

Heft 72

Michael Zell

**Datenmanagement simulationsgestützter
Entscheidungsprozesse am Beispiel
der Fertigungssteuerung**

November 1990

Datenmanagement simulationsgestützter Entscheidungsprozesse am Beispiel der Fertigungssteuerung

Inhaltsverzeichnis

1. Integrierte Datenbankumgebungen für die Simulation	1
2. Datenmanagement simulationsgestützter Entscheidungsprozesse in der Fertigungssteuerung	6
2.1. Beschreibung des Strukturierungsansatzes	7
2.2. Entwicklung der Datenstruktur	11
2.2.1. Sichtweise auf die betrachteten Daten	11
2.2.2. Datenstruktur des realen Fertigungsbereichs	14
2.2.3. Datenstruktur der Simulationsmodellbank	16
2.2.4. Datenstruktur des Entscheidungsunterstützungsprozesses	17
2.2.4.1. Stammdatenverwaltung	19
2.2.4.2. Einbindung eines aktuellen Simulationsmodells	22
2.2.4.3. Experimentierphase	23
2.2.4.4. Alternativenvergleich	25
2.2.4.5. Gesamtdarstellungssicht der Entscheidungsebene	26
2.2.5. Datenstruktur zur Präsentationssicht	27
2.2.6. Modellierung von Anwendersichten	30
2.2.6.1. Anwendersichten für ein simulationsgestütztes Informationssystem	30
2.2.6.2. Modellierung der anwenderspezifischen Informationspräsentation	31
3. Zusammenfassung	32
Literatur	33

Datenmanagement simulationsgestützter Entscheidungsprozesse am Beispiel der Fertigungssteuerung

Die Durchführung von Simulationsstudien erfordert die Verwaltung einer Vielzahl von Daten. Neben den Daten zum Aufbau von Simulationsmodellen liegt eine besondere Bedeutung auf der Verwaltung von Daten durchzuführender und durchgeführter Simulationsexperimente. Im Rahmen von Simulationsstudien fallen in der Regel die Daten in einer für den Nicht-Simulationsexperten nur schwer zugänglichen Form an. Im einzelnen läßt sich aufführen, daß die von Simulatoren erzeugten Daten

- zu umfangreich sind,
- zu wenig aussagefähig (unverdichtet) sind,
- Zusammenhänge zwischen den Daten schwer zu erkennen sind und
- wenig ansprechende graphische Darstellungsmöglichkeiten vorliegen.

Aus diesen Gründen gewinnen Konzepte zur benutzergerechten Datenverdichtung und graphischen Aufbereitung von Simulationsdaten immer mehr an Bedeutung.

Im folgenden soll die Notwendigkeit eines Datenmanagements für simulationsgestützte Entscheidungsprozesse aufgezeigt werden. Nach der Darstellung bestehender Ansätze wird für das Beispiel des Einsatzes der Simulation in der kurzfristigen Fertigungssteuerung die Konzeption einer integrierten Datenbankumgebung beschrieben.

1. Integrierte Datenbankumgebungen für die Simulation

In der Literatur findet sich die Forderung nach einem effizienten Datenmanagement simulationsgestützter Entscheidungsprozesse [1][2][3][4].

Wesentliche Anstöße zur Diskussion der Problematik des Datenmanagements bei der Durchführung von Simulationsstudien wurden von Ören und Zeigler gegeben, die als einen grundlegenden Mangel bestehender Simulationssysteme das Fehlen geeigneter

[1] Vgl. Yancey, D.P.: Database management systems can provide way to manage information generated in a computer simulation program, *Industrial Engineering* (1987)5, S. 50f.

[2] Vgl. King, S.F.: Information analysis for simulation database design, in: Murray-Smith u.a. (Hrsg.), *Proceedings of the Third European Simulation Congress, Edinburgh 1989*, S. 148f.

[3] Vgl. Ketcham, G.M., Shannon, R.E., Hogg, G.L.: Information structures for simulation modeling of manufacturing systems, *Simulation* 52(1989)2, S. 59f.

[4] Vgl. Birta, L.G., So, M.: NEMS: A database support environment for numerical experimentation, *Simulation* 54(1990)4, S. 189f.

Softwaresysteme und Datenstrukturen zur Organisation von Simulationsmodellen und der durch sie erzeugten Daten herausstellen [5]. Sie klassifizieren die anfallenden Daten in:

- Daten zur Beschreibung des Experimentrahmens,
- Daten zur Beschreibung der Modellstruktur und zur Spezifikation des Modell-Outputs,
- vom Modell erzeugte Daten innerhalb eines bestimmten Experimentrahmens und
- Daten zur Beschreibung des realen Systems.

Im Rahmen eines methodischen Ansatzes stellen sie die Datenbeziehungen innerhalb einer Simulationsstudie dar.

Standridge hat ein spezielles Datenbankmanagementsystem zur Verwaltung von Simulationsdaten auf Basis des relationalen Datenmodells entwickelt [6]. Das System unterstützt die Organisation der vom Modell erzeugten Daten und stellt Möglichkeiten zur Datenanalyse und zum Erstellen von Reports bereit.

Kerckhoffs und Vansteenkiste fordern die Entwicklung von Informationsverwaltungssystemen ("information base management systems") für die Simulation [7]. Solche Systeme sollen die Möglichkeit bieten, einmal gezielt nach Modellen mit bestimmten Eigenschaften hinsichtlich der Ansprüche des Anwenders zu suchen, zum anderen aber auch neue Modelle aus vorher gespeicherten Modellen zusammenzusetzen; dazu müssen entsprechende Automatisierungsmechanismen zur Datenakquisition sowie eine interaktive Unterstützung des Anwenders bei der Modellierung bereitgestellt werden.

Die Autoren stellen die Konzeption des Systems PROCCIS ("Productivity Control Information System") zur Verwaltung und Steuerung komplexer bioindustrieller Prozesse dar; eine wesentliche Komponente dieses Systems ist ein Informationsverwaltungssystem zur Verwaltung von Wissen über das reale System, Meßwerten, Experimentwissen, Daten zur Modellbeschreibung sowie Simulationsergebnissen [8].

King beschreibt einen methodischen Ansatz zur Informationsanalyse mit der Zielsetzung einer Datenbankimplementierung zur Unterstützung von Modellierung und Simulation [9]. Zielsetzung dieser Vorgehensweise ist die Identifikation der Anforderungen des Si-

[5] Vgl. Ören, T.I., Zeigler, B.P.: *Concepts for advanced simulation methodologies*, *Simulation* 32(1979)3, S. 70f.

[6] Vgl. Standridge, C.R.: *Using the simulation data language SDL*, *Simulation* 37(1981)3, S. 73f.

[7] Vgl. Kerckhoffs, E.J.H., Vansteenkiste, G.C.: *The impact of advanced information processing on simulation - An illustrate review*, *Simulation* 46(1986)1, S. 17.

[8] Vgl. Kerckhoffs, E.J.H., Vansteenkiste, G.C.: *The impact of advanced information processing on simulation - An illustrate review*, *Simulation* 46(1986)1, S. 19, oder: Vansteenkiste, G.C., Kerckhoffs, E.J.H.: *Informationbase support in simulation of biological systems*, in: *Proceedings of the 1984 UKSC Conference on Computer Simulation*, Butterworths, London 1984, S. 198f.

[9] Vgl. King, S.F.: *Information analysis for simulation database design*, in: Murray-Smith u.a. (Hrsg.), *Proceedings of the Third European Simulation Congress, Edinburgh 1989*, S. 148f.

mulationsverantwortlichen und die Abbildung eines nicht-redundanten Modells der entsprechenden Daten. Auf der Basis der Simulationsprozess-Elemente

- reales System,
- Experimentrahmen,
- Basismodell als umfassende Beschreibung des realen Systems,
- vereinfachtes, experimentbezogenes Modell und
- Computer (Prozessor)

entwickelt er eine allgemeine Datenstruktur.

Ketcham, Shannon und Hogg stellen einen informationstechnischen Ansatz zur Modellierung und eine informationsgestützte Simulationsumgebung vor [10]. Ihr Ansatz verbindet den Modellierungs- und Simulationsprozeß mit Konzepten des Datenbank-Managements und der objektorientierten Programmierung. Dabei sind in der Datenbank z.B. Fertigungsinformationen wie Stücklisten, Transportwege oder Aufbau von Arbeitsstationen abgelegt. Während eines Simulationslaufs werden gemäß den Problemanforderungen entsprechende Datenbankelemente zu einem temporären Modell zusammengefaßt. Die Steuerung der Simulation erfolgt gemäß den Beziehungen der Datenelemente; Simulationsergebnisse werden in die Datenbank zurückgeschrieben.

Rahbar, Bennet und Linkens unterstreichen die Bedeutung einer integrierten Datenbasis in einer wissensbasierten Simulationsumgebung. Sie stellen folgende Anforderungen an die Gestaltung einer integrierten Datenbasis [11]:

- Hierarchische Strukturierung von Simulationsmodellen zur Unterstützung von Top-Down-Ansätzen (Zerlegung eines Modells in Submodelle) und Bottom-Up-Ansätzen (Zusammensetzung eines Modells aus Basisblöcken).
- Berücksichtigung unterschiedlicher Repräsentationsformen eines Modells, beispielsweise in unterschiedlichen Detaillierungsgraden.
- Verwaltung unterschiedlicher Modellversionen bzw. -alternativen für den Fall einer Modellweiterentwicklung.
- Verwaltung von Dokumentationstexten und Schnittstellenbeschreibungen,
- Sicherstellung der Modellkonsistenz.

Aufbauend auf diesen Anforderungen, werden von den Autoren ein relationales Datenmodell sowie ein objektorientiertes Datenmodell beschrieben.

[10] Vgl. Ketcham, G.M., Shannon, R.E., Hogg, G.L.: *Information structures for simulation modeling of manufacturing systems*, *Simulation* 52(1989)2, S. 59f.

[11] Vgl. Rahbar, M.T., Bennet, S., Linkens, D.A.: *An integrated database: Its role in a knowledge-based environment for modeling and simulation (KEMS)*, in: Murray-Smith u.a. (Hrsg.), *Proceedings of the Third European Simulation Congress, Edinburgh 1989*, S. 188.

Die datenorientierte Sichtweise des simulationsgestützten Informationsprozesses, wie sie sich aus den betrachteten Forschungsansätzen herauskristallisiert, wird zusammengefaßt im Rahmen einer schematischen Darstellung einer integrierten Datenbank für die Simulation, die folgende Bereiche umfaßt:

- Daten des zugrundeliegenden realen Problems,
- Daten zur Beschreibung von Simulationsmodellen,
- Daten zur Beschreibung durchzuführender Experimente,
- Daten, die aus Experimenten resultieren,
- Daten bezüglich der Aufbereitung und Präsentation von Simulationsergebnissen,
- Daten über die Anwender der Simulation,
- Daten zur Dokumentation.

Der Aufbau der integrierten Simulationsdatenbank geht aus Abbildung 1 hervor, zusätzlich werden hier die erwarteten Nutzeneffekte aufgezeigt.

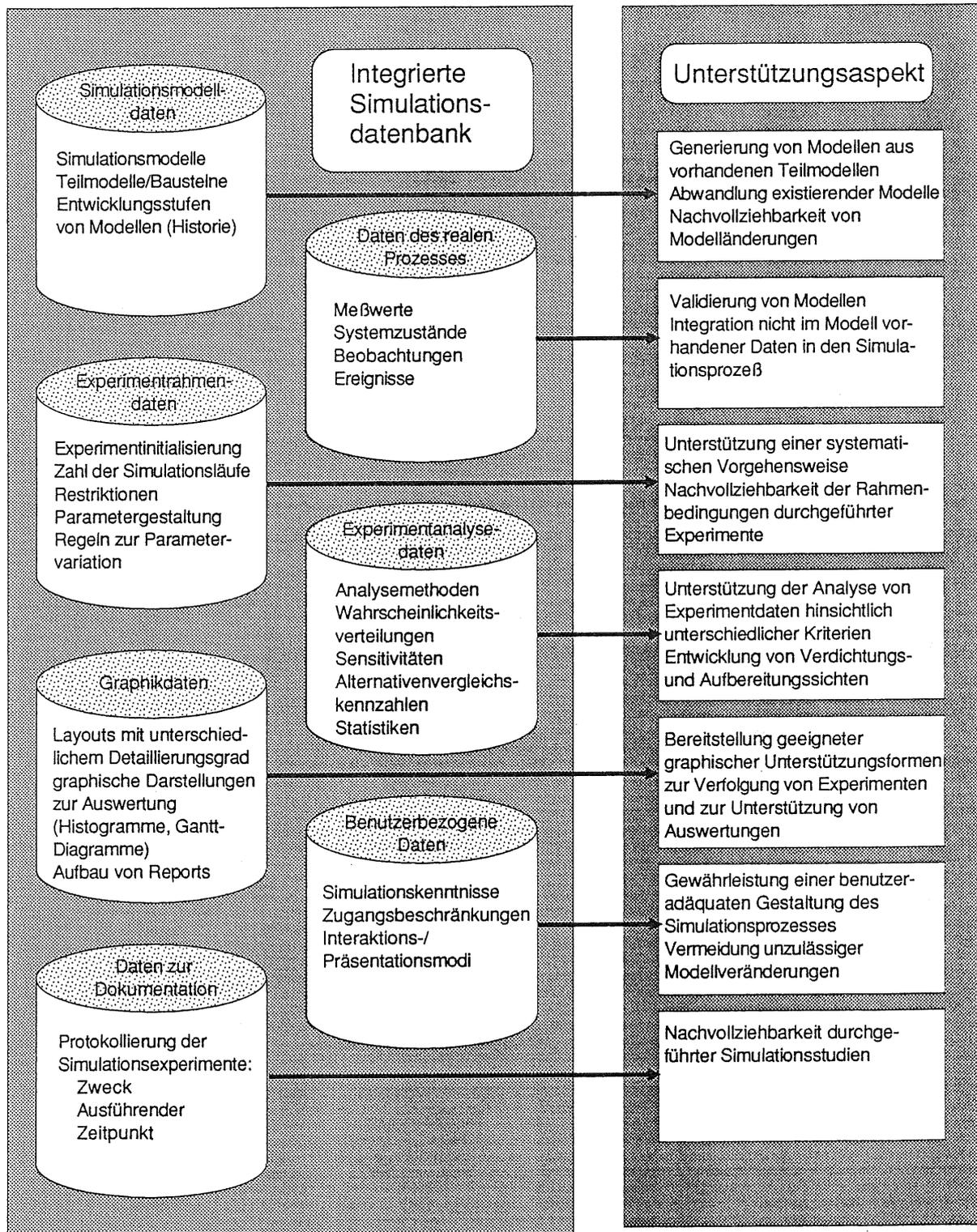


Abb. 1: Nutzeneffekte einer integrierten Datenbank für die Simulation

2. Datenmanagement simulationsgestützter Entscheidungsprozesse in der Fertigungssteuerung

Die aufgezeigten Forschungsansätze beschäftigen sich generell mit der Problematik des Datenmanagements in der Simulation, zum Teil wird ein besonderer Schwerpunkt auf den Einsatz der Simulation beim Entwurf von Produktionssystemen gelegt. Bezüglich der Gestaltung des Datenmanagements für die Fertigungssteuerung sind jedoch zusätzliche Aspekte zu beachten, die sich aus den spezifischen Anforderungen der Problemstellung ergeben. Im Vergleich zu der Anwendung der Simulation im Bereich des Entwurfs von Produktionssystemen ergeben sich bei der Fertigungssteuerung die im folgenden genannten speziellen Anforderungen für das Datenmanagement.

