse und Aktivitäten der Projektphasen sind flexibel zu definieren und müssen überwacht werden. Es ist sinnvoll, am Ende jeder Phase den Projektfortschritt zu überprüfen und gegebenenfalls ein Konzeptreview einzuleiten⁷⁵. Durch diese Strukturierung erleichtert sich die Planung und Überwachung des Gesamtprojektes. Das hier benutzte Phasenmodell gliedert sich in die Teile:

- Anforderungsanalyse
- Konzeptionelle Modellierung
- Physisches Modell/Implementierung

2.3.1 Anforderungsanalyse

Im Vorfeld der Anwendungsentwicklung stellen sich unter anderem die nachstehenden Fragen⁷⁶:

- Wer benutzt die Anwendung?
- Welche Probleme sollen gelöst bzw. Fragen beantwortet werden?
- Welche Daten benötigt die Anwendung und in welchem Detaillierungsgrad?
- Wie sollen die Daten strukturiert sein?

⁷⁵ Bei Anwendung einer objektorientierten Methode sollen die einzelnen Phasen der Softwareentwicklung fast stufenlos ineinander übergehen, um Strukturbrüche zu vermeiden.

⁷⁶ Oracle 1996, S. 27 ff; Menninger 1996, o. S.

- Wie arbeitet der Anwender mit der Anwendung?
- Welche Schnittstellen werden benötigt?
- Werden zukünftige Veränderungen benötigt?

Um diese Fragen zu beantworten, ist im Rahmen der Ist-Analyse zunächst eine *Tätigkeitsanalyse* durchzuführen. Bei dieser muß geklärt werden, welche Analysen der Anwender standardmäßig mit welchen betriebswirtschaftlichen Größen vornimmt. Außerdem sind die Analyserichtungen zu dokumentieren, nach denen die relevanten Größen untersucht werden. Im Anschluß an die Tätigkeitsanalyse sollte die Untersuchung *Systemlandschaft* erfolgen. Hierbei sind die bisher bestehenden Datenflüsse und deren Datenquellen zu beschreiben. Das Ergebnis dieser Phase ist ein grobes Sollkonzept, das aufzeigt, wie das vorliegende Problem zu lösen ist.

2.3.2 Konzeptionelle Modellierung

Das konzeptionelle Modell dient zur Begriffsklärung, zur Informationsbedarfsanalyse, zur Dokumentation und zur Datendefinition⁷⁷. Es dient dabei als Diskussionsgrundlage zwischen Entwicklern und Mitarbeitern aus den Fachabteilungen. Die erarbeiteten Modelle sind außerdem als Vorgabe für Data Dictionaries oder Navigationshilfe für die Endanwender nutzbar. Allgemein sollten konzeptionelle Datenmodelle möglichst unabhängig von der physikalischen Implementierung sein. Dadurch behalten sie dauerhaft Gültigkeit und können auch im Falle von Tool- oder Releasewechseln wiederverwendet werden⁷⁸. Der Aufbau des konzeptionellen multidimensionalen Datenmodells kann mit Hilfe des folgenden Phasenschemas erfolgen⁷⁹:

1. Ermittlung aller benötigten Kennzahlen

Hierzu muß zunächst der *Gegenstandsbereich des Modells* abgesteckt werden. Entsprechend kann hier die Frage gestellt werden: „Welcher fachliche Problembereich soll abgedeckt werden?“ Dies ist im vorliegenden Fall das Marketing-Controlling bzw. das Produkterfolgscontrolling. Im weiteren sind die Erwartungen der Anwender an das System und die Fragen, die damit beantwortet werden sollen, zu spezifizieren. Dies geschieht, indem die Aspekte dokumentiert werden, welche durch das System abgedeckt werden sollen. Hier können die Ergebnisse der Anforderungsanalyse verwendet werden. Entscheidend sind die kritischen Erfolgsfaktoren des Unternehmens bzw. Bereiches, für den das System erstellt wird. Anhand dieser Informationen läßt sich dann der *Kennzahlenbedarf* festlegen, mit dem der Untersuchungsgegenstand am besten charakterisiert wird. Erschwerend kommt jedoch hinzu, daß in großen Unternehmen verschiedene betriebswirtschaftliche Begriffe oft semantisch unterschiedlich benutzt werden. Es ist daher notwendig, alle im Problembereich anfallenden Begriffe systematisch zu erfassen und zu beschreiben.

⁷⁷ Hars 1994, S. 29.

⁷⁸ Gabriel/Gluchowski 1997, S. 20.

⁷⁹ Gabriel/Gluchowski 1997, S. 22 ff.

Bei der *Bildung eines Begriffsstandards* sollte zuerst geklärt werden, was ein Begriff bedeutet, und ob es einen Konsens darüber gibt. In diesem Rahmen sind Unschärfen oder sogar Widersprüche der Begriffsbedeutung zu klären. Aus diesem Grund sind folgende Begriffsdefizite zu beseitigen⁸⁰.

- *Synonyme:*
Wörter, die dieselbe Bedeutung besitzen und somit austauschbar sind.
- *Homonyme:*
Wörter, die zwar gleich geschrieben werden, jedoch eine unterschiedliche Bedeutung haben.
- *Äquipollenzen:*
Dasselbe Objekt wird aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und unterschiedlich bezeichnet.
- *Vagheiten:*
Es existiert keine klare Begriffsabgrenzung.
- *Falsche Bezeichner:*
Eine Begriffsbedeutung hat sich mit der Zeit geändert.

Durch dieses Vorgehen entsteht ein einheitlicher Begriffspool durch den Anwendungsentwickler und Mitarbeiter aus den Fachabteilungen in die Lage versetzt werden, eindeutig mit einander zu kommunizieren. Anhand des Begriffspools kann sich der Entwickler außerdem schneller in das Fachproblem einarbeiten. Erst nach der eindeutigen Begriffsdefinition können die realen Gegebenheiten in ein semantisches Datenmodell überführt werden.

Bezeichnung:	Absatz
Abkürzung:	A
Maßeinheit:	Tausend Stück
Status:	Datum
Beschreibung:	Absatz umfaßt Liefermengen an Händler, Werksangehörige und Direktabnehmer ZP 8 heißt auslieferungsfähiger Zustand
Definition:	= Lagerbestand (Ist)+Produktion ZP8 (Ist)-Lagerbestand (Neu)
Datenherkunft:	Gesammelt aus operativen Systemen der Marken Excel-Format
Aktualisierung:	Täglich, 24.00 Uhr

Tab. 1 Datenblatt Absatz⁸¹

Die Sammlung der Kennzahlen muß systematisch erfolgen und sollte tabellarisch dargestellt werden. Tab. 1 zeigt beispielhaft die strukturierte Definition des Ab-

⁸⁰ Lehmann/Ellerau 1997, S. 85 f.

⁸¹ Struktur in Anlehnung an Gabriel/Gluchowski 1997, S. 23.

satzes. Der Begriff *Absatz* besitzt die systemweit eindeutige Abkürzung „A“ und wird generell in tausend Stück angegeben. Aus Sicht des OLAP-Systems besitzt *Absatz* den Status „Datum“, da die Werte aus den Vorksystem ohne Umrechnung direkt in die OLAP-Datenbank überführt werden. Im Beschreibungsfeld werden Meta-Informationen über *Absatz* in einer umgangssprachlichen Form hinterlegt. Demgegenüber wird im Definitionsfeld eine möglichst mathematisch genaue Beschreibung hinterlegt. Unter Datenherkunft werden die datenliefernden Systeme aufgeführt. Aus der letzten Zeile der Tabelle kann man Informationen über die Aktualität der Daten entnehmen⁸².

2. Verknüpfungen zwischen den einzelnen Kennzahlen aufzeigen

Nach der Identifizierung der Kennzahlen, sind die funktionalen Zusammenhänge der Größen aufzuzeigen. Hierfür werden die Verknüpfungen der Kennzahlen untereinander als Formeln festgehalten. Zur besseren Übersicht werden die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen in der Statuszeile in die Kategorien Variable oder Formel eingeteilt. *Variablen* sind die Kennzahlen, die direkt aus Werten der vorgelagerten Systeme, z.B. aus einem Data Warehouse, importiert werden. *Formeln* dagegen sind mathematische Verknüpfungen, die durch das OLAP-System durchgeführt werden. Bei Formeln, z.B. Abweichungsberechnungen, findet im Gegensatz zu den Variablen im Normalfall auch keine feste Speicherung der Werte statt, diese werden stattdessen dynamisch berechnet und temporär im Speicher gehalten. Diese Unterscheidung ist für den Daten- und Schnittstellenbedarf der Anwendung sehr wichtig. Ziel ist die Entwicklung eines strukturierten Kennzahlengerüsts, von dem aus weitere Betrachtungen und Überlegungen durchgeführt werden können.

3. Dimensionierung der Kennzahlen

Die benötigten Kennzahlen sollten theoretisch aus Flexibilitätsgründen nach möglichst vielen Dimensionen auswertbar sein. Aus praktischen Gründen sollte man allerdings darauf achten, daß die Dimensionsanzahl möglichst gering gehalten wird, da ansonsten der Speicherbedarf der Anwendung stark ansteigt. Für den Dimensionsbedarf ist also häufig ein Kompromiß zu suchen. Die ermittelten Dimensionen müssen auf ihre Struktur hin untersucht und Dimensionselemente sowie gegebenenfalls Dimensionshierarchien festgelegt werden. Im weiteren ist die Granularität⁸³ der Dimensionselemente zu bestimmen. Anhand der Aggregationsregeln der Dimensionselemente sind die Konsolidierungspfade aufzustellen. Es ist dabei durchaus möglich, daß mehrere Konsolidierungswege innerhalb einer Dimension bestehen. Durch die Vereinbarung von Hierarchien auf den Dimensionselementen wird eine

⁸² In der Praxis müssen Datenquelle, Datenformat sowie die Art der Aktualisierung noch sehr viel genauer spezifiziert werden. Darauf soll hier allerdings aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet werden.

⁸³ Synonym Verdichtungsgrad.

Baumstruktur aufgebaut, durch die mittels „Drill-Operationen“ navigiert werden kann.