- Bei der kurzfristigen Fertigungssteuerung wird von festen Kapazitäten ausgegangen; der Aspekt der Neuentwicklung von Modellen, z.B. für einen bestimmten Fertigungsbereich, und der Verwaltung von Modellen auf unterschiedlichen Entwicklungsstufen tritt zurück.
- Da das für die Fertigungssteuerung eingesetzte Simulationsmodell über einen längeren Zeitraum hinweg im täglichen Einsatz genutzt wird, kann sich die Notwendigkeit einer Anpassung ergeben. Diese kann dadurch bedingt sein, daß sich Veränderungen bezüglich des Ablaufs im Fertigungsbereich ergeben haben oder sich das verwendete Modell für die Zwecke der Fertigungssteuerung als nicht geeignet erwiesen hat, weil es beispielsweise die Abläufe im Fertigungsbereich zu grob oder zu detailliert nachbildet. Ein Abgleich durchgeführter Simulationen mit den nachfolgend eingetretenen realen Prozessen zeigt Anpassungsnotwendigkeiten auf.
- Es bietet sich an, Modelle auf unterschiedlichen Hierarchiestufen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad bereitzuhalten, um in Abhängigkeit der zeitlichen Nähe von Dispositionsentscheidungen Simulationen unterschiedlich detailliert durchführen zu können.
- Aufgrund der Anforderungen an eine zeitnahe Fertigungssteuerung ist es erforderlich, daß die aktuellen Daten (Zustände) des realen Systems in der Simulation Berücksichtigung finden; d.h., die Initialisierung eines Simulationslaufs muß auf den aktuellen Daten bezüglich der Fertigungssituation und des aktuellen Auftragspektrums erfolgen (Online-Simulation).
- In der Regel handelt es sich bei der Simulation in der Fertigungssteuerung um eine deterministische Simulation auf Basis von Planwerten für einzelne Vorgänge, stochastische Daten sind von geringerer Bedeutung.
- Zur Beschleunigung des Entscheidungsprozesses sollte der Entscheidungsrahmen, also die zur Verfügung stehenden Parameter und Strategien, eindeutig abge-

grenzt und systematisiert sein; für die ermittelten Daten aus Simulationsexperimenten müssen Selektions- und Verdichtungskriterien gebildet sowie graphische Darstellungen in statischer Form bereitgestellt werden.

- Die Bedeutung der Animation verlagert sich von einem Instrument zur Validierung von Simulationsmodellen zu einem Instrument zur Überprüfung der Zulässigkeit bzw. der Effizienz von Fertigungssteuerungsstrategien; die Archivierung durchgeführter Animationen erlaubt die Untersuchung dynamischer Ablaufstrukturen.

Im folgenden wird ein detailliertes Konzept zur Gestaltung einer Datenbasis für die Simulation in der Fertigungssteuerung entwickelt [12].

2.1. Beschreibung des Strukturierungsansatzes

Bei der Strukturierung der Daten für ein simulationsgestütztes Informationssystem für die Fertigungssteuerung wird nach zwei wesentlichen Kriterien vorgegangen [13]:

- Betrachtung der Daten hinsichtlich ihres Beschreibungsgegenstandes,
- Betrachtung der Daten hinsichtlich ihrer zeitlichen Gültigkeit im Rahmen einer simulationsgestützten Entscheidungsfindung.

Hinsichtlich des Beschreibungsgegenstandes soll dabei eine Einteilung nach simulationsmodellbezogenen Daten, fertigungsbereichs- oder prozeßbezogenen Daten, Daten zur Unterstützung des Entscheidungsprozesses und Daten zur Informationsrepräsentation vorgenommen werden, wie Abbildung 2 verdeutlicht:

[12] Vgl. dazu auch: Zell, M., Scheer, A.-W.: *Graphikunterstützte Simulation in der Fertigungssteuerung - Ein Ansatz zur strukturierten Informationsverarbeitung*, *Wirtschaftsinformatik* 32(1990)2, S. 168ff, oder: Zell, M., Scheer, A.-W.: *Datenstruktur einer graphikunterstützten Simulationsumgebung für die dezentrale Fertigungssteuerung*, in: Reuter, A. (Hrsg.), *Proceedings zur GI-19. Jahrestagung: Informatik auf dem Weg zum Anwender*, Berlin et al. 1990, S. 26ff.

[13] Vgl. Zell, M.: *Konzeption eines simulationsgestützten Informationssystems für die dezentrale Fertigungssteuerung*, in: Breitenecker, F., Troch, I., Kopacek, P. (Hrsg.), *6. Symposium Simulationstechnik, Braunschweig 1990*, S. 279f.

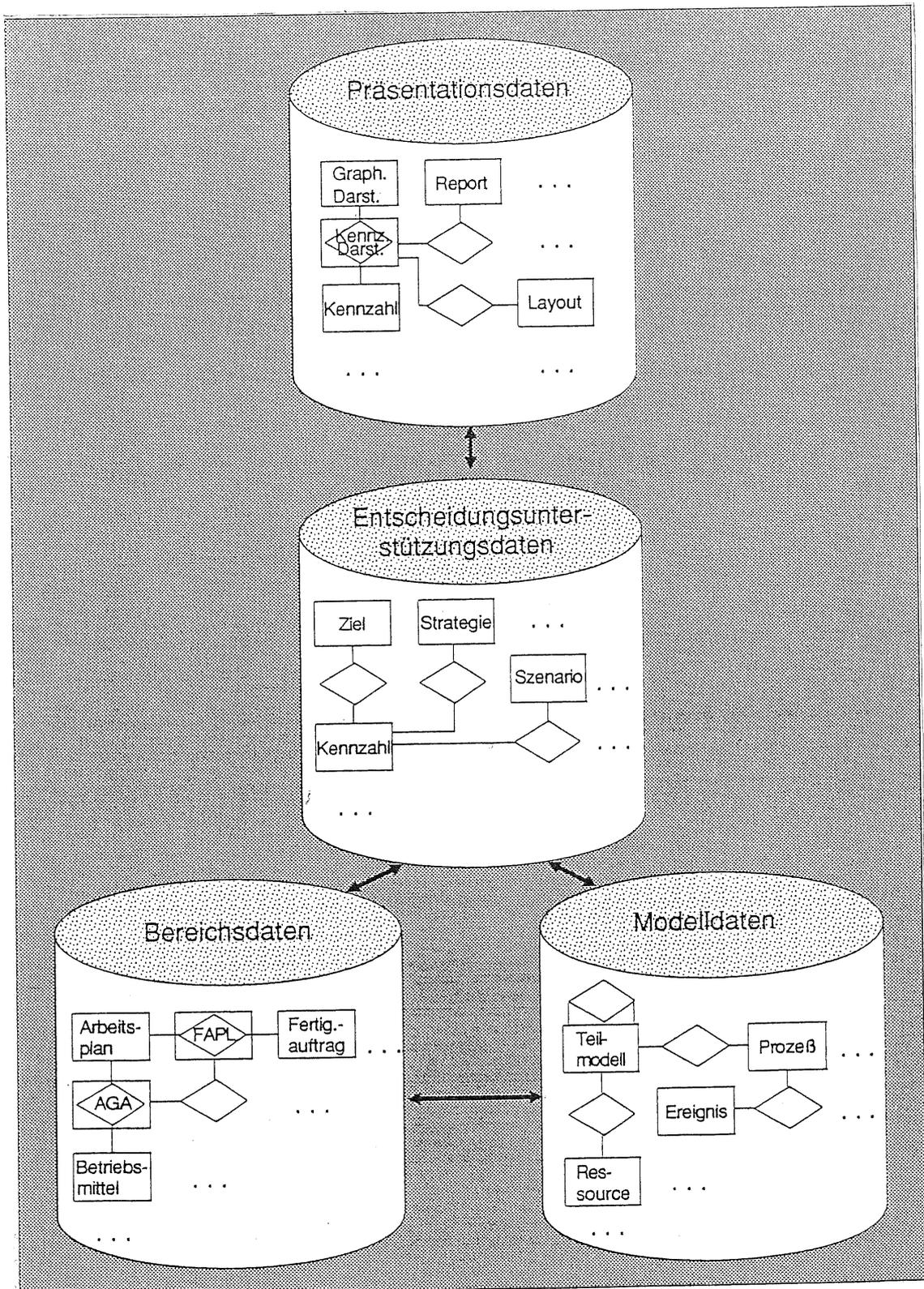


Abb. 2: Strukturierung der Daten hinsichtlich ihres Beschreibungsgegenstandes

Die Simulationsmodellbank enthält entsprechende Basismodelle oder Teilmodelle zur strukturellen Beschreibung bestimmter Fertigungsbereiche; aus der Datenbank des realen Fertigungsbereichs werden im Bedarfsfall steuerungsrelevante, bereichsspezifische Daten, z.B. zur aktuellen Maschinenbelegung oder zur momentanen Auftragsituation, zur Erstellung eines aktuellen Modelles herangezogen. Die Datenbank des Entscheidungsunterstützungsprozesses verwaltet Daten, die den Entscheidungsraum des Anwenders determinieren, wie Steuerungsstrategien, Zielsetzungen und Kennzahlen zu Simulationsläufen und Alternativenvergleichen auf unterschiedlich verdichteten Ebenen. Bei der Verwaltung von Präsentationsdaten lassen sich unterschiedliche Darstellungsformen für die Informationspräsentation berücksichtigen; hierzu gehört der Aufbau von Standardreports zur Analyse von Simulationsexperimenten und zum Alternativenvergleich sowie die Verwaltung bereichsbezogener Layouts als Grundlage für die Durchführung von Animationen.

Eine derartige Strukturierung der Daten bietet folgende wesentlichen Vorteile:

- Es besteht die Möglichkeit zu einer strukturierten Erfassung der zur Unterstützung des Entscheidungsprozesses notwendigen Komponenten, wie Zielsetzungen, Strategien und Kennzahlen.
- Die Informationskomplexität wird durch die Trennung elementarer Bereichsdaten und verdichteter, entscheidungsrelevanter Daten reduziert.
- Durch die Trennung von Entscheidungsdaten und Präsentationsdaten wird die Definition unterschiedlicher Benutzersichten bzw. Benutzermodelle unterstützt.

Das zweite Strukturierungskriterium ist die zeitliche Gültigkeit der anfallenden Daten im Simulationsprozeß; hier wird zwischen Stammdaten, Dispositionsdaten und Experimentdaten unterschieden.

Dabei sind unter Stammdaten diejenigen Daten zu verstehen, die über einen längeren Zeitraum hinweg unverändert bleiben. Als Dispositionsdaten sollen die Daten bezeichnet werden, deren Gültigkeit sich auf den Planungsvorgang zur Disposition eines bestimmten Auftragspektrums bezieht. Da ein Planungsvorgang mehrere Simulationsexperimente umfassen kann, lassen sich weiterhin Experimentdaten unterscheiden, deren Gültigkeit auf ein bestimmtes Simulationsexperiment im Rahmen eines Planungsvorgangs beschränkt ist. Eine Klassifizierung der Daten hinsichtlich ihrer zeitlichen Gültigkeit zeigt Abbildung 3:

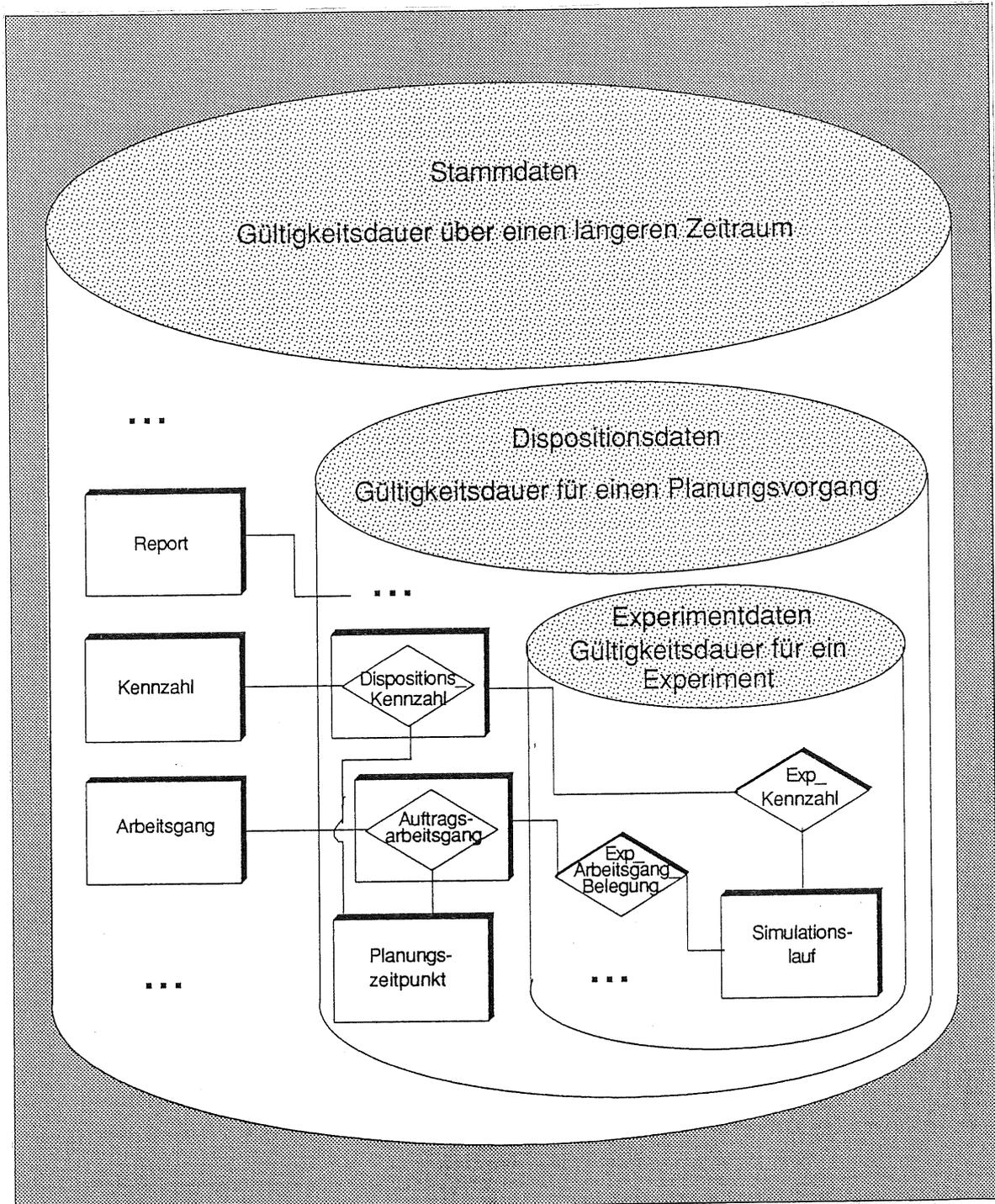


Abb. 3: Einteilung der Daten des Simulationsprozesses nach ihrer zeitlichen Gültigkeit

Ein Arbeitsgang kann beispielsweise innerhalb der Stammdaten vorhanden sein und durch Verbindung mit einem aktuellen Auftrag zu einem bestimmten Planungszeitpunkt mit den auftragsbezogenen Daten angereichert werden. Zu einem solchen Auftragsarbeitsgang lassen sich wiederum alternative Arbeitsgangbelegungen erzeugen, die experimentspezifische Belegungszeiten enthalten.