4. Datenwürfel generieren

Mit der Zuordnung unterschiedlicher Dimensionen zu den Variablen und Formeln werden deren vorher analysierten Aufgliederungsrichtungen festgelegt und somit konkrete Datenwürfel generiert⁸⁴. Dabei stellt sich jedoch die Frage des Designs des Datenwürfels. Hier lassen sich auf konzeptioneller Ebene analog zu den physischen Speichermethoden der Hypercube- und der Multicube-Ansatz unterscheiden. Sind die Variablen und Formeln unterschiedlich dimensioniert, müssen für jede Variable separate Datenwürfel generiert werden. Es besteht hierbei die Möglichkeit, einzelne Datenwürfel über gleiche Dimensionen miteinander zu verknüpfen. Diese Operation wird als OLAP-Join bezeichnet. Sind die betrachteten Variablen und Formeln jedoch gleichdimensioniert, genügt ein gemeinsamer Würfel. In diesem Fall kann eine Kennzahlendimension vereinbart werden, in der betriebswirtschaftliche Kennzahlen die Dimensionselemente sind. So könnten beispielsweise die Größen einer Deckungsbeitragsrechnung in einer Kennzahlendimension eingegliedert werden⁸⁵. Da die ermittelten Daten im vorliegenden Fall unterschiedliche Dimensionierungen besitzen, wurde der Multicube-Ansatz verfolgt. Dieser Ansatz hat den Vorteil, daß bei der physischen Umsetzung des Modells Speicherplatz gespart wird, da jede Variable nur die benötigten Dimensionen besitzt. Würde trotz der unterschiedlichen Dimensionierung der Variablen der Hypercube-Ansatz verfolgt, wären unsinnige und unnötige Dateneingaben wie Absatzzahlen in EURO möglich. Dies wird durch den Multicube-Ansatz vermieden.

Anhand der vorgestellten Vorgehensweise läßt sich erkennen, daß die Modellierung multidimensionaler Datenstrukturen ein komplexer Vorgang ist. Daher werden zur Abbildung realer Gegebenheiten in multidimensionale Strukturen geeignete leicht verständliche Abbildungstechniken gesucht. Diese sollten sich am Begriffsverständnis und Vorstellungsvermögen der Endanwender orientieren und die Komplexität der Datenmodelle abbilden können⁸⁶. Einen interessanten Ansatz zur Abbildung multidimensionaler Strukturen stellt dabei die im folgenden vorgestellte Modellierungsmethode dar.

⁸⁴ Gabriel/Gluchowski 1997, S. 25 f.

⁸⁵ Totok 1998b, S. 173.

⁸⁶ Gabriel/Gluchowski 1997, S. 28.

3 Ein Fallbeispiel aus der Automobilbranche

3.1 Aufgabenstellung

Die mit dieser Arbeit zu bearbeitende Projektaufgabe ist in der Organisationseinheit *Vermarktungsprozeß und Erfolgsquellenanalyse* im Konzerncontrolling eines Automobilproduzenten entstanden. Typisierend ist das Aufgabengebiet dem Marketing-Controlling zuzuordnen, das die Schnittstelle zwischen Unternehmen und Märkten untersucht. Es bezieht sich auf Marktaktivitäten, die der Verwertung von Unternehmensprodukten dienen. Damit besteht die Notwendigkeit, bei Umweltveränderungen schnell zu reagieren. Umweltveränderungen lassen sich mit Hilfe von Informationssysteme erkennen, womit die Gestaltung geeigneter Informationssysteme eine zentrale Aufgabe des Marketing-Controllings ist⁸⁷. Weiterhin werden kontinuierliche Kontrollen durchgeführt, die unter anderem die systematische Überprüfung von Produkt-Markt-Beziehungen, daß heißt Absatzsegmenten und Marketingmaßnahmen, wie zum Beispiel Preisstrategien, umfassen. Als Bezugsgrößen dieser Kontrollen sind beispielhaft Kosten, Erlöse, Deckungsbeiträge, Umsätze, Marktanteile, Absatzmengen und Lagerbestände zu nennen⁸⁸. Diese Schlüsseldaten werden mit periodisch laufenden Soll-Ist-Vergleichen und gegebenenfalls Abweichungsanalysen überprüft. Dabei müssen Daten aus dem internen Rechnungswesen mit externen Marktforschungsinformationen kombiniert werden⁸⁹.

Aus dem Bereich *Vermarktungsprozeß und Erfolgsquellenanalyse*, speziell der Vermarktungsperformance, wurde die allgemeine Anforderung gestellt, ein Informationssystem zu entwickeln, mit dem alle benötigten betriebswirtschaftlichen Größen nach Typen und Märkten analysiert werden können. Dieses System sollte ein vordefiniertes Berichtssystem enthalten, mit dem Preisindexanalysen durchführbar sind. Zusätzlich sollte die Deckungsbeitragsoptimierung zwischen Konzerntypen in einem bestimmten Marktsegment möglich sein.

3.2 Anforderungsanalyse

3.2.1 Tätigkeitsanalyse

Die Fahrzeugtypen des Konzerns werden regelmäßig im Rahmen einer finanziellen Analyse untersucht. Es werden die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen Umsatz, Deckungsbeitrag und operatives Ergebnis bezogen auf jeden einzelnen Fahrzeugtyp und auf die abgesetzte Gesamtmenge dieses Typs untersucht. Der Absatz bezieht sich bei dieser Betrachtung nur auf die Händler und enthält keine Daten über Auslieferungen an Endkunden. Somit bezieht sich die obigen Finanzdaten ebenfalls nur auf das Händlernetz. Weiterhin werden die Finanzdaten untereinander ins Verhältnis gesetzt, so daß die An-

⁸⁷ Küpper 1995, S. 371.

⁸⁸ Meffert 1998, S. 1044.

⁸⁹ Meffert 1998, S. 1041.

teile des Deckungsbeitrages und des operativen Ergebnis am Umsatz identifiziert werden können.

Die Fahrzeugtypen werden zusätzlich marktseitig analysiert. Hierbei wird als relevante Größe das Marktvolumen eines jeden Typs betrachtet. Das Marktvolumen gibt die auf dem Markt abgesetzte Fahrzeugmenge wieder und läßt sich unter anderem durch die Neuzulassungszahlen des Kraftfahrtbundesamtes ermitteln. Allgemein unterscheidet sich das Marktvolumen vom Absatz, da es sich auf den Endkunden bezieht. So kann beispielsweise durch Lagerverkäufe der Händler das Marktvolumen höher als der Absatz sein. Natürlich ist es auch möglich, daß der Absatz höher ist als das Marktvolumen. Dann konnten die Händler nicht alle vom Werk bezogenen Fahrzeuge an den Endkunden absetzen und müssen ihren Lagerbestand erhöhen. Eine differenzierte Betrachtung ist daher erforderlich. Wird das Marktvolumen ins Verhältnis zum Gesamtmarktvolumen gesetzt, läßt sich der Marktanteil eines Fahrzeugtyps bestimmen. Durch das Vergleichen der einzelnen Marktvolumina eines Typs in verschiedenen Ländern⁹⁰ wird außerdem der Ländermix eines Fahrzeugtyps festgestellt.

Mit den Finanz- und Marktgrößen werden weiterhin Abweichungsanalysen durchgeführt. Diese stellen den festgelegten Budgetwerten die aktuellen Ist- und Vorausschawerte gegenüber. Innerhalb eines Jahres wird mit den beiden Vorausschauen "2+10" und "8+4" gearbeitet. Die Vorausschau 2+10 bedeutet beispielsweise, daß für die ersten zwei Monate des laufenden Jahres Ist-Werte vorliegen und die Werte der restlichen zehn Monate prognostiziert werden. Als weitere Abweichungsanalyse werden die Werte für das laufende Jahr mit denen des Vorjahres verglichen. Anfallende Abweichungen werden bei beiden Analysen zum einen in Absolutzahlen und zum anderen in Prozent angegeben. Eine Vorgabe für das Endsystem ist dabei, daß beide Abweichtungstypen in einer Übersicht nebeneinander zu sehen sein sollen.

Ein weiteres Tätigkeitsfeld sind Preisindexanalysen der eigenen aber auch fremden Fahrzeugtypen. Dafür werden bereinigte und unbereinigte Listenpreise benötigt. Bei bereinigten Listenpreisen sind dabei die durch Ausstattungsunterschiede entstandenen wertmäßigen Differenzen in den Listenpreis eingerechnet, um die Fahrzeuge vergleichbar zu machen. Durch Preisindexanalysen werden Wettbewerbsbetrachtungen angestellt, bei denen neben externer auch die unternehmensinterne Konkurrenz analysiert wird. Hierzu gibt es zwei verschiedene Preisindizes. Beim *Preisindex zum Durchschnitt Wettbewerb* wird der Listenpreis des betrachteten Fahrzeugtyps ebenso wie die Listenpreise der Konkurrenztypen ins Verhältnis zum durchschnittlichen Listenpreis der ausgewählten Konkurrenztypen gesetzt. Im Gegensatz dazu werden beim *Preisindex zu Referenzprodukt* alle betrachteten Fahrzeugtypen zu einem bestimmten Fahrzeugtyp ins Verhältnis gesetzt. Dieses Referenzfahrzeug hat dann einen Preisindex von 100. Die Preisindexanalysen dienen zur Überprüfung der Preispolitik im Konzern und zur Ermittlung von Gestaltungsspielräumen.

⁹⁰ Markt wird im folgenden mit Land bzw. Ländermarkt gleichgesetzt.

Die Ergebnisse der auf Fahrzeugtypen bezogenen Analysen werden nach Marken, Marktsegmenten und Märkten differenziert untersucht.

3.2.2 Analyse der Systemlandschaft

Die vorgestellten Analysen wurden bisher mit Microsoft Excel durchgeführt. Dabei werden die benötigten Daten zu einem Teil periodisch von den operativen Systemen der Konzernmarken bzw. anderer Abteilungen per Datenträger übernommen. Zum anderen Teil werden die Daten auch auf Papier angeliefert und dann manuell eingegeben. Dieses Vorgehen hat mehrere Nachteile. Da die meisten Daten in anderen Systemen vorliegen, entsteht durch das Anliefern der Daten in Papierform ein Medienbruch. Es finden vermeidbare Doppeleingaben von Daten statt, die fehlerträchtig sind. Aber auch die Anlieferung von Daten in elektronischer Form bringt durch eine fehlende einheitliche Struktur Probleme mit sich.

Die Speicherung der Daten in einem Tabellenkalkulationsprogramm stößt in bezug auf umfangreiche Analysedimensionen schnell an ihre Grenzen. Da mit Tabellenkalkulationsprogrammen nur zweidimensionale Betrachtungen stattfinden können, stellt jede Tabelle einen kleinen festgelegten Ausschnitt des gesamten zu bearbeitenden Problemereichs dar. Werden dabei beispielsweise Umsätze von Fahrzeugtypen in verschiedenen Ländern betrachtet, kann diese Darstellung nur einen bestimmten Zeitpunkt betreffen. Sollen die Umsätze jedoch auch im Zeitablauf analysiert werden, müssen neue Tabellen aufgestellt werden. Für jede spezielle Analyse bzw. Analyserichtung existiert dann unter Umständen eine eigene Datei. Außerdem muß das Datenmaterial für manche Analysen aus mehreren Dateien zusammengesucht und neu aufbereitet werden. Hierdurch entsteht eine Vielzahl an Tabellen und Arbeitsmappen, die in keinem direkten Zusammenhang stehen, außer daß sie vielleicht im selben Verzeichnis abgelegt sind. Das Vorgehen ist sehr aufwendig und bedingt einen hohen Koordinationsaufwand. Weiterhin werden die Daten hierdurch unnötigerweise mehrfach gespeichert. Letztlich sind die in den Tabellenkalkulationsprogrammen durchgeführten Berechnungen durch die verwendeten Formeln nur schwer nachvollziehbar.