Eine Strukturierung der Daten nach der unterschiedlichen zeitlichen Reichweite bietet folgende Vorteile:

- Die systematische, temporäre Speicherung von Simulationsparametern und Simulationsergebnissen erlaubt einen zielorientierten Vergleich von Alternativen, Einzelheiten zu vorherigen Alternativen lassen sich bei Bedarf wieder hervorholen.
- Aus dem anfallenden Datenmaterial lassen sich Auswertungen unterschiedlichster Art generieren; insbesondere wird die Nachvollziehbarkeit von Wirkungszusammenhängen, auch hinsichtlich einer Verbesserung des Dispositionsinstrumentariums, begünstigt.
- Die simulativ ermittelten Wirkungszusammenhänge können die Grundlage der Wissensgewinnung eines Expertensystems zur Dispositionsunterstützung sein, indem Simulationsergebnisse in Metaregeln zur Parameterkonfigurierung transformiert werden [14].

2.2. Entwicklung der Datenstruktur

Im folgenden soll die Datenstruktur zur Beschreibung eines auf der Simulation basierenden Informationssystems zur Fertigungssteuerung aufgezeigt werden.

Für die Konstruktion der Datenstrukturen wird der Ansatz des Entity-Relationship-Modells gewählt [15]. Damit steht eine wirksame Konstruktionsprache zum Entwurf logischer Datenstrukturen zur Verfügung [16].

2.2.1. Sichtweise auf die betrachteten Daten

Scheer entwickelt mit Hilfe des Entity-Relationship-Modells ein Metamodell zur Beschreibung der Strukturen eines betriebswirtschaftlichen Informationssystems [17].

[14] Vgl. Zelewski, S.: *PPS-Expertensysteme für die Terminfeinplanung und -steuerung, Teil 1: Konzepte, Information Management* 5(1990)1, S. 59.

[15] Der Ansatz des Entity-Relationship-Modells geht zurück auf Chen, vgl. z.B.: Chen, P.P.: *The Entity-Relationship-Model: Towards a Unified View of Data, ACM Transactions on Database Systems*, 1(1976)1, S. 9-36.

[16] Vgl. Scheer, A.-W.: *Unternehmens-Datenbanken - Der Weg zu bereichsübergreifenden Datenstrukturen*, in: Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik*, Heft 63, September 1989, S. 1f.

[17] Vgl. Scheer, A.-W.: *Modellierung betriebswirtschaftlicher Informationssysteme, Teil 1: Logisches Informationsmodell*, in: A.-W. Scheer (Hrsg.): *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik*, Heft 67, Saarbrücken 1990, S. 12f.

Zur Einordnung der im folgenden dargestellten Datenstrukturen soll in Anlehnung an den Ansatz von Scheer eine Sicht auf die Daten eines simulationsgestützten Informationssystems zur Fertigungssteuerung entwickelt werden. Dabei wird die Ebene der logischen Datenstrukturen aufgespalten in eine Bereichs-, eine Entscheidungs- und eine Präsentationsebene. Diese Sichtweise geht aus Abbildung 4 hervor.

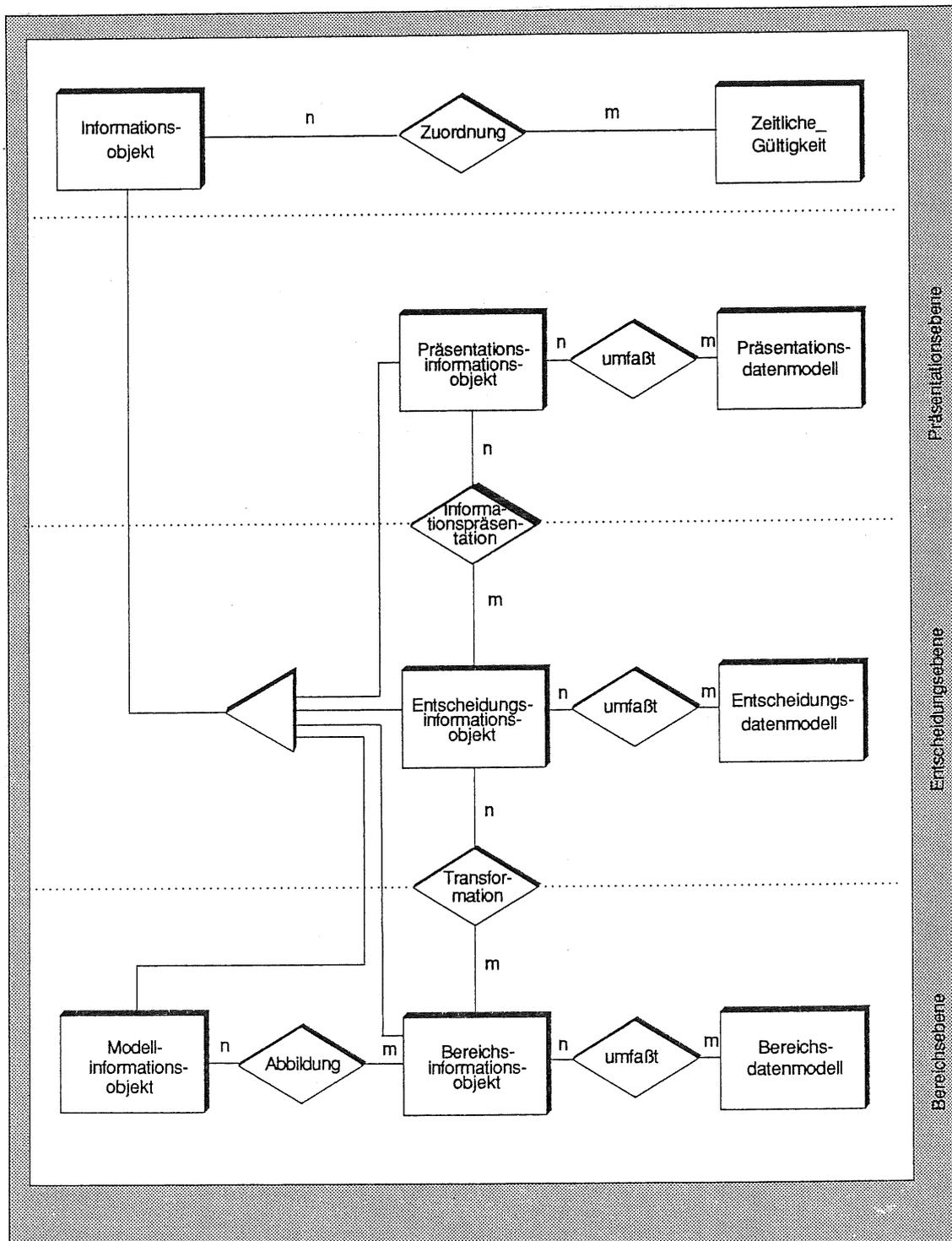


Abb. 4: Struktur eines simulationsgestützten Informationssystems - Datensicht

Ein Informationsobjekt steht dabei allgemein für einen Begriff, der durch Attribute in einer Datenbasis beschrieben werden soll; darunter werden sowohl Ereignisse wie auch Zustände erfaßt [18].

Der Begriff des Informationsobjektes wird hinsichtlich der verwendeten Beschreibungsichten zerlegt in Bereichsinformationsobjekte, Modellinformationsobjekte, Entscheidungsinformationsobjekte und Präsentationsinformationsobjekte. Dies erfolgt im Rahmen einer Spezialisierung, die durch ein Dreieck repräsentiert wird [19].

Bereichsinformationsobjekte sind Daten, die Begriffe der operativen Ebene für einen bestimmten betrachteten Bereich repräsentieren (z.B. Arbeitsgang, Auftrag).

Modellinformationsobjekte dienen als Überbegriff für methodenspezifische Begriffe wie Modell/Teilmodell, (Simulations-) Ereignis, (Simulations-) Prozeß oder (Simulations-) Variable, und repräsentieren somit die Sichtweise des verwendeten Simulators.

Entscheidungsinformationsobjekte umfassen Begriffe, die auf der Ebene des Entscheidungsprozesses im Rahmen von Simulationsstudien auftreten (z.B. Ziele, Strategien).

Präsentationsinformationsobjekte umfassen die Formen der Darstellung von Informationen aus Anwendersicht (z.B. Report, Animation).

Zwischen den einzelnen Betrachtungssichten bestehen Beziehungen, die den Übergang von einer Ebene in die andere kennzeichnen. Der Beziehungstyp TRANSFORMATION beinhaltet Informationen darüber, wie bereichsbezogene Informationsobjekte in entscheidungsbezogene Informationsobjekte umgewandelt werden können (z.B. die Zusammensetzung einer Kennzahl aus den "atomaren" Daten der Ressourcenbelegungen auf Bereichsebene) bzw. umgekehrt (z.B. die Umsetzung einer Strategie auf der Entscheidungsebene in Vorgaben für die Gestaltung des Auftragsdurchflusses). Da ein Entscheidungsinformationsobjekt mehrere Bereichsinformationsobjekte beeinflussen kann, umgekehrt auch auf ein Bereichsinformationsobjekt mehrere Entscheidungsinformationsobjekte einwirken können, handelt es sich um eine n:m-Beziehung.

Die Beziehung INFORMATIONSPRÄSENTATION gibt an, wie Entscheidungsinformationsobjekte in möglicherweise komplexe Präsentationsinformationsobjekte eingehen können. Ein Präsentationsinformationsobjekt, z.B. ein Report zu einem Simulationsexperiment, kann dabei unterschiedliche Entscheidungsinformationsobjekte, z.B. Kennzahlen und eingesetzte Strategien, in einer bestimmten Repräsentationsform enthalten. Da ein Entscheidungsinformationsobjekt in unterschiedliche Präsentationssichten einfließen kann, liegt auch hier eine n:m-Beziehung vor.

Innerhalb der Bereichsebene besteht durch die Abbildung bereichsspezifischer Daten in Form eines Simulationsmodells eine zusätzliche Beziehung zwischen Bereichsinformationsobjekten und Modellinformationsobjekten. Sie gibt an, wie reale Bereichsobjekte, z.B.

[18] Vgl. Scheer, A.-W.: a.a.O., S. 12.

[19] Vgl. Scheer, A.-W.: *Wirtschaftsinformatik - Informationssysteme im Industriebetrieb*, 2. Auflage, Berlin et al 1988, S. 23.

ein Arbeitsgang, innerhalb des Simulationsmodells abgebildet werden (beispielsweise als Folge elementarer Ereignisse). Bei dem Beziehungstyp ABBILDUNG handelt es sich um eine n:m-Beziehung, weil Bereichsobjekte in unterschiedlicher Form in einem Modell abbildbar sind, andererseits auch ein Modellinformationsobjekt einer Vielzahl von Bereichsinformationsobjekten zugeordnet werden kann.

Der Aspekt der zeitlichen Gültigkeit eines Informationsobjekts wird durch die zusätzliche Einführung eines Entitytypen ZEITLICHE_GÜLTIGKEIT berücksichtigt. Die einzelnen Informationsobjekte werden diesem über n:m-Beziehungen zugeordnet. Dieser Sachverhalt wird so interpretiert, daß zu einer zeitlichen Gültigkeit (z.B. Experimentdaten) eine Vielzahl von Informationsobjekten existieren, andererseits aber auch ein Informationsobjekt unterschiedliche zeitliche Gültigkeiten annehmen kann, wenn z.B. eine im Rahmen eines Simulationsexperiments generierte Auftragsarbeitsgangbelegung in die Planungs- (Dispositions-)daten übernommen wird.

Die Zusammenfassung von Informationsobjekten zu Datenmodellen kann für die einzelnen Sichtweisen analog zu der Vorgehensweise von Scheer erfolgen [20].

2.2.2. Datenstruktur des realen Fertigungsbereichs

Die Bereichs- oder Prozeßebene wird durch ein Fachmodell abgebildet, das sich an den Tatbeständen und Begriffen der realen Welt orientiert, aber von Einzelausprägungen abstrahiert [21]. Somit tauchen hier Begriffe auf, die Fachbegriffe für einen bestimmten betrachteten Unternehmensbereich darstellen. Bezüglich der hier analysierten Problematik der Fertigungssteuerung sind dies Begriffe wie Maschine, Arbeitsplan, Arbeitsgang usw.. Die Modellierung der Datenstruktur, die solchen Fachmodellen zugrundeliegt, ist eine zum Entwurf betrieblicher Informationssysteme häufig angewandte Methodik.

Für das Beispiel einer dezentral orientierten Fertigungssteuerung soll hier ein entsprechendes Fachmodell angedeutet werden. Die Datenstruktur geht aus Abbildung 5 hervor.

[20] Vgl. Scheer, A.-W.: *Modellierung betriebswirtschaftlicher Informationssysteme, Teil 1: Logisches Informationsmodell*, in: A.-W. Scheer (Hrsg.): *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 67, Saarbrücken 1990, S. 12.*

[21] Vgl. Scheer, A.-W.: *a.a.O., S. 5.*

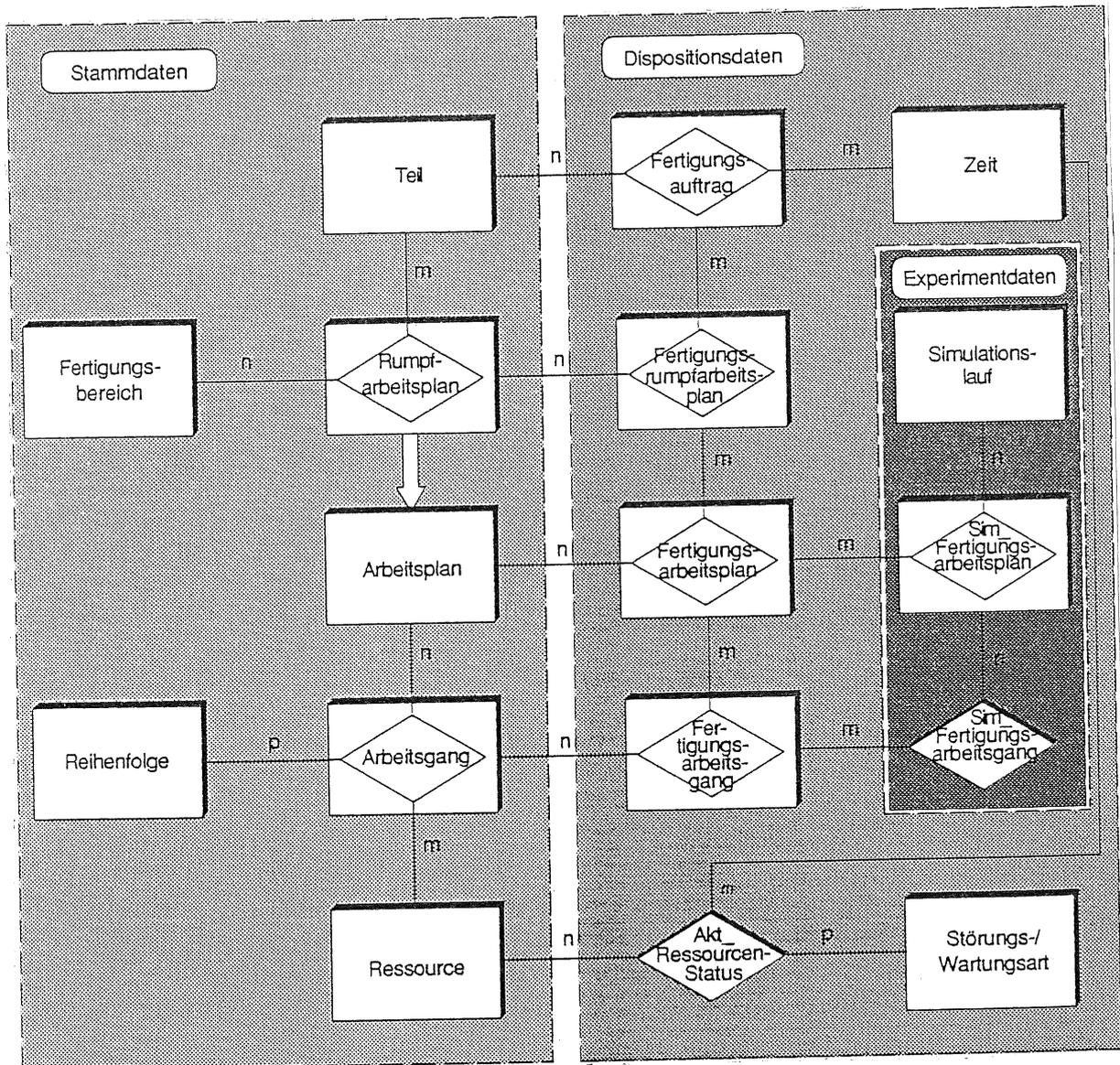


Abb. 5: Datenstruktur zur dezentralen Fertigungssteuerung

Eine detaillierte Beschreibung von Datenstrukturen zur dezentralen Fertigungssteuerung und der verwendeten Begriffe findet sich in [22] und [23], weshalb die einzelnen Fachbegriffe nicht weiter aufgeführt werden sollen. Zusätzlich wird jedoch hingewiesen auf die Möglichkeit der temporären Speicherung von Simulationsalternativen, die in der Abbildung als Experimentdaten gekennzeichnet sind. Bei der Durchführung simulativer Belegungen können dabei sowohl unterschiedliche (Simulations-)Fertigungsarbeitspläne durch alternative Arbeitsplanwahl sowie unterschiedliche Belegungszeiträume für Fertigungsarbeitsgänge entstehen, die durch die Anwendung unterschiedlicher Steuerungsstrategien erzeugt werden.

2.2.3. Datenstruktur der Simulationsmodellbank

Zur Unterstützung des Entscheidungsprozesses können unterschiedliche Entscheidungsmodelle herangezogen werden. Scheer stellt beispielsweise eine Sicht auf einen Optimierungsansatz mit Hilfe der linearen Programmierung anhand des Entity-Relationship-Modells dar [24].

Bezüglich des gewählten Beispiels der Simulation läßt sich die Struktur eines Simulationsmodells in einer Modellbank ablegen. Dadurch wird die Generierung eines spezifischen Modells, z.B. für einen bestimmten Fertigungsbereich, erleichtert. Eventuell können auch weitgehend aggregierte Bausteine, z.B. zur Beschreibung des Verhaltens komplexerer Maschinen, verwaltet und im Bedarfsfall zu einem Modell verknüpft werden. Abbildung 6 zeigt eine solche logische Datenstruktur am Beispiel eines ereignis- bzw. prozeßorientierten Simulators.

[22] Vgl. Emmerich, W., u.a.: *Verteilte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme unter Einsatz von Mikrocomputern, Zwischenbericht zum DFG-Forschungsprojekt Sche 185/3-2, Saarbrücken 1987, S. 91.*

[23] Vgl. Ruffing, T.: *Fertigungssteuerung bei Fertigungsinseln - Eine funktionale und datentechnische Informationsarchitektur, Köln 1991, Veröffentlichung in Vorbereitung.*

[24] Vgl. Scheer, A.-W.: *Modellierung betriebswirtschaftlicher Informationssysteme, Teil 1: Logisches Informationsmodell, in: A.-W. Scheer (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 67, Saarbrücken 1990, S. 28.*

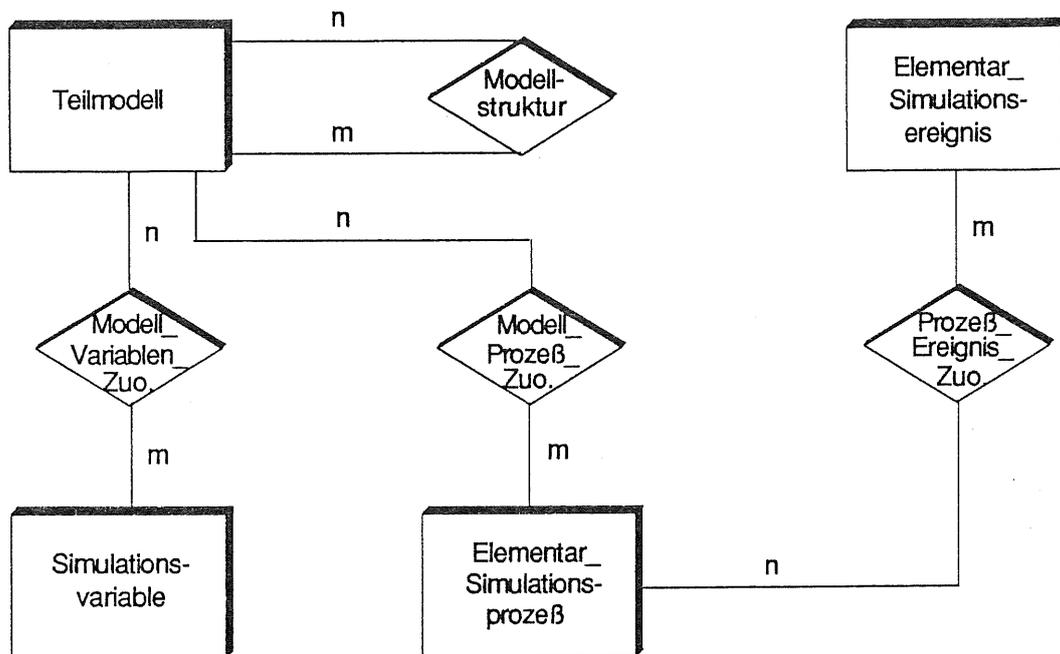


Abb. 6: Vereinfachte Datenstruktur einer Simulationsmodellbank

Eine Modellbank enthält somit Teilmodelle, beispielsweise zur Beschreibung des Verhaltens komplexer Maschinen. Diese können zu unterschiedlichen Modellen zusammengefaßt werden, was durch den Beziehungstyp MODELLSTRUKTUR, der eine n:m-Beziehung innerhalb des Entitytyps TEILMODELL darstellt, ausgedrückt wird. Ein Teilmodell besteht aus einer Folge elementarer Simulationsprozesse, die wiederum aus einer Folge elementarer Ereignisse zusammengesetzt sind. Dieser Sachverhalt wird durch die Entitytypen ELEMENTAR_SIMULATIONSPROZESS und ELEMENTAR_SIMULATIONSEREIGNIS sowie die Beziehungstypen MODELL_PROZESSZUORDNUNG und PROZESS_EREIGNISZUORDNUNG beschrieben. Innerhalb von Teilmodellen können Variablen, beispielsweise zur Beschreibung von Zuständen, existieren. Der Entitytyp SIMULATIONS VARIABLE wird somit mit TEILMODELL über den Beziehungstyp MODELL_VARIABLEN_ZUORDNUNG verbunden.

2.2.4. Datenstruktur des Entscheidungsunterstützungsprozesses

Im Rahmen der Datenstruktur des Entscheidungsunterstützungsprozesses werden die in diesem Zusammenhang relevanten Informationen bezüglich der verfolgten Zielsetzungen, möglicher Kennzahlen zur Beschreibung von Zielerreichungsgraden, Steuerungsstrategien zur Zielerreichung sowie zu berücksichtigender Einflußgrößen (Umweltzustände) erfaßt und verwaltet. Die Komponenten eines simulationsgestützten Entscheidungsprozesses zeigt Abbildung 7.

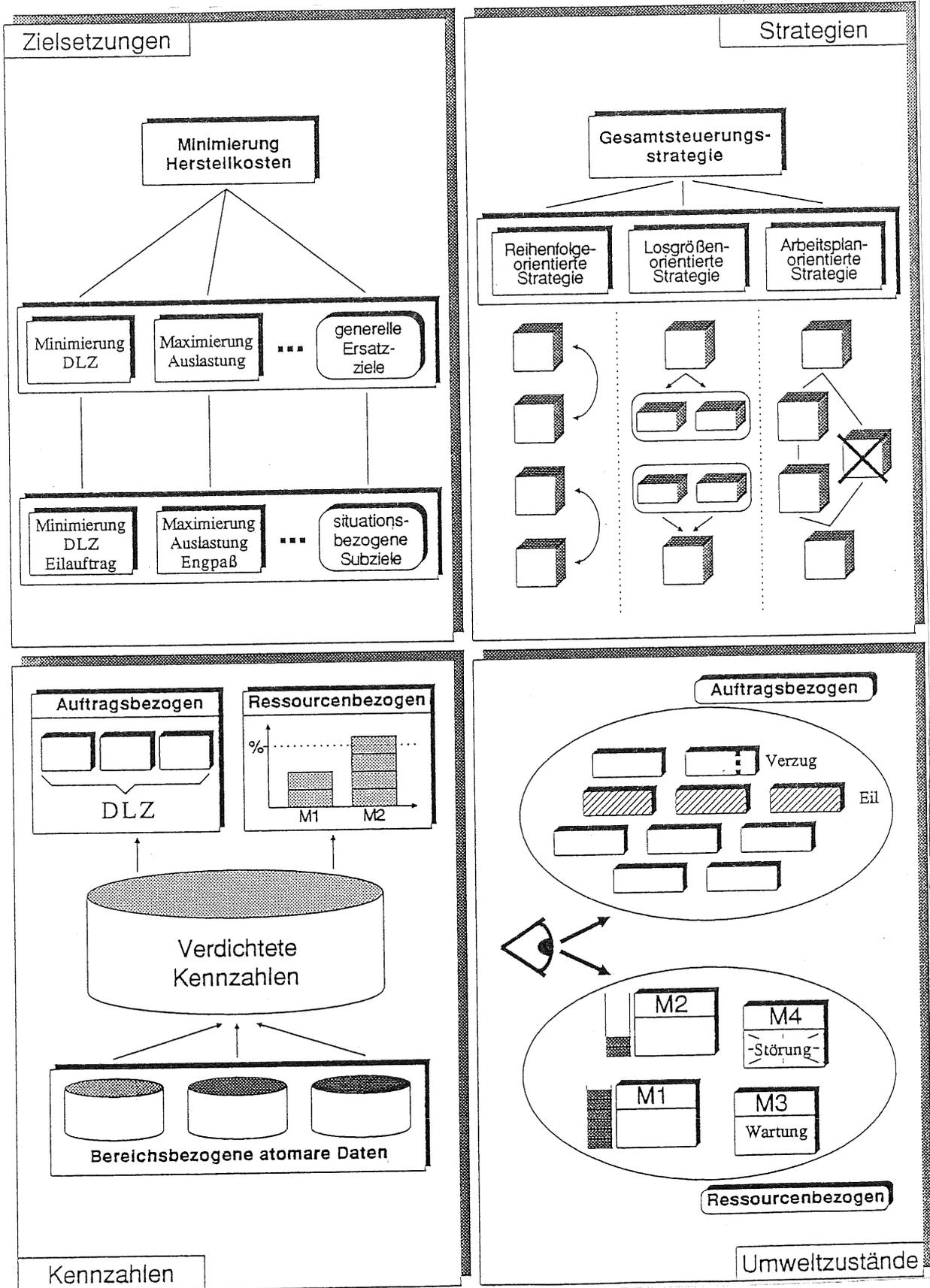


Abb. 7: Komponenten eines simulationsgestützten Entscheidungsprozesses

Im folgenden wird die Datenstruktur eines Entscheidungsprozesses am Beispiel der Fertigungssteuerung entwickelt. Dabei lässt sich in Anlehnung an die Vorgehensweise bei der Durchführung einer Simulationsstudie die Datenstruktur in der aufgeführten Reihenfolge entwickeln:

- Stammdatenverwaltung zur Abbildung der statischen Komponenten des Entscheidungsprozesses,
- Einbindung eines aktuellen Modells für eine spezifische Fertigungssituation,
- Experimentier- und Analysephase,
- Zielorientierter Alternativenvergleich.