Vor diesem Hintergrund besteht die Anforderung darin, die bisherige Berichterstattung in Excel durch ein OLAP-System abzulösen. Dabei soll das OLAP-System durch eine neu zu errichtende Abteilungsdatenbank⁹¹ mit Daten versorgt werden. Die Datenbank muß dabei einen allgemeinen Zugang zu den gespeicherten Daten ermöglichen. Jedoch liegt der Hauptzweck der Datenbank darin, Daten aus den unterschiedlichen operativen Systemen zu einem einheitlichen Format zusammenzuführen, um das Analysesystem über eine genormte Schnittstelle mit den benötigten Daten zu beliefern.

⁹¹ Auch Data Mart genannt.

3.3 Konzeptionelle Modellierung

3.3.1 Bestimmung der Input-Kennzahlen

Die folgenden betriebswirtschaftliche Kennzahlen werden als Input-Größen angeliefert. Sie sind nach Fahrzeugtypen, Märkten und Monat/Jahr dimensioniert.

Kennzahlen aus den Konzernmarken:

- Umsatzerlöse
- Deckungsbeitrag
- Operatives Ergebnis
- Absatz

Kennzahlen aus dem Marketing oder externen Quellen (wie z.B. Kraftfahrzeugbundesamt oder Verkaufsprospekte von Mitbewerbern):

- Marktvolumen
- Gesamtmarktvolumen
- Listenpreis unbereinigt
- Listenpreis bereinigt

Die Kennzahlen besitzen aus Sicht der Organisationseinheit *Vermarktungsprozeß und Erfolgsquellenanalyse* einen atomaren Charakter, da sie als Absolutwerte angeliefert werden. Es handelt sich aus übergeordneter Sicht zum großen Teil natürlich um verdichtete bzw. abgeleitete Kennzahlen. Der atomare Charakter wird in der folgenden Tabelle durch den Status *Datum* beschrieben. Zum Zwecke der Begriffsdefinition wird trotzdem zusätzlich die Herleitung der Kennzahl beschrieben, damit man weiß, wie sie von den liefernden Organisationseinheiten erzeugt wurde. Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft die Beschreibung des operativen Ergebnisses.

Bezeichnung:	Operatives Ergebnis
Abkürzung:	OE
Maßeinheit:	DM
Status:	Datum
Beschreibung:	Operatives Ergebnis der Vertriebsergebnisrechnung
Definition:	= Umsatzerlöse-Einzelkosten (des Umsatzes) - Gemeinkosten-Risikovorsorge
Datenherkunft:	Gesammelt aus operativen Systemen aller Marken Excel (genaue Formatbeschreibung in Format.xls)
Aktualisierung:	1. Januar, 1. Mai, 1. September

Tab. 2 Begriffsdefinition Operatives Ergebnis

3.3.2 Kennzahlen berechnen

Nach der Ermittlung der Input-Kennzahlen werden im nächsten Schritt die für Analysen notwendigen Berechnungen beschrieben. Der Status in der jeweiligen Tabelle wird mit *Formel* bezeichnet. Zu berechnen sind:

- Marktanteil
- Ländermix
- Gesamtumsatz
- Gesamtdeckungsbeitrag
- Gesamtes Operatives Ergebnis
- Deckungsbeitrag in Prozent vom Umsatz
- Operatives Ergebnis in Prozent vom Umsatz
- Preisindex unbereinigt zum Durchschnitt Wettbewerb
- Preisindex bereinigt zum Durchschnitt Wettbewerb
- Preisindex unbereinigt zu Referenzprodukt
- Preisindex bereinigt zu Referenzprodukt

Exemplarisch wird in der folgenden Tabelle die Definition des Gesamtumsatzes angegeben:

Bezeichnung:	Gesamtumsatz
Abkürzung:	GU
Maßeinheit:	DM
Status:	Funktion $f(\text{Absatz}, \text{Umsatz pro Fahrzeug})$
Beschreibung:	Gesamtbetrachtung für einen Typ.
Definition:	= Absatz*Umsatz pro Fahrzeug
Datenherkunft:	-
Aktualisierung:	1. Januar, 1. Mai, 1. September

Tab. 3 Begriffsdefinition Gesamtumsatz

3.3.3 Dimensionierung der Kennzahlen

Hierarchische Dimensionen:

Die Dimensionen Markt und Produkt sind in Abb. 10 dargestellt. Sie besitzen hierarchische Strukturen, jedoch besteht keine logische Ordnung zwischen ihren Elementen. Diese Dimensionen werden auch als *aggregierende Dimensionen* bezeichnet.

Die *Produktdimension* besitzt zwei parallele Hierarchien für die Konzern- und Segmentstruktur, da in ihr zwei verschiedene Konsolidierungswege existieren. Dies entspricht den unterschiedlichen Auswertungssichten, die benötigt werden. So werden die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen einerseits den Marken zugeordnet, um Gesellschaften vergleichen, bzw. dem einzelnen Fahrzeugtyp auch seinen Anteil am Erfolg oder Mißerfolg der Gesellschaft zuordnen zu können. Andererseits kann ein Fahrzeugtyp auch im Kontext des Marktsegmentes, in dem er positioniert ist, gesehen werden. Erst hierdurch können differenzierte Konkurrenz betrachtungen durchgeführt werden. Der Erfolg eines Typs wird dabei im Marktzusammenhang gesehen. Durch beide Betrachtungsweisen kann ein aussagekräftiges Gesamtbild erstellt werden.

In der *Segmenthierarchie* werden die Typen den Marktsegmenten zugeordnet. Die Zusammenfassung aller Marktsegmente spiegelt den Gesamtmarkt wider. In der Konzernhierarchie werden dagegen die einzelnen Typen zuerst den Marken zugeordnet, die die

Typen vermarkten. Die einzelnen Marken sind dabei einem Automobilkonzern bzw. einer Automobilgruppe zugeordnet. Beispielsweise werden die Marken Buick, Cadillac, Chevrolet, GM EV1, GMC, Holden, Isuzu, Oldsmobile, Opel, Pontiac, Saab, Saturn, und Vauxhall dem Konzern General Motors zugeordnet. Existiert nur eine Marke, die mit dem Konzern identisch ist, wie z.B. Volvo, so muß trotzdem auf der Konzernebene ein Element (hier Konzern Volvo), bestehen. In dieses Element werden dann die Werte der Marke überschrieben. Die oberste Ebene der Konzernhierarchie umfaßt die Gesamtheit aller Typen. Daher sind die Werte der obersten und untersten Ebene beider Hierarchien gleich.

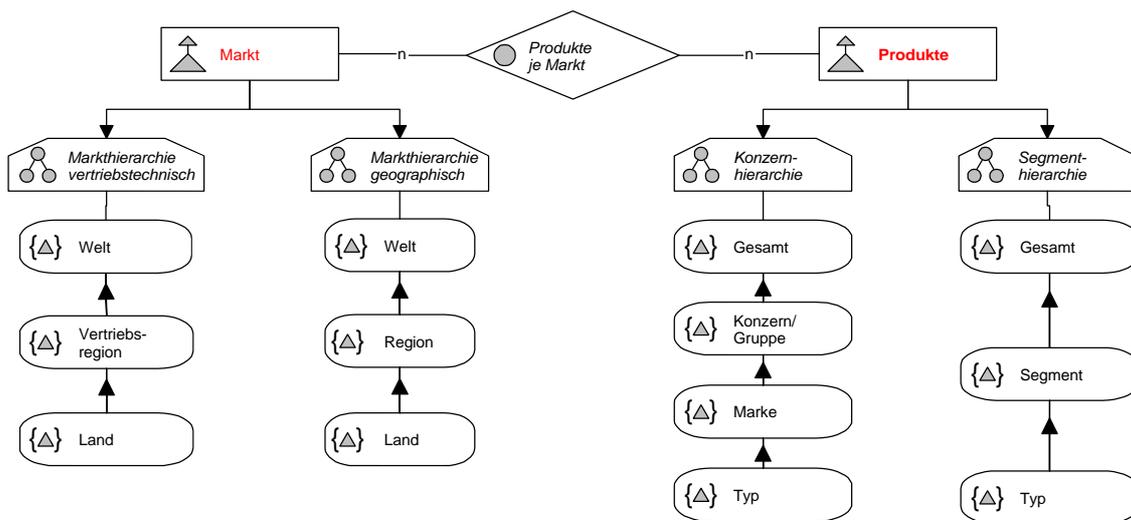


Abb. 10 Markt- und Produktdimension

In der *Marktdimension* existieren ebenfalls zwei Hierarchien, um verschiedene Vertriebsgebiete darzustellen. Innerhalb der *Markthierarchie geographisch* werden die Vertriebsgebiete nach geographischen Gesichtspunkten zusammengestellt. Die *Markthierarchie vertriebstechnisch* ist dagegen nach Merkmalen der Vertriebsorganisation gegliedert.

Eine Besonderheit ist, daß Markt- und Produktdimension miteinander in Beziehung stehen. Die Dimensionsbeziehung „Produkte je Markt“ besitzt die Kardinalität n-zu-n. Diese Beziehung zeigt, daß ein Produkt einerseits in jedem Markt vorkommen kann. Andererseits müssen aber nicht alle Produkte in einem Markt vertreten sein. Als Beispiel wäre hier der Fall zu nehmen, daß bei einer neuen Produktgeneration dieses Produkt zuerst nur in einem Teil der möglichen Märkte eingeführt wird, während in den anderen Märkten noch die alten Modelle vertrieben werden. Die Marktdimension besitzt eine Doppelfunktion. Einerseits können mit ihr die einzelnen Kennzahlen nach Ländern bzw. Marktregionen analysiert werden, andererseits können die Produkte verschiedenen Ländern zugeordnet werden.

Sequentiell hierarchische Dimension:

Abb. 11 zeigt die Zeitdimension. Sie ist eine *sequentielle Dimension*, da Elemente jeder Dimensionsebene horizontal eine festgelegte logische Ordnung haben. So ist die Rei-

henfolge der Monate (Januar, Februar, März, ...) vorgegeben. Die Zeitdimension hat gleichzeitig auch eine vertikale hierarchische Struktur. Durch die Anordnung der Hierarchiestufen werden die Aggregationsebenen definiert. In Abb. 11 werden bottom-up Monate zu Quartalen, Quartale zu Halbjahren und diese wiederum zu Jahren aggregiert. Den niedrigsten Verdichtungsgrad besitzt die Monatsebene, da dies dem kürzesten Berichtsintervall, das gefordert wird, entspricht,.