2.2.4.1. Stammdatenverwaltung

Dem simulationsgestützten Entscheidungsprozess liegt die in Abbildung 8 dargestellte Datenstruktur bezüglich der Grunddaten (Stammdaten) zugrunde.

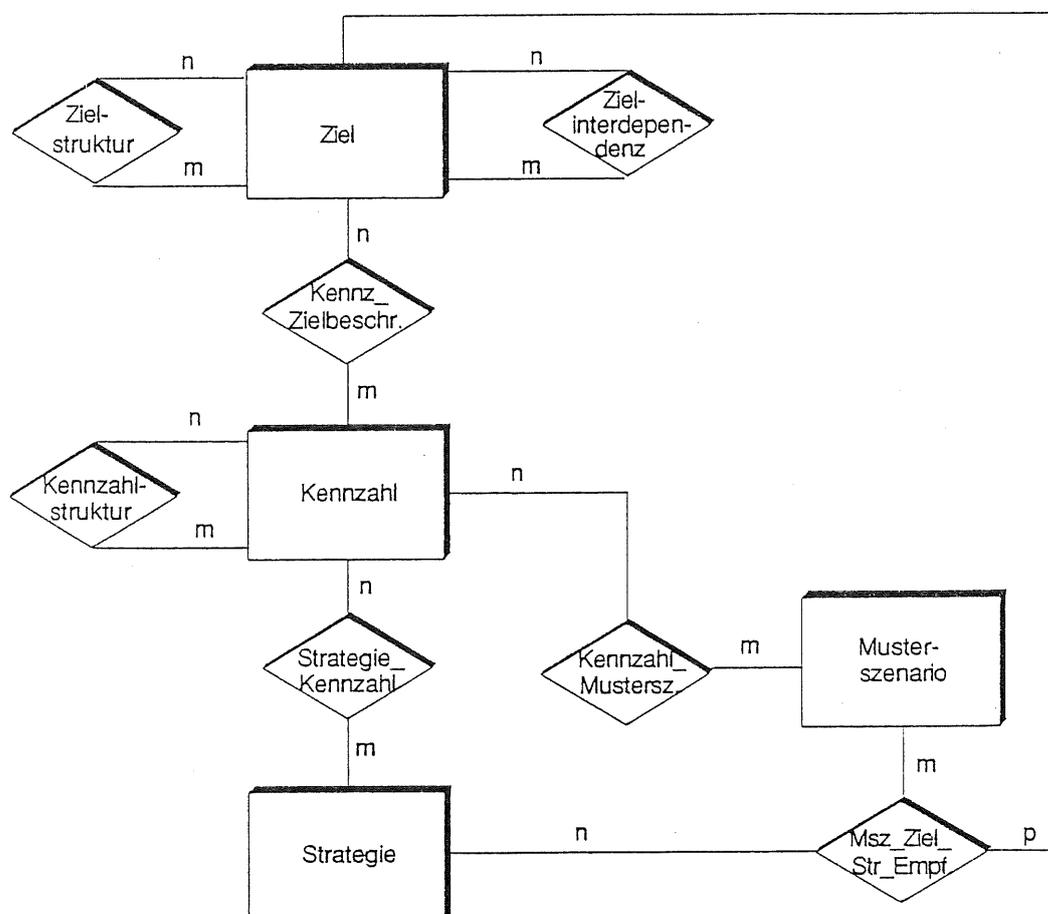


Abb. 8: Datenstruktur der Grunddaten des Entscheidungsunterstützungsprozesses

Die vom Entscheidungsträger verfolgten Zielsetzungen (z.B. Durchlaufzeitminimierung, Maximierung der Auslastung einer Engpaßmaschine) werden in einem Entitytyp ZIEL abgelegt. Zwischen bestimmten Zielen lassen sich Unter- bzw. Überordnungen festlegen; beispielsweise ist die Einhaltung eines Endtermins für einen bestimmten Auftrag ein untergeordnetes Ziel zu dem Ziel Termineinhaltung. Solche Abhängigkeiten werden durch die Beziehung ZIELSTRUKTUR abgebildet. Ein Ziel kann mehreren Zielen untergeordnet sein (z.B. die Minimierung der Zwischenlagerzeiten den Zielen der Durchlaufzeitminimierung und der Minimierung von Terminabweichungen), während umgekehrt ein Ziel auch mehreren Zielen übergeordnet sein kann (z.B. das Ziel der Durchlaufzeitminimierung den Zielen der Minimierung von Liegezeiten sowie der Minimierung von Transportzeiten); aus diesem Grunde handelt es sich bei der Beziehung zwischen ZIEL und ZIELSTRUKTUR um eine n:m-Beziehung.

Da im Rahmen der Fertigungssteuerung eine Vielzahl von Zielsetzungen verfolgt werden können, zwischen denen sich keine eindeutige strukturelle Abhängigkeit herleiten läßt, und da möglicherweise bei der Disposition unterschiedliche Ziele angestrebt werden, ist es sinnvoll, festzuhalten, welche Interdependenzen zwischen einzelnen Zielsetzungen bestehen. Demzufolge könnte in einer Ausprägung des Beziehungstyps ZIELINTERDEPENDENZ angegeben werden, daß zwischen den Zielen Durchlaufzeitminimierung und Kapazitätsauslastung eine konkurrierende Beziehung besteht.

Der Grad der Zielerreichung wird durch Kennzahlen, wie beispielsweise die Durchlaufzeit eines Auftrags oder der durchschnittliche Werkstattbestand, beschrieben, die in dem Entitytyp KENNZAHL abgelegt sind. Kennzahlen können hierbei eine Struktur in Form eines Kennzahlensystems bilden; hierzu wird der Beziehungstyp KENNZAHLSTRUKTUR eingeführt, der, ähnlich wie der Beziehungstyp ZIELSTRUKTUR, eine n:m-Beziehung innerhalb des Entitytyps KENNZAHL darstellt. Die Verbindung zwischen Zielen und Kennzahlen erfolgt über den Beziehungstyp KENNZAHL_ZIELBESCHREIBUNG. Hier wird festgehalten, inwiefern eine Kennzahl den Erfüllungsgrad eines bestimmten Zieles beschreibt. Eine konkrete Ausprägung dieser Beziehung würde z.B. darin bestehen, daß die Kennzahl "Auslastungsgrad der Engpaßmaschine" für die Analyse des Zielerreichungsgrades des Ziels "Maximierung des Auslastungsgrades der Engpaßmaschine" grundsätzlich in Frage kommt; zusätzlich kann der Beziehungstyp auch Informationen darüber enthalten, bei welcher Ausprägung der Kennzahl ein zufriedenstellender oder optimaler Zielerreichungsgrad besteht. Auch hier liegt eine n:m-Beziehung vor, da zur Beschreibung eines Zielerreichungsgrades durchaus mehrere Kennzahlen herangezogen werden können, eine Kennzahl wiederum zur Beschreibung unterschiedlicher Zielerreichungen dienen kann.

Strategien zur Disposition von Fertigungsaufträgen sind in dem Entitytyp STRATEGIE abgelegt (z.B. Wahl einer bestimmten Prioritätsregel, Wahl eines Alternativarbeitsplans). Sind qualitative Zusammenhänge zwischen bestimmten Steuerungsstrategien und der

Ausprägung bestimmter Kennzahlen bekannt, finden diese in der Beziehung STRATEGIE_KENNZAHL Eingang. Somit lassen sich über die bereits eingeführte Beziehung KENNZAHL_ZIELBESCHREIBUNG Rückschlüsse auf den Zusammenhang zwischen Zielen und Strategien ziehen.

Ein bedeutsamer Aspekt eines Entscheidungsprozesses ist die Einbeziehung der aktuellen Ausgangssituation, in der die Entscheidung stattfinden soll. Dabei ist zu beachten, daß unterschiedliche Ausgangsszenarien (Gestaltung des Auftragspektrums, aktuelle Zustände der Fertigungsressourcen) wesentlichen Einfluß auf die Effizienz der möglichen Strategien hat. Die KI-Forschung hat diesbezüglich durch das Konzept der Mustererkennung Anregungen gegeben, Klassen ähnlicher Situationen zu bilden, für die die Anwendung spezifischer Strategien bezüglich bestimmter verfolgter Zielsetzungen erfolgversprechend erscheint [25]. Infolgedessen wird der Entitytyp MUSTERSZENARIO eingeführt, der typische Klassen von Ausgangssituationen enthält. Zur Beschreibung eines solchen Szenarios werden Kennzahlen herangezogen, deren Ausprägungen innerhalb eines bestimmten Bereiches oder über- bzw. unterhalb von Schwellwerten liegen. Diese Zusammenhänge sind Bestandteil des Beziehungstyps KENNZAHL_MUSTERSZENARIO. Bezogen auf ein konkretes Beispiel, könnte ein spezielles Musterszenario gekennzeichnet sein durch eine Auslastung einer Engpaßmaschine, die über einem bestimmten prozentualen Wert liegt, und ein bestimmtes Intervall bezüglich der Menge des noch abzuarbeitenden Auftragsbestandes. Dabei lassen sich in der Beziehung KENNZAHL_MUSTERSZENARIO auch Informationen darüber ablegen, wie bedeutsam eine bestimmte Beziehungsausprägung für die Klassenzugehörigkeit ist. Aufgrund der Ausprägung eines Musterszenarios werden Strategien empfohlen, die hinsichtlich der Planungsziele erfolgversprechend erscheinen (z.B. Auswahl einer Ausweichmaschine bei Überlastung einer Engpaßmaschine unter der Zielsetzung Durchlaufzeitminimierung). Diese Zusammenhänge sind Bestandteil des Beziehungstyps MUSTERSZENARIO_ZIEL_STRATEGIE_EMPFEHLUNG; ein typisches Attribut wäre die Effizienz einer Strategie bezüglich einer Zielsetzung unter einer bestimmten Ausgangssituation. Es handelt sich hier um eine n:m:p-Beziehung zwischen ZIEL, STRATEGIE und MUSTERSZENARIO; eine n:m:p-Beziehung liegt dann vor, wenn von jedem Entitytyp mehrere Ausprägungen bei Festhalten eines Entities der jeweiligen beiden anderen Typen möglich sind [26].

[25] Vgl. Zelewski, S.: *PPS-Expertensysteme für die Terminfeinplanung und -steuerung, Teil 1: Konzepte, Information Management* 5(1990)1, S. 59.

[26] Vgl. Scheer, A.-W.: *Wirtschaftsinformatik - Informationssysteme im Industriebetrieb, 2. Auflage, Berlin et al 1988, S. 158.*

2.2.4.2. Einbindung eines aktuellen Simulationsmodells

Im Rahmen der Entscheidungsfindung bedient sich der Entscheidungsträger eines Simulationsmodells, anhand dessen sich alternative Strategien testen und bewerten lassen. Aus Abbildung 9 geht die Datenstruktur zur Einbindung eines Simulationsmodells in den Entscheidungsprozeß hervor.

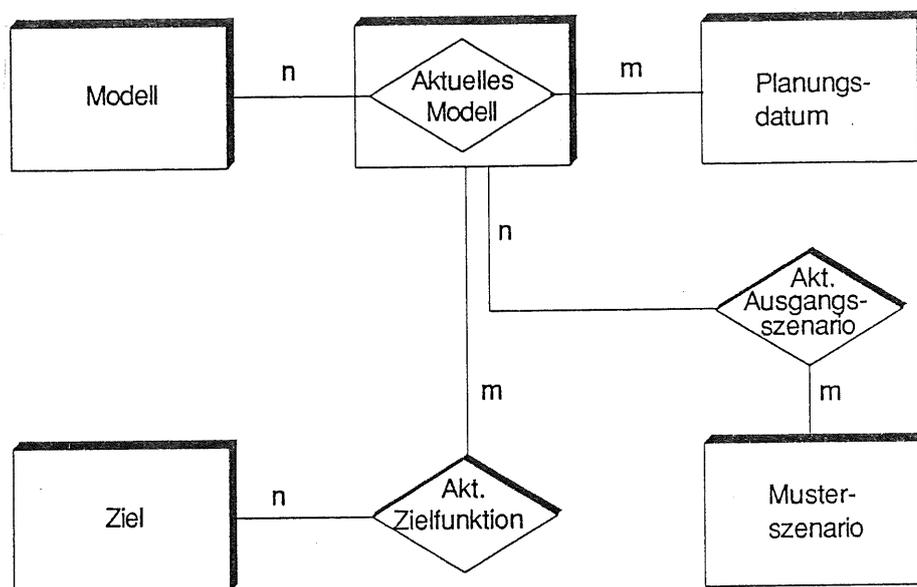


Abb. 9: Datenstruktur zur Einbindung eines aktuellen Entscheidungsmodells

Bezogen auf den Anwendungsfall einer simulationsgestützten Fertigungssteuerung, werden in dem Entitytyp MODELL Basissimulationsmodelle für einzelne Fertigungsbereiche abgelegt, die die strukturelle Zusammensetzung eines Fertigungsbereichs aus einzelnen Komponenten (Bearbeitungsstationen, Pufferplätze, Transportsystem) sowie Teile der Ablaufsteuerung (z.B. Vorfahrtsregelungen bei Wegkreuzungen) enthalten. Durch Festlegung eines Dispositionszeitpunktes (PLANUNGSDATUM) wird aus dem Basismodell ein temporäres AKTUELLES_MODELL, wobei bezüglich der Problemstellung der Fertigungssteuerung der aktuelle Zustand des realen Fertigungsbereichs (BDE-Daten) zum Planungszeitpunkt sowie das aktuelle Auftragspektrum mit einbezogen werden. Da zu einem Planungszeitpunkt unterschiedliche Modelle, z.B. von unterschiedlichen Entscheidungsträgern, genutzt werden können, ein Modell aber zu mehreren Planungszeitpunkten genutzt werden kann, besteht zwischen MODELL und PLANUNGSZEITPUNKT eine n:m-Beziehung.

Dem aktuellen Modell kann durch Analyse der entsprechenden Kennzahlen ein Musterszenario zugeordnet werden, das die aktuelle auftrags- oder ressourcenbezogene Situation in eine bestimmte Problemkategorie einordnet. Die Zuordnung wird in der Beziehung AKTUELLES_AUSGANGS_SZENARIO festgehalten. Da grundsätzlich vorstellbar ist, daß ein aktuelles Modell durch zwei oder mehrere Musterszenarien beschreibbar ist (z.B. durch Bildung eines Auftrags- und eines Ressourcenszenarios), ein Musterszenario aber unterschiedliche aktuelle Modelle beschreiben kann, besteht zwischen AKTUELLES_MODELL und MUSTERSZENARIO eine n:m-Beziehung; ist die Klassifizierung eindeutig, gilt eine n:1-Beziehung.