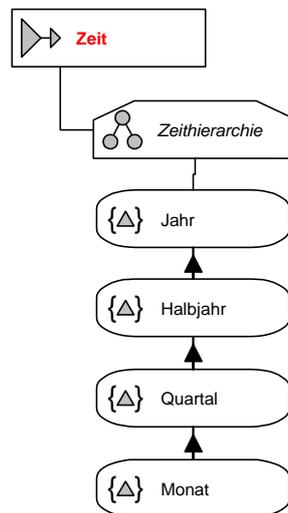


Abb. 11 Zeitdimension

Partitionierende Dimensionen:

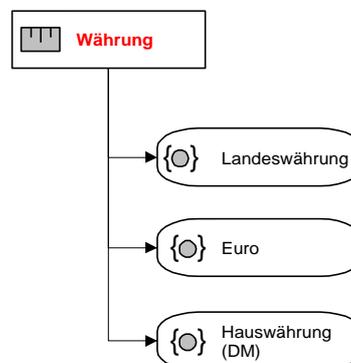


Abb. 12 Währungsdimension

Die *Währungsdimension* ist eine *Maßdimension*. Maßdimensionen stellen verschiedene Maßgrößen von Kennzahlen dar, wie z.B. wert- oder mengenmäßige. Im vorliegenden Fall wird nur eine Unterscheidung nach Währungen durchgeführt. Es sind beispielsweise Preisangaben in der Landeswährung und der Hauswährung möglich. Im Hinblick auf die Euro-Einführung besitzt die Währungsdimension auch ein Dimensionselement EURO. Hierdurch ist gewährleistet, daß während der Umstellungszeit eine parallele Berichterstattung in DM und EURO laufen kann. Prinzipiell braucht nur eine Währung gespeichert zu werden, da sich die anderen aus ihr über Umrechnungskurse berechnen lassen. Dies könnte durch die Benutzung des Formelsymbols dargestellt werden.

Die *Szenariodimension*⁹² enthält Dimensionselemente, die verschiedene Varianten von Daten darstellen. Beispiele für verschiedene Varianten von Daten sind Ist-, Budget- und Vorausschauwerte. Zwischen diesen Dimensionselementen können Vergleiche durchgeführt werden, die für die Abweichungsanalysen benötigt werden. Somit sind die einzelnen Abweichungsrechnungen ebenfalls Elemente, die als Formeln angegeben werden. Als Besonderheit enthält die Szenariodimension auch Vorjahreswerte. Normalerweise wird die Vorjahressicht durch Auswahl des entsprechenden Jahres in der Zeitdimension generiert. Um jedoch dem Endanwender eine spezielle Sicht zu ermöglichen, in der er die Werte für das laufende Jahr mit denen des Vorjahres vergleichen kann, wurden die Vorjahreswerte als Dimensionselemente aufgenommen.

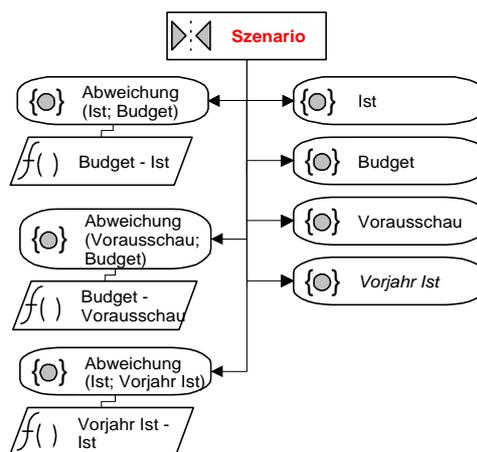


Abb. 13 Szenariodimension⁹³

3.3.4 Modellierung von Datenwürfeln

Nachdem der Kennzahlenbedarf festgelegt und die unterschiedlichen Dimensionen des Datenmodells modelliert wurden sind, kann jetzt ein aussagekräftiges Gesamtbild erstellt werden. Hierzu werden je nach Dimensionierung der Kennzahl die modellierten Dimensionen mit dem Datenwürfel verbunden. Der Betrachter kann nun dem Modell alle grundlegenden Informationen entnehmen. Abb. 14 zeigt den Umsatzwürfel. Dieser steht stellvertretend für die Datenwürfel der finanziellen Kennzahlen Deckungsbeitrag und operatives Ergebnis, denn diese besitzen die gleiche Dimensionierung wie der Umsatz. Die folgenden Abbildungen zeigen gleichdimensionierte Kennzahlen in einem Würfel an, um die Kennzahlen besser vergleichen zu können. Bei dieser Notation ist anzumerken, daß die einzelnen Kennzahlen weiterhin physikalisch getrennt gespeichert sind. Die einzelnen Aufgliederungsrichtungen dieser Kennzahlen werden durch die Dimensionen näher beschrieben. Die unterschiedlichen Dimensionstypen stellen übersichtlich verschiedenste Informationen dar. Durch die Dimensionshierarchien sind wei-

⁹² Synonyme sind Versionsdimension oder partitionierende Dimension.

⁹³ Die hier gezeigte Szenariodimension zeigt aus Platzgründen nur einen Teil der Dimensionselemente. Eine vollständige Ansicht befindet sich im Anhang.

terhin einzelne Konsolidierungspfade identifizierbar. Die aggregierende Dimension Zeit mit ihren Hierarchieebenen gibt beispielsweise an, daß Umsätze einzelner Fahrzeugtypen bis auf die Monatebene heruntergebrochen werden können. Durch die Währungsdimension ist erkennbar, daß Umsätze mit verschiedenen Währungen bewertet werden. Die Szenariodimension zeigt, daß Abweichungsanalysen für den Umsatz durchgeführt werden. Zuletzt ist erkennbar, daß Umsätze nach unterschiedlichen Produkten und Märkten analysiert werden können. Die in Abb. 15 dargestellten Marktvariablen besitzen nahezu dieselben Aufgliederungsrichtungen wie die finanziellen Variablen. Einziger Unterschied ist das Fehlen der Währungsdimension. Dies läßt sich dadurch erklären, daß die Marktvariablen Mengengrößen sind und daher nicht monetär bewertet werden. Zuletzt werden die Preisvariablen dargestellt. Diese Variablen besitzen wiederum die Währungsdimension, da Preise einerseits in der Hauswährung und andererseits in der jeweiligen Landeswährung geführt werden. Jedoch sind keine Abweichungsanalysen für die Preisvariablen vorgesehen, daher wird die Szenariodimension nicht benötigt.

Einerseits wird durch die gezeigten Modelle die Semantik des Realproblems abbildbar. Andererseits werden ebenfalls Implementierungsaspekte dargestellt. Diese Informationen können bei Gesprächen mit Mitarbeitern aus Fachabteilungen genutzt werden. Andererseits sind sie auch Vorgabe für den Entwickler. Der Entwickler erkennt aus der Übersicht, daß er zwei Hierarchien in der Produktdimension verwalten muß. Weiterhin weiß er welche Hierarchiestufen zu implementieren sind. Außerdem sind in der Szenariodimension die zu implementierenden Abweichungsarten erkennbar. Das Modell ist letztlich Basis zur Berechnung bzw. Schätzung des Speicherplatzbedarfs der späteren Datenbank.

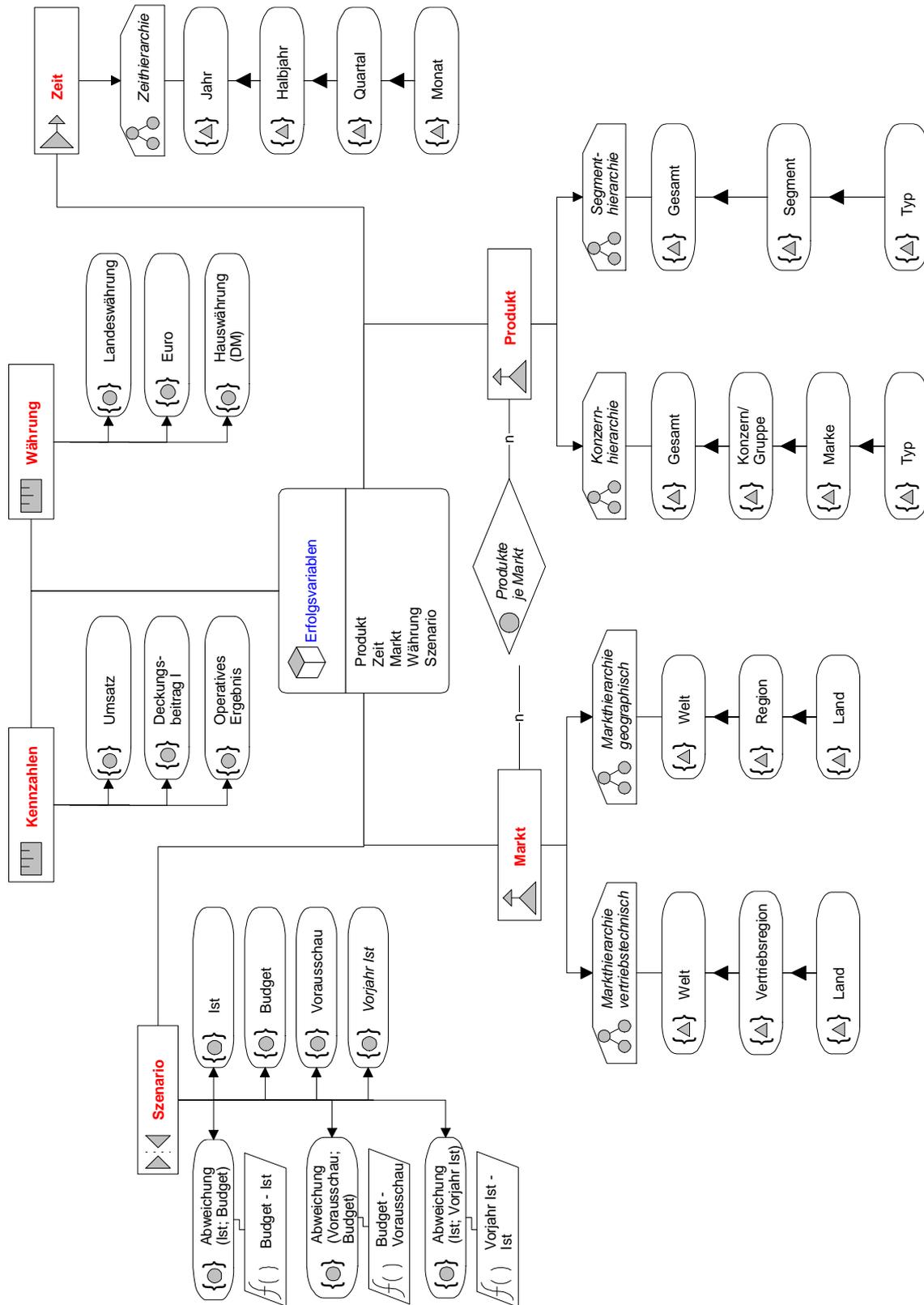


Abb. 14 Erfolgsvariablen

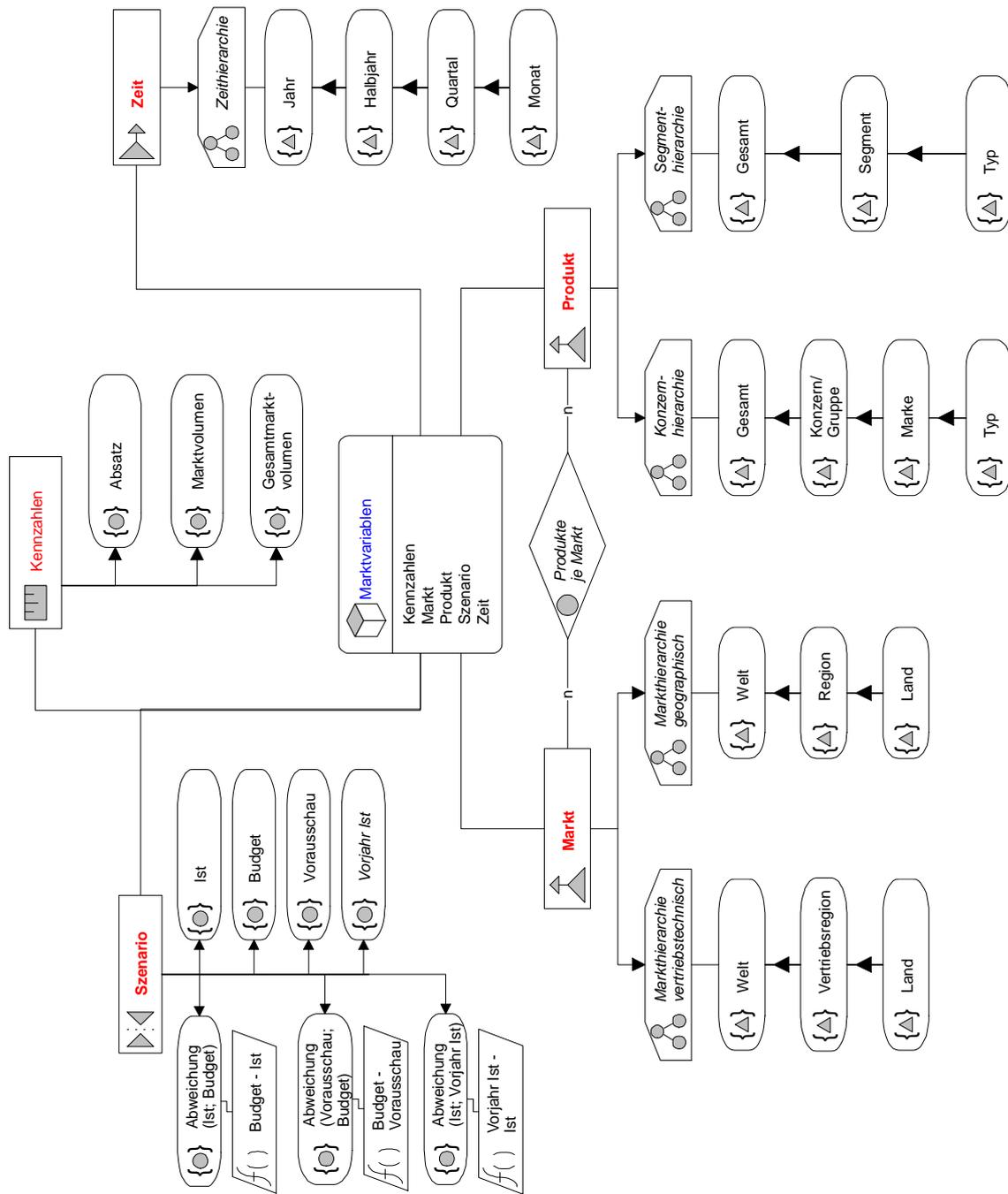


Abb. 15 Marktvariablen

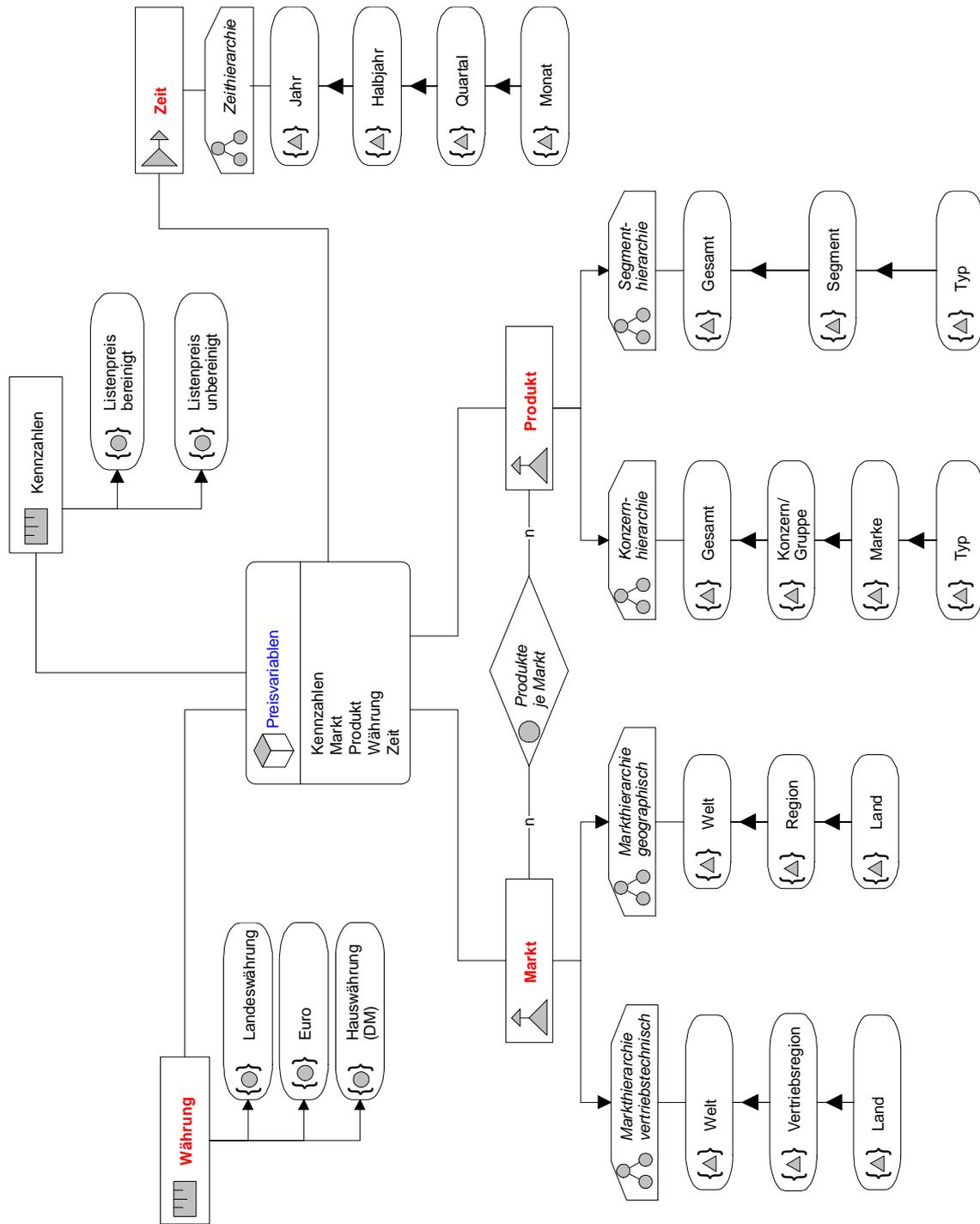


Abb. 16 Preisvariablen

3.3.5 Vordefinierte Würfelausschnitte

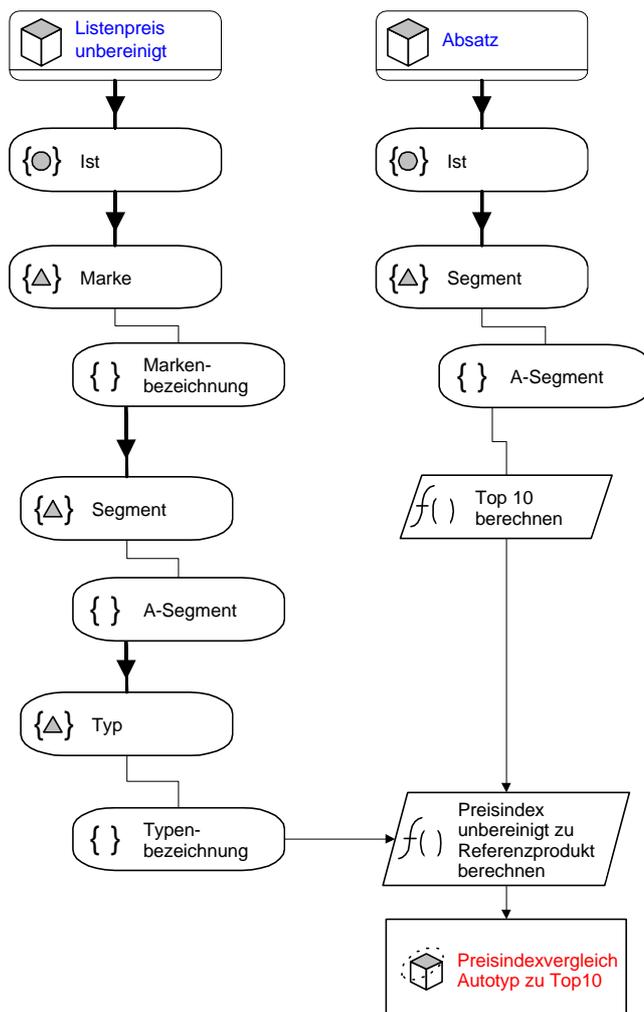


Abb. 17 Beispiel für einen Preisindexvergleich Autotyp zu Top 10

In Abb. 17 ist die Erzeugung eines Würfelausschnitts erkennbar. Dabei wird eine typische Analyse dargestellt, die der Anwender oft durchzuführen hat. Es werden hierbei alle relevanten Arbeitsschritte angegeben, die notwendig sind, um den Würfelausschnitt „Preisindexvergleich Autotyp zu Top 10“ zu erhalten. Zuerst ist erkennbar, daß die Kennzahlen „unbereinigter Listenpreis“ und „Absatz“ an der Berechnung beteiligt sind. Inwiefern diese Kennzahlen benötigt bzw. verarbeitet werden, klärt sich im folgenden. Bei beiden Werten erfolgt eine Ist-Betrachtung, womit eine Beschränkung der Szenariodimension vorgegeben ist. Als nächstes wird in der Produktdimension die Menge der relevanten Fahrzeuge eingeschränkt. Dies dient dazu den Referenztypen festzulegen, der für den Preisvergleich genommen werden soll. Es wird zunächst mittels der Konzernhierarchie die Marke selektiert, der das Referenzprodukt angehören soll. Danach wird in der parallelen Markthierarchie die Einschränkung auf A-Segment getroffen. Hierdurch ergibt sich eine Produktmenge aller Fahrzeugtypen der ausgewählten Marke, die im A-Segment vertreten sind. Zuletzt wird aus dieser Menge das konkrete Produkt ausgewählt. Somit stehen alle benötigten Daten fest. Da das Produkt dem A-Segment angehört, müssen die Top 10 Fahrzeuge ebenfalls aus diesem Segment kommen, weil

sonst keine Vergleichbarkeit gegeben ist. Nun müssen die zehn absatzstärksten Autotypen ermittelt werden, da dies die Hauptkonkurrenten sind. Damit ist die Produktdimension also auf die Top 10 und das Referenzprodukt beschränkt worden und der Preisindex kann berechnet werden. Dieser ergibt sich, indem die unbereinigten Listenpreise der Top 10 Fahrzeuge zum unbereinigten Listenpreis des Referenzproduktes gesetzt werden. Als Ergebnis ist dann ein Würfelausschnitt zu sehen, in dem die zehn umsatzstärksten Fahrzeuge ins Verhältnis zum Referenzprodukt gesetzt sind.