Der Zusammenhang des aktuellen Modells zu den vom Entscheidungsträger verfolgten Zielsetzungen wird durch den Beziehungstyp AKTUELLE_ZIELFUNKTION, der eine n:m-Beziehung zwischen AKTUELLES_MODELL und ZIEL bildet, beschrieben. Ein typisches Attribut dieser Beziehung ist die Gewichtung, mit der ein bestimmtes Ziel im Rahmen der Zielfunktion verfolgt wird.

2.2.4.3. Experimentierphase

In der Experimentierphase werden zu einem bestimmten Planungszeitpunkt unterschiedliche Simulationsläufe unter Anwendung zielorientierter Parameteränderungen (Strategien) zur Generierung von Planalternativen durchgeführt. Konkret handelt es sich bei dem Anwendungsfall der Fertigungssteuerung um Planungs- und Steuerungsmaßnahmen, wie unterschiedliche Auftragsreihenfolgen, Splitten oder Rafften von Aufträgen oder Auswahl von Alternativarbeitsplänen. Durch eine günstige Strategieauswahl sollen die Ziele der Fertigungssteuerung erreicht werden. Anhand der Bewertung einer simulierten Alternative mittels geeigneter Kennzahlen läßt sich durch Vergleich mit den verfolgten Zielsetzungen beurteilen, ob die Alternative grundsätzlich zur Umsetzung geeignet ist. Abbildung 10 zeigt die Datenstruktur zur Experimentierphase.

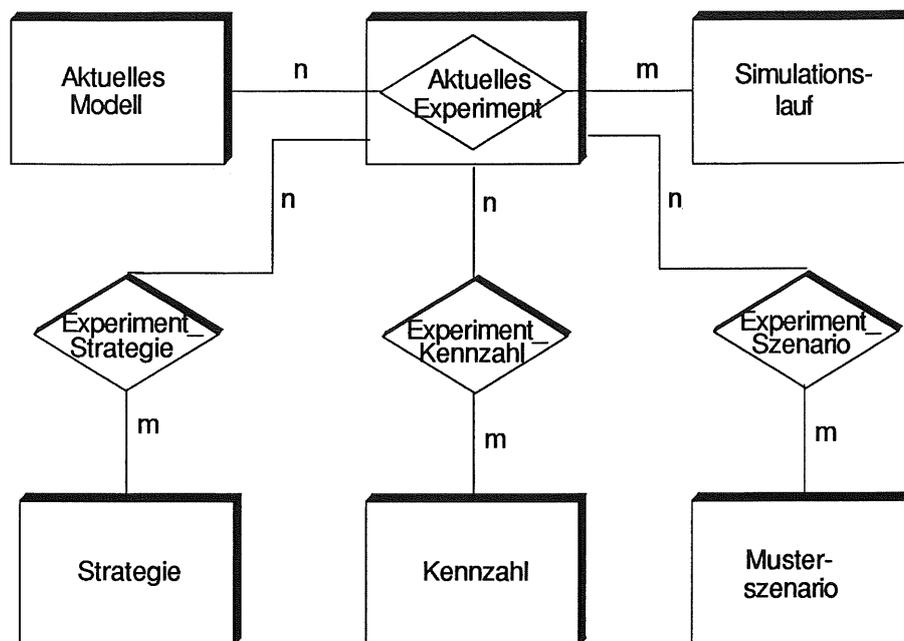


Abb. 10: Datenstruktur zur Experimentierphase

In der aufgezeigten Datenstruktur wird durch die Verbindung von AKTUELLES_MODELL mit dem neu eingeführten Entitytyp SIMULATIONS-LAUF die Beziehung AKTUELLES_EXPERIMENT erzeugt, wobei eine Ausprägung dieser Beziehung einen Simulationslauf mit einer speziellen Parametereinstellung zu einer aktuellen Planungssituation darstellt.

Innerhalb eines aktuellen Simulationsexperiments lassen sich unterschiedliche Strategien einsetzen (n:m-Beziehung zwischen STRATEGIE und AKTUELLES_EXPERIMENT), wobei die zu einem Experiment gehörigen Strategien, beispielsweise die Verwendung einer bestimmten Prioritätsregel und das zusätzliche Splitting eines Auftrags, in dem Beziehungstyp EXPERIMENT_STRATEGIE festgehalten werden.

Bei der Durchführung eines Experiments werden eine Vielzahl entscheidungsrelevanter Kennzahlen erfaßt, deren aktuelle Ausprägungen temporär in dem Beziehungstyp EXPERIMENT_KENNZAHN festgehalten werden. Ebenso lassen sich die Experimentergebnisse in bestimmte Szenarien einordnen, die je nach Ausprägung Ausgangspunkt für neue Experimente sein können. Dieser Vorgang wird durch die Beziehung EXPERIMENT_SZENARIO realisiert.

2.2.4.4. Alternativenvergleich

Simulationsexperimente erzeugen eine Vielzahl von Daten, die zur Bewertung einer simulierten Alternative in anwendergerechter Form aufbereitet werden müssen. Insbesondere sind aussagefähige Kennzahlen erforderlich, die einen Vergleich von Planalternativen nach für die Entscheidungsfindung wesentlichen Kriterien erlauben. Der Prozeß des Alternativenvergleichs schließt sich somit an die Experimentierphase, innerhalb derer die Alternativengenerierung stattfand, an. Abbildung 11 zeigt die Datenstruktur zum Alternativenvergleich.

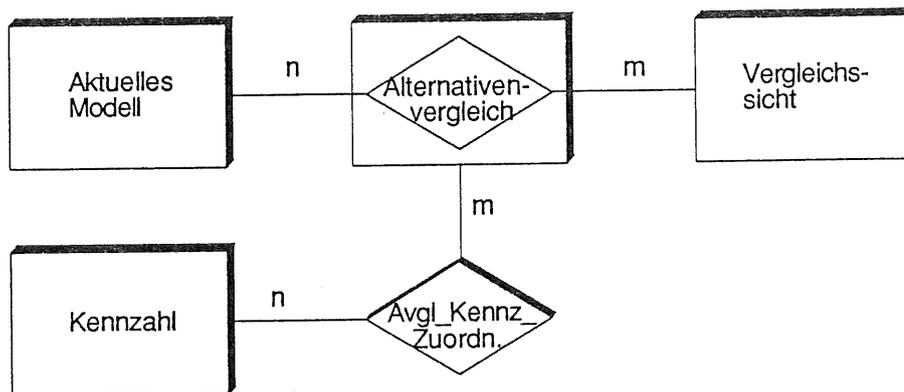


Abb. 11: Datenstruktur zum Alternativenvergleich

Durch Betrachtung der Alternativen nach unterschiedlichen Entscheidungskriterien lassen sich unterschiedliche Vergleichssichten erzeugen, wie es durch den Entitytyp VERGLEICHSSICHT angedeutet wird. Durch eine n:m-Beziehung zu dem Entitytyp AKTUELLES MODELL entsteht die Beziehung AKTUELLER ALTERNATIVENVERGLEICH, die die zu einem Planungszeitpunkt durchgeführten Simulationsexperimente aus einer bestimmten Sicht betrachtet; z.B. können die simulierten Auftragsbelegungen nach den Gesichtspunkten der Durchlaufzeiten und der Termineinhaltung miteinander verglichen werden. Für die Vergleiche wird auf Kennzahlen zurückgegriffen; zur Verwaltung dieser Kennzahlausprägungen wird der Beziehungstyp ALTERNATIVENVERGLEICH_KENNZAHL_ZUORDNUNG eingeführt, der eine n:m-Beziehung zwischen dem zum Entitytypen uminterpretierten Beziehungstyp AKTUELLER ALTERNATIVENVERGLEICH und dem Entitytyp KENNZAHL bildet.

2.2.4.5. Gesamtdarstellungssicht der Entscheidungsebene

Aus Abbildung 12 geht die zusammengefaßte Datenstruktur eines simulationsgestützten Entscheidungsprozesses hervor. Die unterschiedliche Reichweite der Daten wird durch die farblich hervorgehobene Einteilung in Stammdaten, Dispositionsdaten und Experimentdaten deutlich.

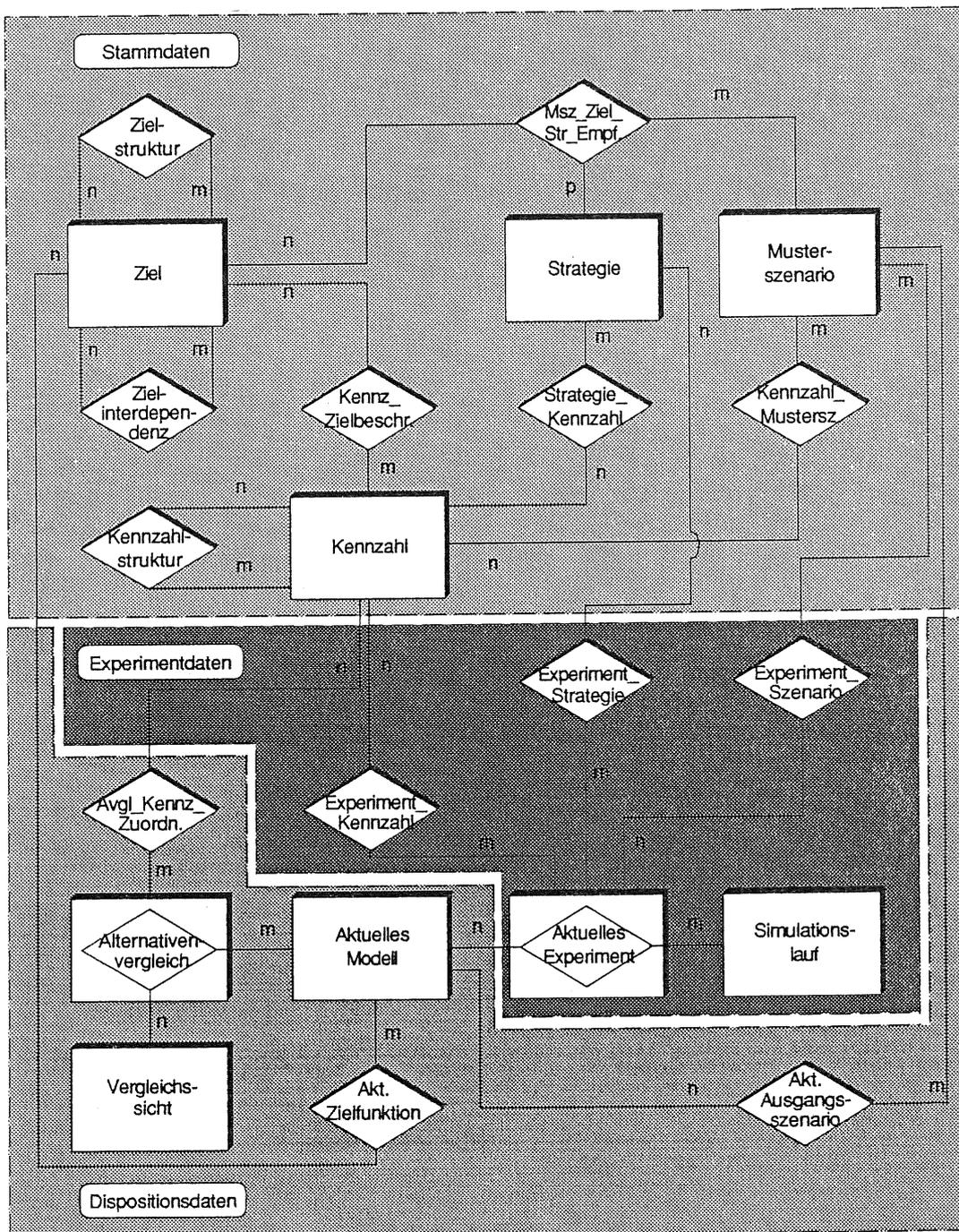


Abb. 12: Datenstruktur eines simulationsgestützten Entscheidungsprozesses

2.2.5. Datenstruktur zur Präsentationssicht

Bezüglich der Gestaltung der Datenrepräsentation kann eine Klassifikation nach den Informationscodierungsformen numerisch/alphanumerisch, statisch graphisch oder dynamisch graphisch vorgenommen werden. Wie diese Darstellungsmöglichkeiten im Rahmen von Entwicklungstendenzen zur Gestaltung von Fertigungssteuerungssystemen einzuordnen sind, geht aus Abbildung 13 hervor.

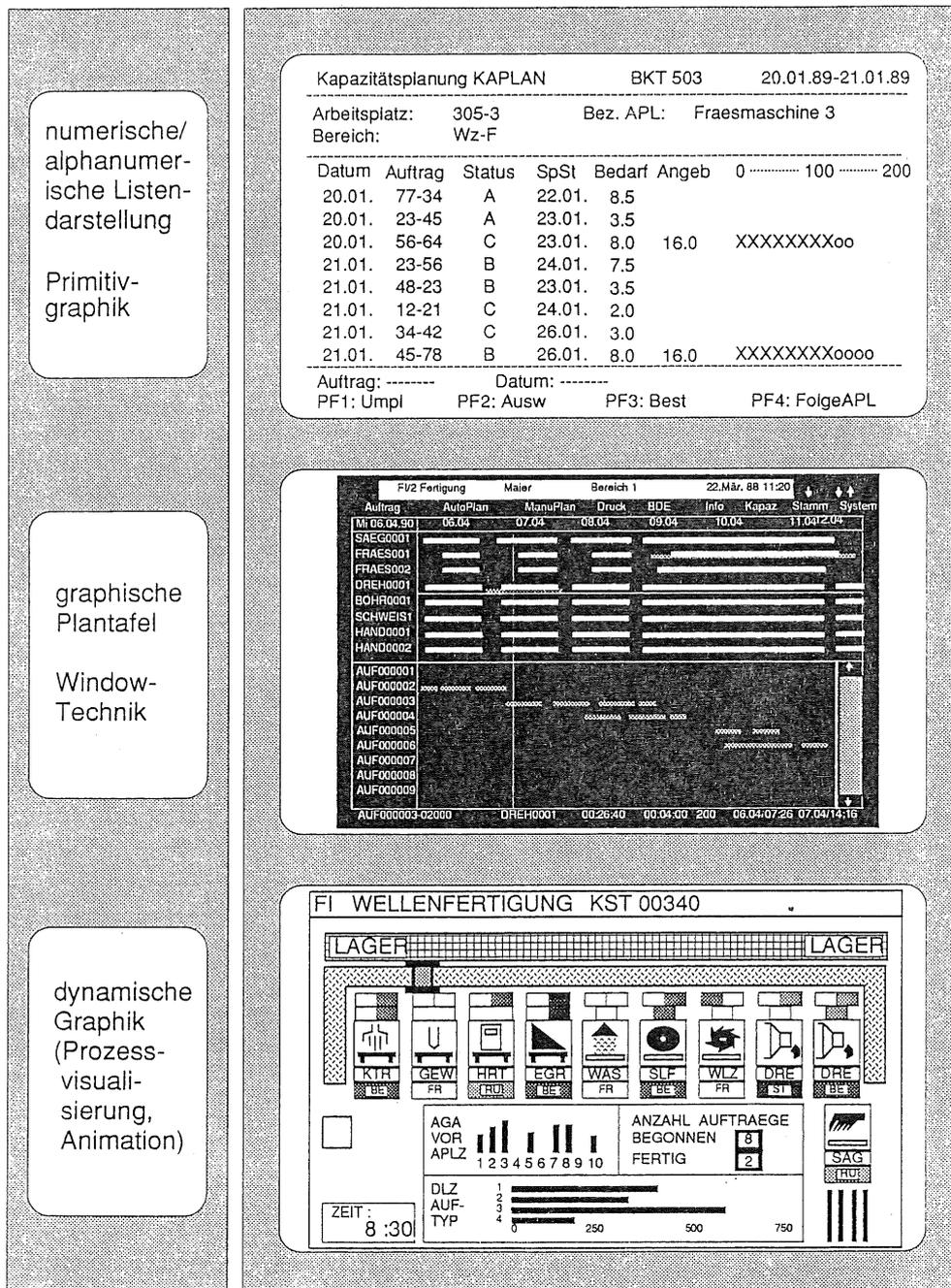


Abb. 13: Entwicklung der Informationspräsentation in der Fertigungssteuerung [27]

[27] Vgl. dazu auch: Scheer, A.-W., Zell, M.: Benutzergerechte Fertigungssteuerung durch Integration von Simulations- und Prozessvisualisierungstechniken, CIM Management 5(1989)6, S. 72f.