Im Anhang werden weitere Beispiele für die Dimensionierung von Formeln mit Hilfe von Würfelausschnitten angeführt.

4 Ausblick

ADAPT hat seinen hauptsächlichlichen Anwendungsbereich in der praktischen Konzeption und Implementierung von multidimensionalen Anwendungen. Die Stärke liegt darin, für fast alle multidimensionalen Anwendungsfälle entsprechende Notationskonstrukte bereitstellen. Leider ist die Notation bisher in Theorie und Praxis noch unzureichend diskutiert worden. Neben der Erstveröffentlichung von BULOS und kurzen Erwähnungen wie z.B. von GABRIEL/GLUCHOWSKI oder HOLTHUIS existieren zur Zeit keine weiteren Literaturquellen zu ADAPT. Im Rahmen dieses Arbeitsberichts wurde die Eignung der Notation im Konzerncontrolling eines Automobilherstellers im praktischen Einsatz überprüft. Insgesamt hat sich der Einsatz von ADAPT in der Praxis bewährt. Die seitens der TU Braunschweig beteiligten Personen führten die eigentliche Modellierung durch. Die Personen aus der Fachabteilung wurden soweit in die Notation eingeführt, daß anhand von Papiervorlagen die Anforderungen diskutiert und das Design verifiziert werden konnten.

Durch die Verwendung der von BULOS im Internet bereitgestellten Symbolvorlage⁹⁴ für das Modellierungswerkzeug Visio konnte das Modell komfortabel grafisch am PC erstellt werden. Auftretende Änderungen konnten zügig eingearbeitet werden. Die schnelle Überarbeitung der Darstellung wurde durch das in Visio enthaltene Shape-Konzept unterstützt, das es erlaubt, vordefinierte Symbolvorlagen einzubinden und anzupassen. Symbole können am Bildschirm verschoben werden, wobei die Verbindungen zu anderen Symbolen automatisch mitgeführt werden.

Kritik an BULOS Notation kann man hauptsächlich an zwei Eigenschaften üben:

- Es gibt eine große Anzahl von Modellierungssymbolen, deren Anwendung nicht immer eindeutig definiert ist. GABRIEL/GLUCHOWSKI führen an, daß durch die Vielfalt der Symbole eine intensive Einarbeitungszeit die Voraussetzung für eine gelungene Modellierung ist⁹⁵. Man kann im Gegensatz zum ME/R-Modell bei ADAPT vom Prinzip der Maximalität sprechen.
- Verschiedene Modellierungsebenen werden in einer Ansicht miteinander vermengt. Die Trennung der Sichten von Würfeln und Dimensionen differenziert zwar grundsätzlich zwischen Inhalts- und Strukturdaten, nicht jedoch nach semantischer, logischer und physikalischer Ebene wie z.B. bei ARIS. Eine wie für die Modellierung von konzeptionellen Schemata geforderte Abstraktion⁹⁶ wie z.B. von Benutzersichten oder der physischen Organisation findet nicht statt, sondern diese Aspekte werden im Gegenteil sogar integriert. HOLTHUIS befürchtet daher eine hohe und schwer handhabare Komplexität der Modelle⁹⁷.

⁹⁴ Die Vorlage ist kostenlos unter der Internet-Adresse <http://www.symcorp.com> abrufbar.

⁹⁵ Gabriel/Gluchowski 1997, S. 31.

⁹⁶ Fischer 1992, S. 173.

⁹⁷ Holthuis 1998, S.163 f.

Aus dem Projekt bei dem Automobilproduzenten wurde deutlich, daß man den Kritikpunkten durch die Aufstellung von Konventionen begegnen kann, ohne die Notation an sich zu verändern. Insgesamt eignet sich die Notation gut im praktischen Einsatz der Modellierung im Sinne einer datengetriebenen Vorgehensweise, wie das Fallbeispiel zeigt.

Anhang

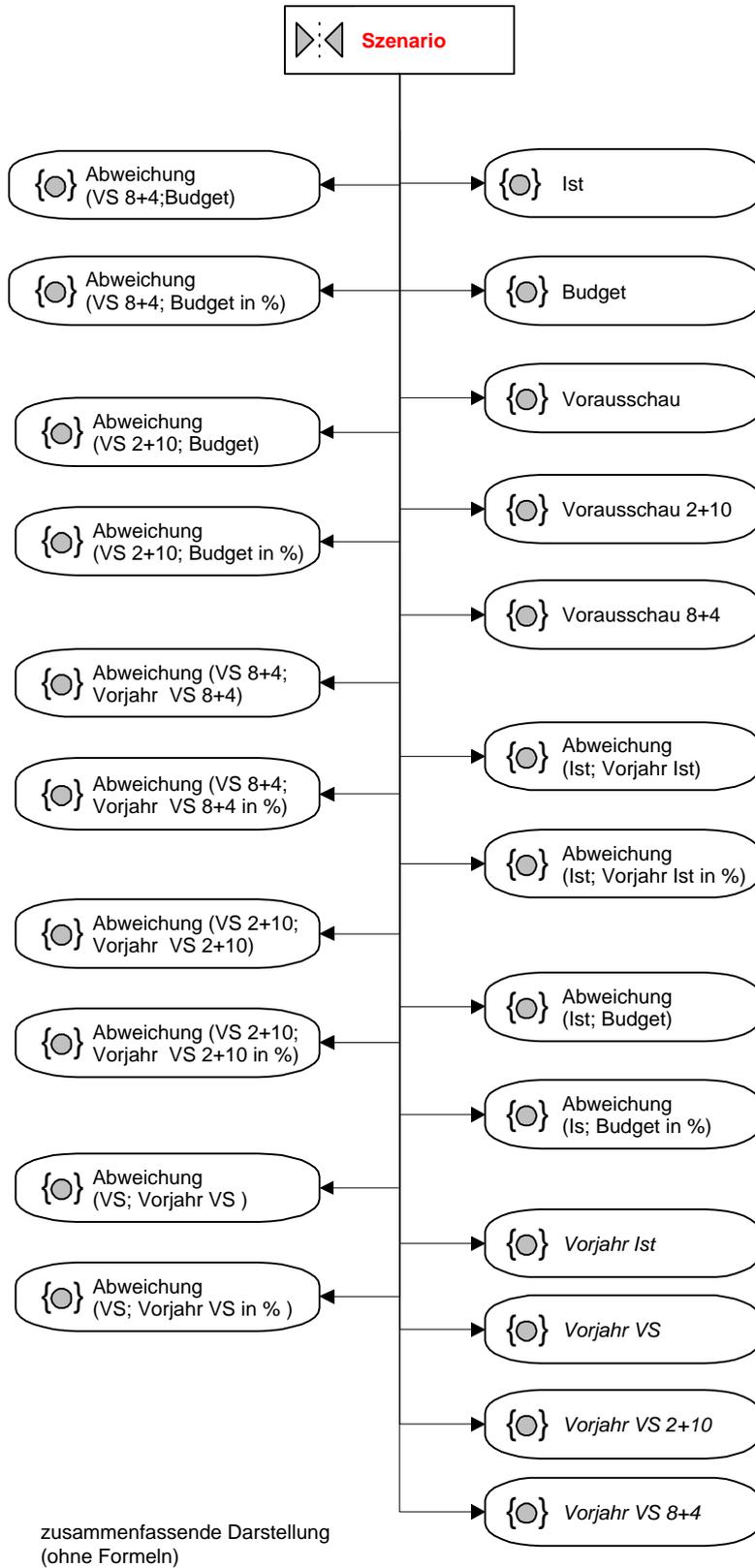


Abb. 18 Szenariodimension

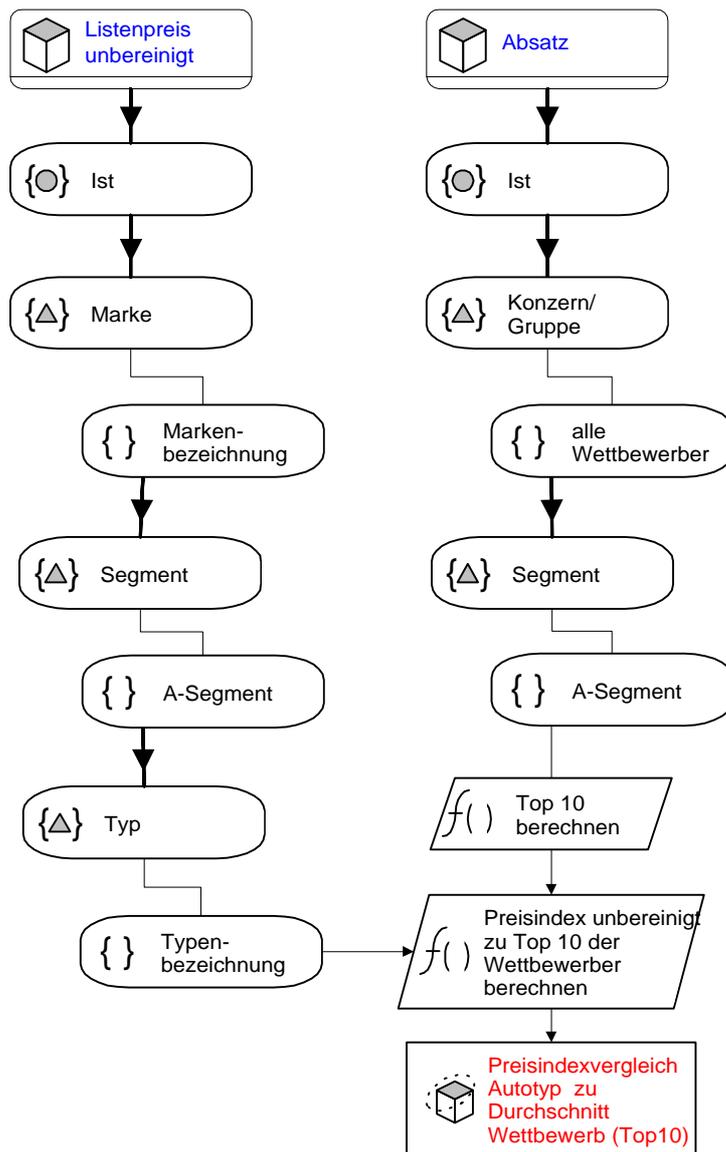


Abb. 19 Würfelausschnitt Preisindexvergleich Autotyp zu Durchschnitt Wettbewerb

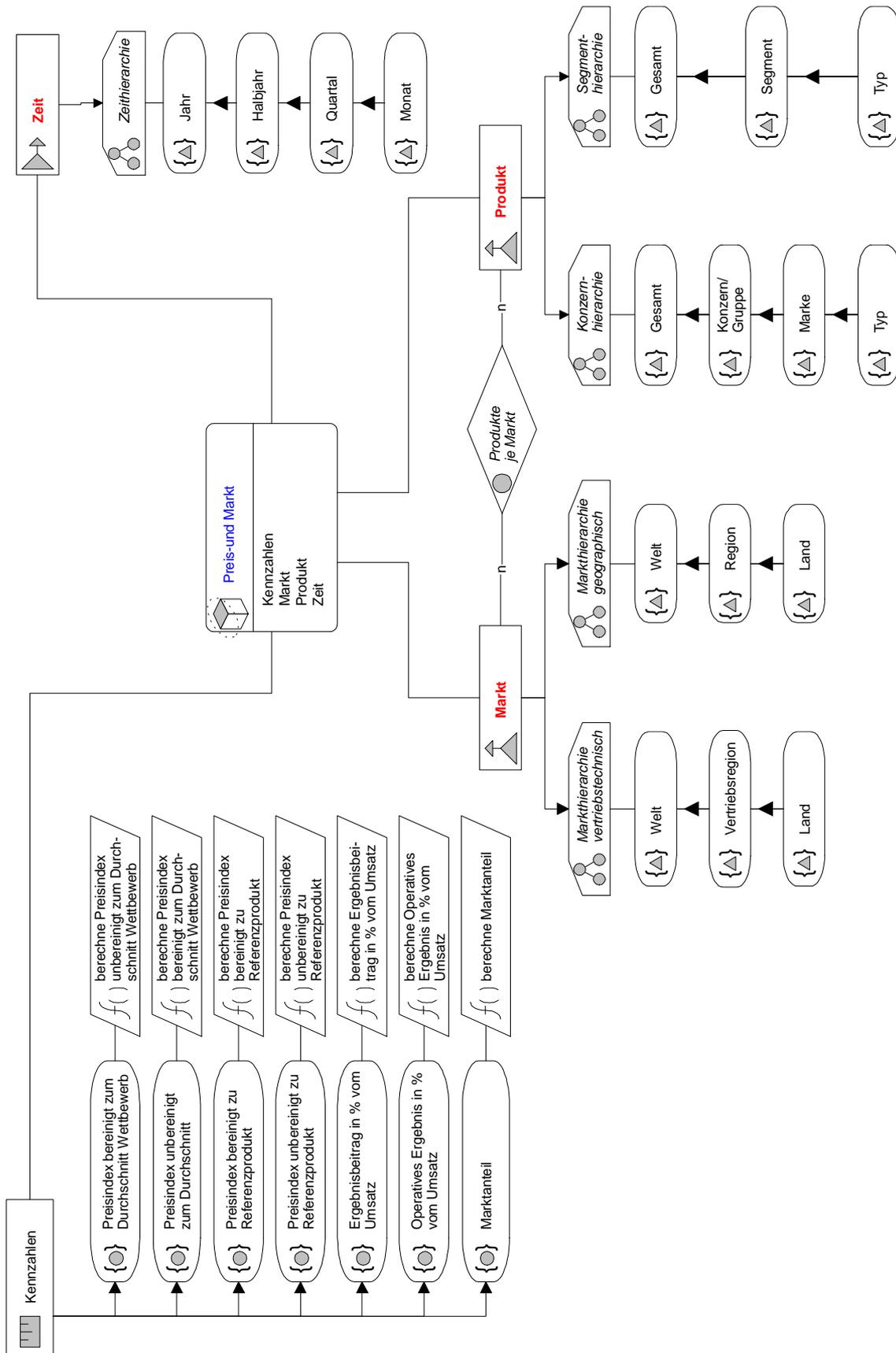


Abb. 20 Dimensionierung des Würfelausschnitts für Preisindizes

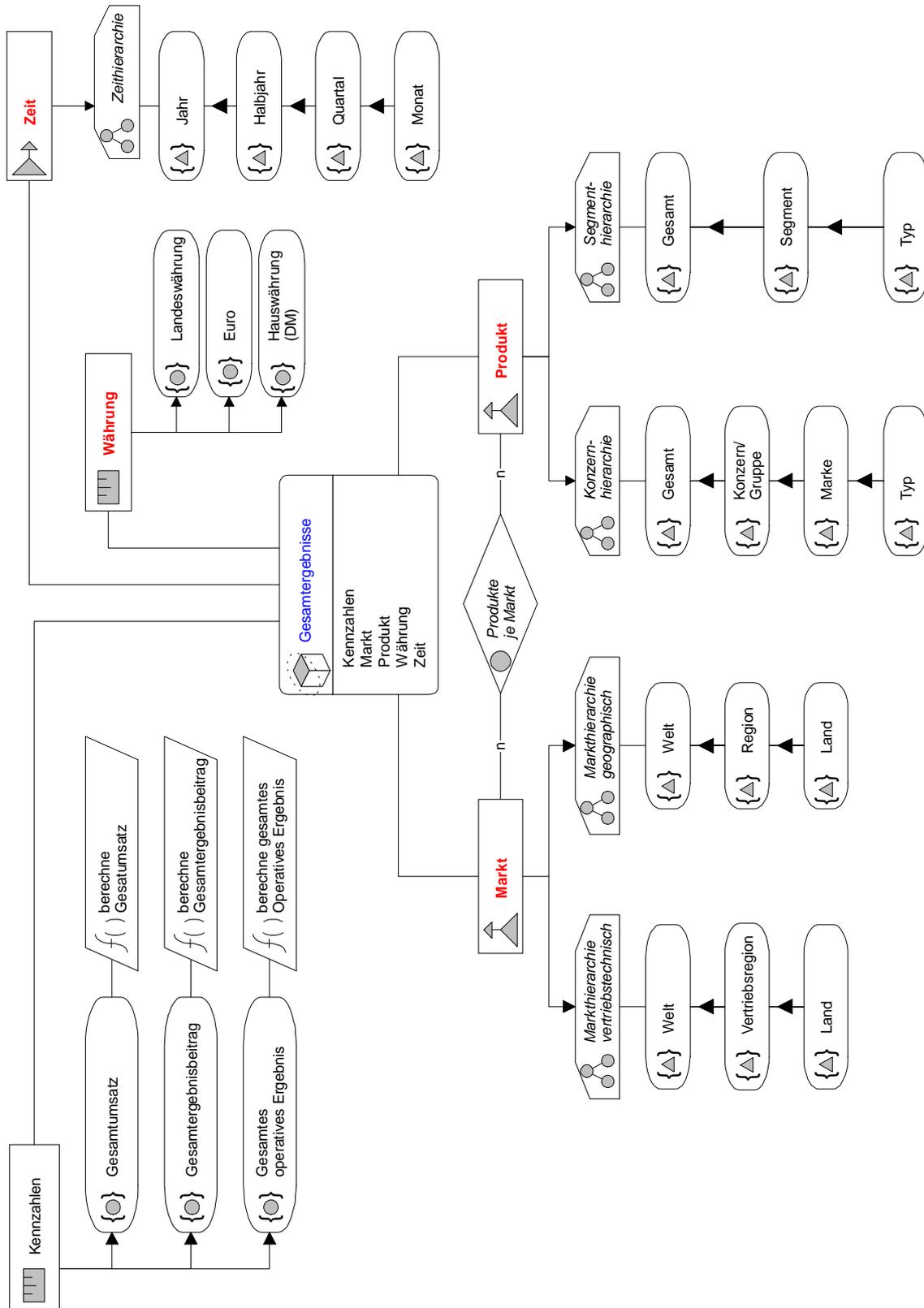


Abb. 21 Dimensionierung des Würfelausschnitts für Gesamtergebnisse

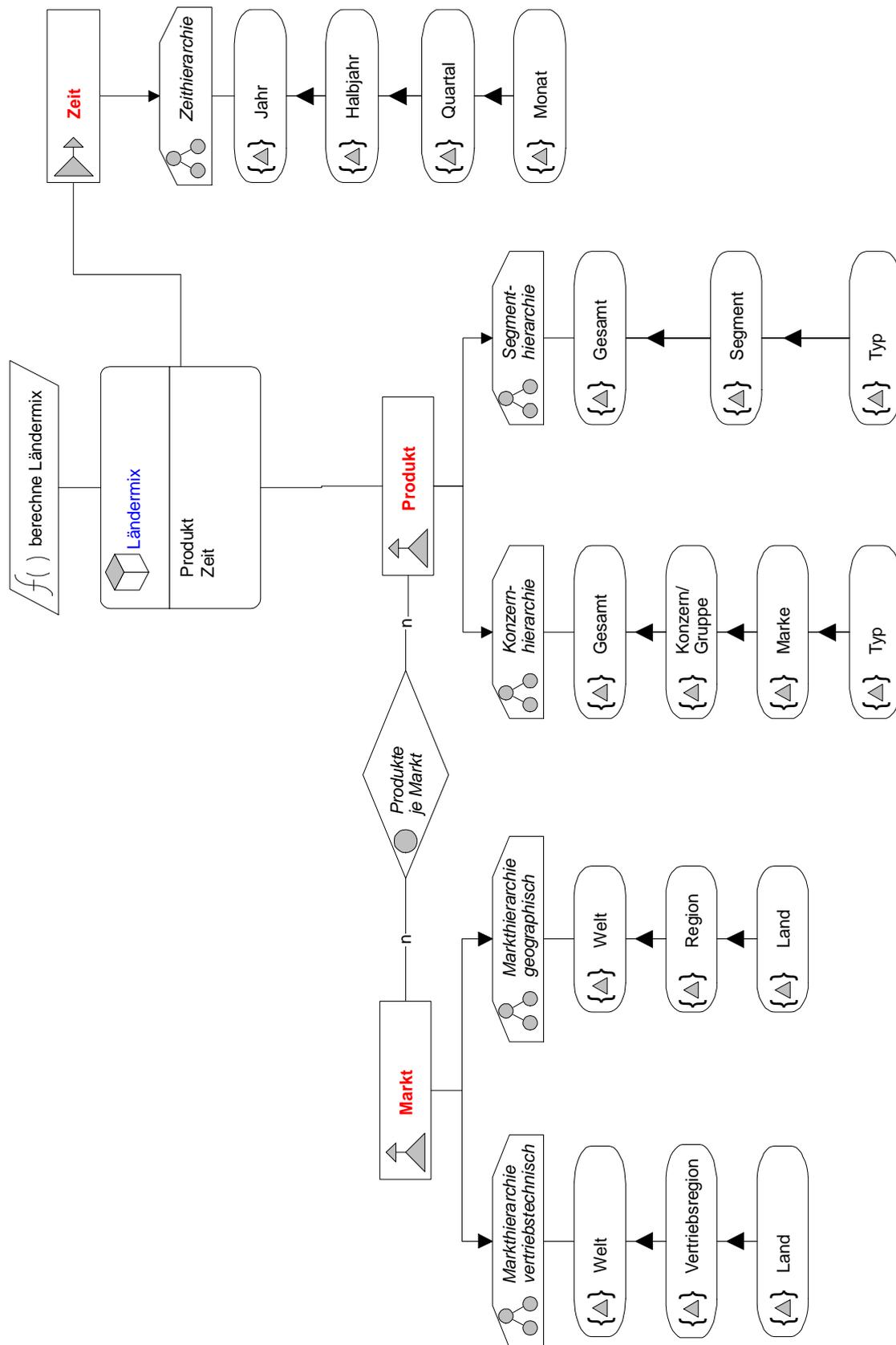


Abb. 22 Dimensionierung des Würfelausschnitts für Ländermix

Literaturverzeichnis

Altenpohl, U.; Huhn, M.; Schwab, W.; Zeh, T. (1997):

Datenmodellierung Data Warehouse – ein Lösungsvorschlag mittels ER-Modellierung, Interner Bericht der UAG GSE Rhein-Main 1997

Behme, W.; Ohlendorf, T. (1994):

Datenbanksysteme, -modelle und Entwurfsmethoden als Grundlage von Controlling-Informationssystemen, in: Biethahn, J.; Huch, B. (Hrsg.): Informationssysteme für das Controlling, Berlin-Heidelberg (Springer) 1994, S. 117-174

Behme, W.; Schimmelpfeng, K. (1993):

Führungsinformationssysteme: geschichtliche Entwicklung, Aufgaben und Leistungsmerkmale, in: Behme, W.; Schimmelpfeng, K. (Hrsg.): Führungsinformationssysteme – neue Entwicklungstendenzen im EDV-gestützten Berichtswesen, Wiesbaden (Gabler) 1993, S. 3-16

Biskup, J. (1995):

Grundlagen von Informationssystemen, Braunschweig Wiesbaden (Vieweg) 1995

Booch, G.; Jacobsen, I.; Rumbaugh, J. (1997):

Unified Modeling Language, Version 1.1, <http://www.rational.com/uml/documentation.html>, 16.7.1998

Bulos, D. (1996):

A New Dimension, in: Database Programming & Design: 6/1996, S. 33-37

Chen, P. P. (1976):

The entity-relationship-model – towards a unified view of data, in ACM Transactions on Database Systems, 1/1976, S. 9-36

Coad, P.; Yourdon, E. (1990):

Object-Oriented Analysis, Englewood Cliffs (Prentice-Hall) 1990

Codd, E. F. (1994):

OLAP – On-Line Analytical Processing – mit TM/1, Darmstadt (AW Technische Dokumentationen und M.I.S. GmbH) 1994

Dayal, A. P.; Buchmann, A. P., McCarty, D. R. (1988):

Rules Are Objects Too – A Knowledge Model For An Active Object-Oriented Database Management System, in: Dittrich, K. R. (Hrsg.): Advances In Object-Oriented Database Systems, Berlin et al. (Springer) 1988, S. 129-143

Fischer, J. (1992):

Datenmanagement – Datenbanken und betriebliche Datenmodellierung, München Wien (R. Oldenbourg) 1992

Gabriel, R.; Gluchowski, P. (1997):

Semantische Modellierungstechniken für multidimensionale Datenstrukturen, in: HMD – Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik, 195/1997, S. 18-37

Gluchowski, P. (1996):

Architekturkonzepte multidimensionaler Data-Warehouse-Lösungen, in: Mucksch, H.; Behme, W. (Hrsg.): Das Data-Warehouse-Konzept – Architektur – Datenmodelle – Anwendungen, Wiesbaden (Gabler) 1996, S. 229-261

Golfarelli, M.; Maio, D.; Rizzi, S. (1998):

Conceptual Design of Data Warehouses from E/R Schemes, in: Proceedings of the Hawaii International Conference On System Sciences, 6.-9.1.1998, Kona, Hawaii, o. S.

Hahne, M.; Schelp, J. (1997):

Semantische und logische Modellierung mehrdimensionaler Datenstrukturen, Arbeitsberichte des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik, Ruhr-Universität Bochum, 1997

Hars, A. (1994):

Referenzdatenmodelle – Grundlagen effizienter Datenmodellierung, Wiesbaden (Gabler) 1994

Hoffmann, W.; Kusterer, F. (1997):

Handels-Controlling auf Basis eines Datawarehouse und OLAP, in: Controlling, 1/1997, S. 46-53

Holthuis, J. (1997):

Modellierung multidimensionaler Daten – Modellierungsaspekte und Strukturkomponenten, Oestrich-Winkel (European Business School) 1997

Holthuis, J. (1998):

Der Aufbau von Data Warehouse-Systemen, Wiesbaden (Deutscher Universitäts Verlag) 1998

Huch, B. (1992):