Eine anwendergerechte Verbindung von numerischen/alphamerischen Daten sowie statischer und dynamischer Graphik ermöglicht dabei eine umfassende Informationsaufbereitung; insbesondere durch den Einsatz von Window-Techniken wird die Betrachtung von Informationen aus unterschiedlichen Sichtweisen zusätzlich unterstützt.

Die Datenstruktur der Präsentationssicht geht aus Abbildung 14 hervor.

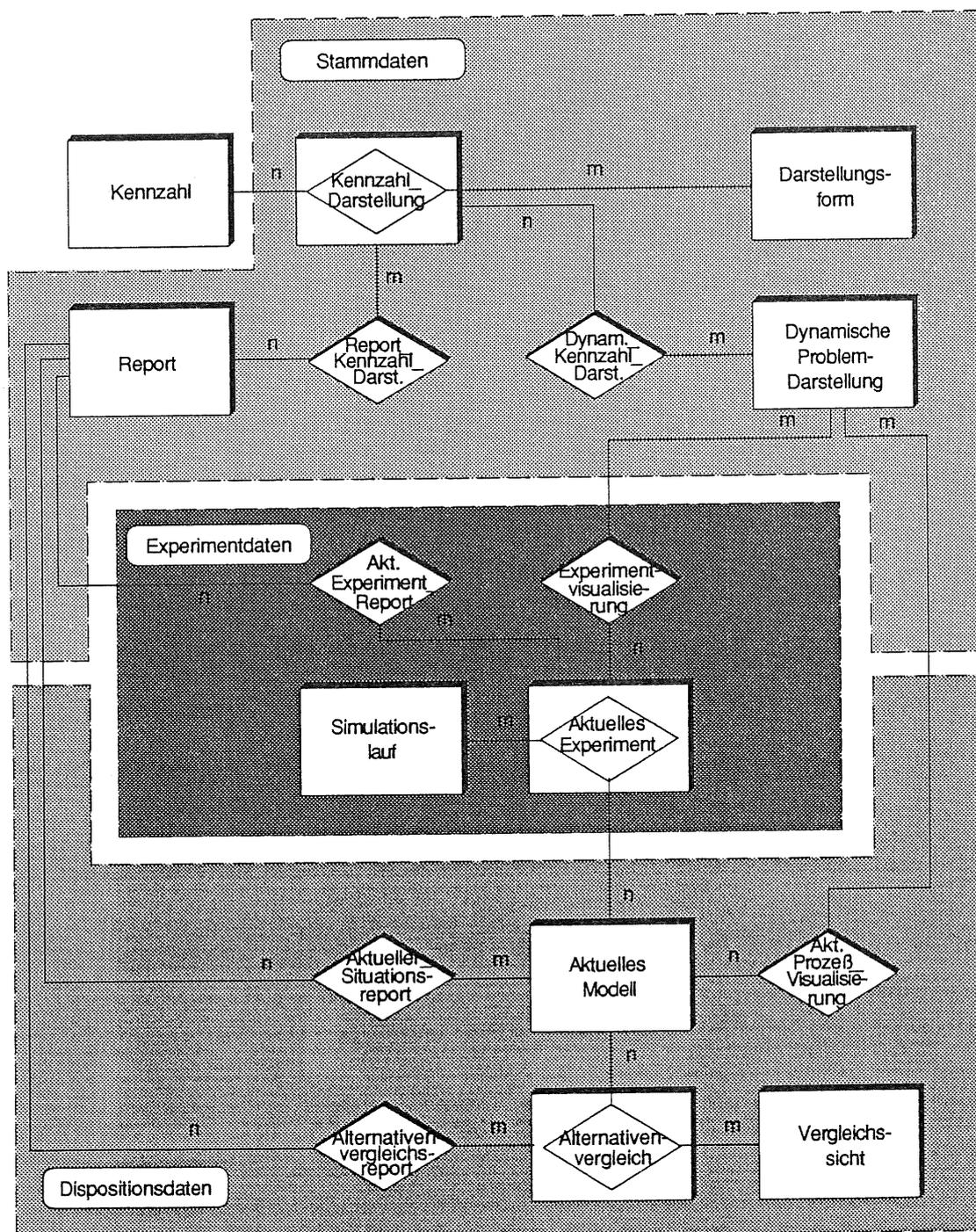


Abb. 14: Präsentationsdatenmodell

Entscheidungsinformationsobjekte, wie z.B. Kennzahlen und deren Ausprägungen im Rahmen des Simulationsprozesses, lassen sich aus Sicht des Entscheidungsträgers in unterschiedlicher Form darstellen; neben der numerischen Darstellung sind zahlreiche graphische Repräsentationsformen vorhanden (z.B. Balkendiagramme, Tortendiagramme). Diese werden in dem Entitytyp DARSTELLUNGSFORM verwaltet.

Am Beispiel des Entscheidungsinformationsobjektes KENNZAHL wird die Beziehung zwischen Entscheidungsebene und Präsentationsebene deutlich. Der Entitytyp KENNZAHL wird dabei wegen seiner Zugehörigkeit zur Entscheidungsebene durch die fehlende farbliche Hinterlegung ausgegrenzt; die unterschiedlichen Möglichkeiten der Darstellung von Kennzahlen repräsentieren exemplarisch die Verbindung zwischen Entscheidungs- und Präsentationsinformationsobjekten.

Da für bestimmte Kennzahlen bestimmte Darstellungsformen mehr oder weniger geeignet sind, wird in der Beziehung KENNZAHL_DARSTELLUNG festgehalten, für welche Kennzahlen welche Darstellungsmöglichkeiten bestehen. Ein REPORT stellt eine Kombination unterschiedlicher Darstellungsformen dar, die einem Anwender zu einem bestimmten Anlaß als Präsentationsobjekt dienen; über die Beziehung REPORT_KENNZAHL_DARSTELLUNG läßt sich ableiten, welche Kennzahlen in welcher Darstellung im Rahmen eines Reports repräsentiert werden. Ein Beispiel für die Gestaltung eines Reports wäre die Abbildung der Auftragsdurchlaufzeiten in Form von Balkendiagrammen in Verbindung mit einer numerischen Auflistung der Belegungszeiten einer bestimmten Maschine und der graphischen Darstellung eines Maschinenauslastungsgrades als Tortendiagramm.

Reports können sowohl auf die aktuelle Planungsausgangssituation, auf das jeweilige Simulationsexperiment oder auf einen Alternativenvergleich bezogen sein. Je nach Ausprägung lassen sich somit die Beziehungstypen AKTUELLER_SITUATIONSREPORT, AKTUELLER_EXPERIMENTREPORT und ALTERNATIVENVERGLEICHREPORT ableiten.

Zu einem Modell können unterschiedliche dynamisch-graphische Beschreibungsformen existieren; beispielsweise lassen sich für einen bestimmten Fertigungsbereich verschiedene Layouts definieren, die die Modellkomponenten in unterschiedlichen Ausschnitten, in unterschiedlichem Detaillierungsgrad oder mit unterschiedlichem Abstraktionsgrad der Darstellung graphisch repräsentieren. Für diesen Zweck wird der Entitytyp DYNAMISCHE_PROBLEMDARSTELLUNG eingeführt; die Einbindung einer Kennzahldarstellung in eine dynamische Visualisierung erfolgt über die Beziehung DYNAMISCHE_KENNZAHL_DARSTELLUNG.

Zur dynamisch-graphischen Veranschaulichung des aktuellen Simulationslaufs kann eine simulationsbegleitende Experimentvisualisierung durchgeführt werden. Mittels einer solchen Animation werden dynamische Systemeffekte, wie z.B. Engpaßbildungen, trans-

parent. Wird eine solche experimentbezogene Visualisierung durchgeführt, wird dies in dem Beziehungstyp EXPERIMENT_VISUALISIERUNG festgehalten.

Sollen zusätzlich die der Planungssituation zugrundeliegenden aktuellen Ausgangsdaten, z.B. zur momentanen Ressourcenbelegung, in dynamischer Form zur Unterstützung der Erkennung situationsbedingter Problemstellungen angezeigt werden, kann dies durch die Einführung des Beziehungstyps AKTUELLE_PROZESS_VISUALISIERUNG erfolgen.

2.2.6. Modellierung von Anwendersichten

Anwender stellen unterschiedliche Anforderungen an die Gestaltung der Benutzerschnittstelle von EDV-Systemen. Zur individuellen Unterstützung eines bestimmten Benutzers wird deshalb ein Modell des Benutzers herangezogen, das in geeigneter Weise als Bestandteil eines Informationssystems repräsentiert werden muß [28]. Ein solches Benutzermodell enthält somit eine Vielzahl von Informationen über den Anwender und kann daraus Rückschlüsse über die Gestaltung der Informationspräsentation und der Dialogführung ziehen. In Abhängigkeit der betrachteten Problemstellung sowie der spezifischen Eigenschaften und Vorstellungen der Benutzer können entweder individuelle Benutzermodelle entwickelt oder die Benutzer nach Klassen mit ähnlichen Anforderungen eingeteilt werden, wobei jeweils ein Standardmodell für eine Benutzerklasse bereitgestellt wird [29]. Standardmodelle orientierten sich dabei an sogenannten Stereotypen, die als eine Sammlung häufig gemeinsam auftretender Eigenschaften verstanden werden können [30].

2.2.6.1. Anwendersichten für ein simulationsgestütztes Informationssystem

Bei der Gestaltung eines simulationsgestützten Informationssystems für die Fertigungssteuerung soll eine dreidimensionale Gestaltung des Benutzermodells zugrundegelegt werden, die sich an den Kriterien der Funktionsgestaltung, der Interaktionsgestaltung und der Gestaltung der Informationspräsentation orientiert. Der im folgenden konzipierte Aufbau eines Benutzermodells orientiert sich somit weniger an ergonomischen Aspekten hinsichtlich des Umgangs des Anwenders mit dem EDV-System an sich (Funktions-tastenbelegung, Menüführung usw.), sondern verstärkt an den Mechanismen zur Unter-

[28] Vgl. Cote-Munoz, J., Kapsner, F.: *Benutzerspezifische Dialoggestaltung und deren Unterstützung durch Modellierung von Benutzerklassen*, in: Paul, M. (Hrsg.), *Proceedings zur GI-19. Jahrestagung I: Computergestützter Arbeitsplatz*, Berlin et al. S. 201.

[29] Vgl. Bodendorf, F., Wittmann, S.: *Benutzermodelle in Expertensystemen*, *Information Management* 3(1988)1, S. 30f.

[30] Vgl. Cote-Munoz, J., Kapsner, F.: *Benutzerspezifische Dialoggestaltung und deren Unterstützung durch Modellierung von Benutzerklassen*, in: Paul, M. (Hrsg.), *Proceedings zur GI-19. Jahrestagung I: Computergestützter Arbeitsplatz*, Berlin et al. S. 201.

stützung des Entscheidungsprozesses durch das System. Dabei sollen die genannten Aspekte wie folgt verstanden werden:

- Funktionsgestaltung: Grad der Unterstützung des Anwenders bei der Lösung unterschiedlicher Aufgaben (Funktionen) im Rahmen des simulationsgestützten Entscheidungsprozesses.
- Interaktionsgestaltung: Grad der Unterstützung bei der Benutzerführung sowie Ausprägung der Dialogintensität.
- Informationspräsentation: Grad der Abstraktion bei der Darstellung entscheidungsrelevanter Daten.

Da hier der Datenaspekt näher betrachtet wird, soll im folgenden die Datenstruktur eines Anwenderpräsentationsmodells entwickelt werden.

2.2.6.2. Modellierung der anwenderspezifischen Informationspräsentation

Ein Anwenderpräsentationsmodell enthält Angaben darüber, welche Entscheidungsinformationsobjekte durch welche Präsentationsinformationsobjekte aus der Sicht eines bestimmten Anwenders abgebildet werden. In Erweiterung der Datensicht auf ein simulationsgestütztes Informationssystem (Abbildung 4) ergibt sich die entsprechende Datenstruktur aus der nachfolgenden Abbildung 15.