EDV-gestütztes Controlling – Stand und Entwicklungen, in: Huch, B.; Behme, W.; Schimmelpfeng, K. (Hrsg.): Controlling und EDV, Frankfurt am Main (Frankfurter Allgemeine Zeitung) 1992, S. 15-28

Kenan Technologies (1995):

An Introduction To Multidimensional Database Technology, White Paper, <http://www.kenan.com/acumate/mddb.htm>, 5.6.1997

Kimball, R. (1996):

The Data Warehouse Toolkit – Practical Techniques for Building Dimensional Data Warehouses, New York et al. (John Wiley & Sons) 1996

Kimball, R. (1997):

A Dimensional Modeling Manifesto – Drawing The Line Between Dimensional Modeling and ER Modeling Techniques, in: DBMS Online, 8/1997, <http://www.dbmsmag.com/9708d15.html>, 17.10.1997

Küpper, H.-U. (1995):

Controlling: Konzeption, Aufgaben und Instrumente, Stuttgart (Schäffer-Poeschel) 1995

Lehmann, P.; Ellerau, P. (1997):

Implementierung eines Data Warehouse für die Verpackungsindustrie, in: HMD – Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik, 195/1997, S. 76-93

Lehner, W.; Albrecht, J.; Wedekind, H. (1998):

Normal Forms for Multidimensional Databases, in: 10th International Conference on Scientific and Statistical Data Management (SSDBM'98), Capri, Italy, 1.-3.7.1998

Maier, R. (1996):

Qualität von Datenmodellen, Wiesbaden (Gabler) 1998

McGuff, F. (1996):

Data Modeling for Data Warehouses, <http://members.aol.com/fmcguff/dwmodel/dwmodel.htm>, 10.06.1997

Meffert, H. (1998):

Marketing: Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung: Konzepte – Instrumente – Praxisbeispiele: Mit neuer Fallstudie VW-Golf; 8. Aufl., Wiesbaden (Gabler) 1998

Mertens, P.; Bodendorf, F.; König, W.; Picot, A.; Schumann, M. (1995):

Grundzüge der Wirtschaftsinformatik, 3. Aufl., Berlin et al. (Springer), 1995

Ohlendorf, T. (1997):

Objektorientierte Datenbanksysteme für den Einsatz im Data-Warehouse-Konzept, in: Mucksch, H.; Behme, W. (Hrsg.): Das Data-Warehouse-Konzept – Architektur – Datenmodelle – Anwendungen, 2. Aufl., Wiesbaden (Gabler) 1997, S. 211-233

Oracle (1996):

Personal Express – User's Guide: Version 5.0, Redwood City (Oracle Corporation) 1996

Ortner, E. (1983):

Aspekte einer Konstruktionsprache für den Datenbankentwurf, Darmstadt (Toeche-Mittler) 1983

Raden, N. (1996):

Star Schema 101, <http://www.strategy.com/dwf/raden/str101.htm>, 24.04.1997

Rautenstrauch, C. (1997):

Modellierung und Implementierung von Data-Warehouse-Systemen, Arbeitspapier, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg, 1997

Reichmann, T. (1997):

Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten, 5. Aufl., München (Vahlen) 1997

Rumbaugh, J.; Blaha, M.; Premerlani, W.; Eddy, F.; Lorenson, W. (1991):

Object-Oriented Modeling And Design, Englewood Cliffs (Prentice-Hall) 1991

Sapia, C. (1998):

Konzeptionelle multidimensionale Datenmodellierung mit dem ME/R Modell, Vortragsskript, 4. Workshop des GI-Arbeitskreises Multidimensionale Datenbanken, Darmstadt, 27.4.1998

Scheer, A.-W. (1995):

Wirtschaftsinformatik – Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse, 6. Aufl., Berlin-Heidelberg (Springer) 1995

Schmitz, H. (1997):

Objektorientierte Konzepte für Kosteninformationssysteme, Wiesbaden (Gabler) 1997

Thomsen, E. (1997):

OLAP Solutions – Building Multidimensional Information Systems, New York et al. (John Wiley & Sons) 1997

Totok, A. (1997):

Data Warehouse und OLAP als Basis für betriebliche Informationssysteme, Arbeitsbericht Nr. 97/03, Institut für Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität Braunschweig, 1997

Totok, A. (1998a):

Semantische Modellierung von multidimensionalen Datenstrukturen – Schwerpunkt: Grafische Modellierungsnotationen, Vortrag, 4. Workshop des GI-Arbeitskreises Multidimensionale Datenbanken, Darmstadt, 27.4.1998

Totok, A. (1998b):

Controllinganwendungen mit OLAP, in: Zeitschrift für Planung, 2/1998, S. 161-180

Witt, F.-J. (1992):

Handelscontrolling, München (Vahlen) 1992