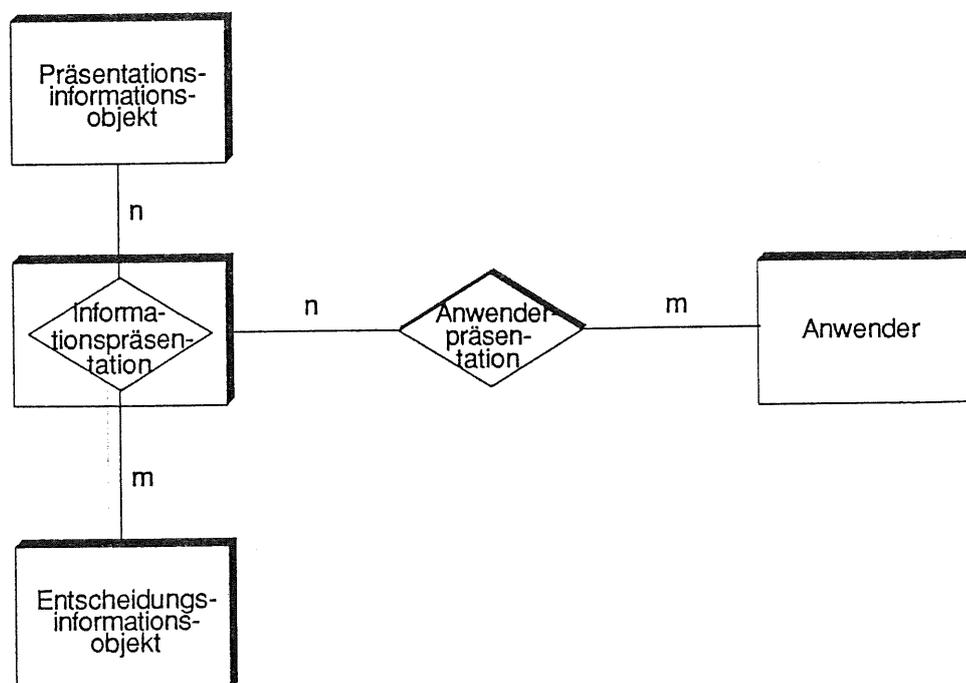


Abb. 15: Modellierung eines Anwenderpräsentationsmodells

Zwischen den uminterpretierten Entitytyp INFORMATIONSPRÄSENTATION und dem neu hinzukommenden Entitytyp ANWENDER wird die n:m-Beziehung ANWENDERPRÄSENTATION eingeführt, der eine Aussage darüber trifft, welche Informationen in welcher Präsentationsform von den jeweiligen Anwendern bevorzugt werden. Entsprechend dem abgelegten Anwendermodell kann die Informationspräsentation benutzerspezifisch erfolgen.

3. Zusammenfassung

Die Durchführung eines simulationsgestützten Entscheidungsprozesses erfordert, wie aus den Erfahrungen bei der Entwicklung eines auf der Simulation basierenden Fertigungssteuerungssystems am Institut für Wirtschaftsinformatik, Saarbrücken, hervorging, eine effiziente Verwaltung der dabei anfallenden Daten. Dazu ist es erforderlich, eine vorhandene Datenbasis zur Fertigungssteuerung um zusätzliche Datenstrukturen zur Verwaltung entscheidungsrelevanter Simulationsdaten sowie zur Festlegung unterschiedlicher Präsentationssichten zu erweitern.

Somit wird der Anwender, der eine Disposition mit Hilfe der Simulation durchführt, in allen Phasen des Simulationsprozesses (Modellbildung, Experimentierphase, Alternativenanalyse und -bewertung) unterstützt.

Literatur

- Birta, L.G., So, M.: NEMS: A database support environment for numerical experimentation, *Simulation* 54(1990)4, S. 189-200.
- Bodendorf, F., Wittmann, S.: Benutzermodelle in Expertensystemen, *Information Management* 3(1988)1, S. 30-38.
- Chen, P.P.: The Entity-Relationship-Model: Towards a Unified View of Data, *ACM Transactions on Database Systems*, 1(1976)1, S. 9-36.
- Cote-Munoz, J., Kapsner, F.: Benutzerspezifische Dialoggestaltung und deren Unterstützung durch Modellierung von Benutzerklassen, in: Paul, M. (Hrsg.), *Proceedings zur GI-19. Jahrestagung I: Computergestützter Arbeitsplatz*, Berlin et al., S. 198-210.
- Emmerich, W., u.a.: Verteilte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme unter Einsatz von Mikrocomputern, *Zwischenbericht zum DFG-Forschungsprojekt Sche 185/3-2*, Saarbrücken 1987.
- Kerckhoffs, E.J.H., Vansteenkiste, G.C.: The impact of advanced information processing on simulation - An illustrate review, *Simulation* 46(1986)1, S. 17.
- Kerckhoffs, E.J.H.: Informationbase support in simulation of biological systems, in: *Proceedings of the 1984 UKSC Conference on Computer Simulation*, Butterworths, London 1984, S. 198-218.
- Ketcham, G.M., Shannon, R.E., Hogg, G.L.: Information structures for simulation modeling of manufacturing systems, *Simulation* 52(1989)2, S. 59-67.
- King, S.F.: Information analysis for simulation database design, in: Murray-Smith u.a. (Hrsg.), *Proceedings of the Third European Simulation Congress*, Edinburgh 1989, S. 148-152.
- Ören, T.I., Zeigler, B.P.: Concepts for advanced simulation methodologies, *Simulation* 32(1979)3, S. 69-82.
- Rahbar, M.T., Bennet, S., Linkens, D.A.: An integrated database: Its role in a knowledge-based environment for modeling and simulation (KEMS), in: Murray-Smith u.a. (Hrsg.), *Proceedings of the Third European Simulation Congress*, Edinburgh 1989, S. 187-192.
- Ruffing, T.: *Fertigungssteuerung bei Fertigungsinseln - Eine funktionale und datentechnische Informationsarchitektur*, Köln 1991, Veröffentlichung in Vorbereitung.
- Scheer, A.-W.: *Wirtschaftsinformatik - Informationssysteme im Industriebetrieb*, 2. Auflage, Berlin et al. 1988.
- Scheer, A.-W.: *Unternehmens-Datenbanken - Der Weg zu bereichsübergreifenden Datenstrukturen*, in: Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik*, Heft 63, September 1989.

- Scheer, A.-W.: Modellierung betriebswirtschaftlicher Informationssysteme, Teil 1: Logisches Informationsmodell, in: A.-W. Scheer (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 67, Saarbrücken 1990.
- Scheer, A.-W., Zell, M.: Benutzergerechte Fertigungssteuerung durch Integration von Simulations- und Prozeßvisualisierungstechniken, CIM Management 5(1989)6, S. 72-78.
- Standridge, C.R.: Using the simulation data language SDL, Simulation 37(1981)3, S. 73-81.
- Yancey, D.P.: Database management systems can provide way to manage information generated in a computer simulation program, Industrial Engineering (1987)5, S. 50-53.
- Zelewski, S.: PPS-Expertensysteme für die Terminfeinplanung und -steuerung, Teil 1: Konzepte, Information Management 5(1990)1, S. 56-65.
- Zell, M.: Konzeption eines simulationsgestützten Informationssystems für die dezentrale Fertigungssteuerung, in: Breitenecker, F., Troch, I., Kopacek, P. (Hrsg.), 6. Symposium Simulationstechnik, Braunschweig 1990, S. 279-283.
- Zell, M., Scheer, A.-W.: Datenstruktur einer graphikunterstützten Simulationsumgebung für die dezentrale Fertigungssteuerung, in: Reuter, A. (Hrsg.), Proceedings zur GI-20. Jahrestagung: Informatik auf dem Weg zum Anwender, Berlin et al. 1990, S. 26-35.
- Zell, M., Scheer, A.-W.: Graphikunterstützte Simulation in der Fertigungssteuerung - Ein Ansatz zur strukturierten Informationsverarbeitung, Wirtschaftsinformatik 32(1990)2, S. 168-175.

Die Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWi) im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes erscheinen in unregelmäßiger Folge.

* Die Hefte 1 - 31 werden nicht mehr verlegt.

- Heft 32: A.-W. Scheer: Einfluß neuer Informationstechnologien auf Methoden und Konzepte der Unternehmensplanung, März 1982, Vortrag anlässlich des Anwendergespräches "Unternehmensplanung und Steuerung in den 80er Jahren in Hamburg vom 24. - 25.11.1981
- Heft 33: A.-W. Scheer: Dispositio- und Bestellwesen als Baustein zu integrierten Warenwirtschaftssystemen, März 1982, Vortrag anlässlich des gdi-Seminars "Integrierte Warenwirtschafts-Systeme" in Zürich vom 10. - 12. Dezember 1981
- Heft 34: J. Ahlers, W. Emmerich, H. Krcmar, A. Pocsay, A.-W. Scheer, D. Siebert: EPSOS - Ein Ansatz zur Entwicklung prüfungsgerechter Software-Systeme, Mai 1982
- Heft 35: J. Ahlers, W. Emmerich, H. Krcmar, A. Pocsay, A.-W. Scheer, D. Siebert: EPSOS-D, Konzept einer computergestützten Prüfungsumgebung, Juli 1982
- Heft 36: A.-W. Scheer: Rationalisierungserfolge durch Einsatz der EDV - Ziel und Wirklichkeit, August 1982, Vortrag anlässlich der 3. Saarbrücker Arbeitstagung "Rationalisierung" in Saarbrücken vom 04. - 06. 10.1982
- Heft 37: A.-W. Scheer: DV-gestützte Planungs- und Informationssysteme im Produktionsbereich, September 1982
- Heft 38: A.-W. Scheer: Interaktive Methodenbanken: Benutzerfreundliche Datenanalyse in der Marktforschung, Mai 1983
- Heft 39: A.-W. Scheer: Personal Computing - EDV-Einsatz in Fachabteilungen, Juni 1983
- Heft 40: A.-W. Scheer: Strategische Entscheidungen bei der Gestaltung EDV-gestützter Systeme des Rechnungswesens, August 1983, Vortrag anlässlich der 4. Saarbrücker Arbeitstagung "Rechnungswesen und EDV" in Saarbrücken vom 26. - 28.09.1983
- Heft 41: H. Krcmar: Schnittstellenprobleme EDV-gestützter Systeme des Rechnungswesens, August 1983, Vortrag anlässlich der 4. Saarbrücker Arbeitstagung "Rechnungswesen und EDV" in Saarbrücken vom 26. - 28.09.1983
- Heft 42: A.-W. Scheer: Factory of the Future, Vorträge im Fachausschuß "Informatik in Produktion und Materialwirtschaft" der Gesellschaft für Informatik e. V., Dezember 1983
- Heft 43: A.-W. Scheer: Einführungsstrategie für ein betriebliches Personal-Computer-Konzept, März 1984
- Heft 44: A.-W. Scheer: Schnittstellen zwischen betriebswirtschaftlicher und technische Datenverarbeitung in der Fabrik der Zukunft, Juli 1984
- Heft 45: J. Ahlers, W. Emmerich, H. Krcmar, A. Pocsay, A.-W. Scheer, D. Siebert: EPSOS-D, Ein Werkzeug zur Messung der Qualität von Software-Systemen, August 1984
- Heft 46: H. Krcmar: Die Gestaltung von Computer am-Arbeitsplatz-Systemen - ablauforientierte Planung durch Simulation, August 1984
- Heft 47: A.-W. Scheer: Integration des Personal Computers in EDV-Systeme zur Kostenrechnung, August 1984

- Heft 48: A.-W. Scheer: Kriterien für die Aufgabenverteilung in Mikro-Mainframe Anwendungssystemen, April 1985
- Heft 49: A.-W. Scheer: Wirtschaftlichkeitsfaktoren EDV-orientierter betriebswirtschaftlicher Problemlösungen, Juni 1985
- Heft 50: A.-W. Scheer: Konstruktionsbegleitende Kalkulation in CIM-Systemen, August 1985
- Heft 51: A.-W. Scheer: Strategie zur Entwicklung eines CIM-Konzeptes - Organisatorische Entscheidungen bei der CIM-Implementierung, Mai 1986
- Heft 52: P. Loos, T. Ruffing: Verteilte Produktionsplanung und -steuerung unter Einsatz von Mikrocomputern, Juni 1986
- Heft 53: A.-W. Scheer: Neue Architektur für EDV-Systeme zur Produktionsplanung und -steuerung, Juli 1986
- Heft 54: U. Leismann, E. Sick: Konzeption eines Bildschirmtext-gestützten Warenwirtschaftssystems zur Kommunikation in verzweigten Handelsunternehmen, August 1986
- Heft 55: D. Steinmann: Expertensysteme (ES) in der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) unter CIM-Aspekten, November 1987, Vortrag anlässlich der Fachtagung "Expertensysteme in der Produktion" am 16. und 17.11.1987 in München
- Heft 56: A.-W. Scheer: Enterprise wide Data Model (EDM) as a Basis for Integrated Information Systems, Juli 1988
- Heft 57: A.-W. Scheer: Present Trends of the CIM Implementation (A qualitative Survey) Juli 1988
- Heft 58: A.-W. Scheer: CIM in den USA - Stand der Forschung, Entwicklung und Anwendung, November 1988
- Heft 59: R. Herterich, M. Zell: Interaktive Fertigungssteuerung teilautonomer Bereiche, November 1988
- Heft 60: A.-W. Scheer, W. Kraemer: Konzeption und Realisierung eines Expertenunterstützungssystems im Controlling, Januar 1989
- Heft 61: A.-W. Scheer, G. Keller, R. Bartels: Organisatorische Konsequenzen des Einsatzes von Computer Aided Design (CAD) im Rahmen von CIM, Januar 1989
- Heft 62: M. Zell, A.-W. Scheer: Simulation als Entscheidungsunterstützungsinstrument in CIM, September 1989
- Heft 63: A.-W. Scheer: Unternehmens-Datenbanken - Der Weg zu bereichsübergreifenden Datenstrukturen, September 1989
- Heft 64: C. Berkau, W. Kraemer, A.-W. Scheer: Strategische CIM-Konzeption durch Eigenentwicklung von CIM-Modulen von Standardsoftware, Dezember 1989
- Heft 65: A. Hars, A.-W. Scheer: Entwicklungsstand von Leitständen^[1], Dezember 1989
- Heft 66: W. Jost, G. Keller, A.-W. Scheer: CIMAN - Konzeption eines DV-Tools zur Gestaltung einer CIM-orientierten Unternehmensarchitektur, März 1990

- Heft 67: A.-W. Scheer: Modellierung betriebswirtschaftlicher Informationssysteme (Teil 1: Logisches Informationsmodell), März 1990
- Heft 68: W. Krämer: Einsatzmöglichkeiten von Expertensystemen in betriebswirtschaftlichen Anwendungsgebieten, März 1990
- Heft 69: A.-W. Scheer, R. Bartels, G. Keller: Konzeption zur personalorientierten CIM-Einführung, April 1990
- Heft 70: K. Ibach, St. Spang: Zum Entwicklungsstand von Marketing-Informationssystemen in der Bundesrepublik Deutschland, September 1990
- Heft 71: D. Aue, M. Baresch, G. Keller: **URMEL**, Ein **U**nte**R**nehmens**M**od**E**llierungsansatz, Oktober 1990
- Heft 72: M. Zell: Datenmanagement simulationsgestützter Entscheidungsprozesse am Beispiel der Fertigungssteuerung, November 1990