

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 82 (1991)

**Heft:** 3

**Artikel:** Technische Anlagedokumentationssysteme

**Autor:** Fehlmann, Jürg / Leikauf, Wolfgang

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-902925>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Technische Anlagendokumentationssysteme

Jürg Fehlmann und Wolfgang Leikauf

**Im vorliegenden Artikel werden die Bedürfnisse und Anforderungen von Versorgungsunternehmen an die Dokumentation ihrer technischen Anlagen mit modernen, neu auf dem Markt verfügbaren Systemlösungen konfrontiert. Generelle Grundlagen für die langfristige Werterhaltung einer Dokumentation werden dabei in einem ersten Teil aufgezeigt. Methoden und integrierbare Lösungsmöglichkeiten, speziell im Zusammenhang mit dem Einsatz relationaler Sachdatenbanken, werden im zweiten Teil vorgestellt.**

**L'article présente les besoins et exigences des compagnies électriques en ce qui concerne la documentation de leurs installations techniques, face aux nouvelles solutions disponibles sur le marché. La première partie présente des bases générales pour la conservation de la valeur à long terme d'une documentation. La deuxième partie présente des méthodes et des possibilités de solutions intégrées, spécialement en relation avec l'utilisation de bases de données relationnelles.**

## Adresse der Autoren

Jürg Fehlmann, Dr. sc. nat., Physiker ETH, Softwareingenieur, und Wolfgang Leikauf, El. Ing., HTL, Chefanalytiker, Colenco Power Consulting AG, Parkstrasse 27, 5401 Baden

Die Dokumentation des Anlagengutes stellt für ein Versorgungsunternehmen, nicht zuletzt wegen der teilweise immensen Wiederbeschaffungskosten, einen erheblichen und nicht nur finanziell messbaren Wert dar. Um die vielfältig vorhandenen Daten für die Aufgaben des Unternehmens besser nutzen zu können, werden vermehrt unternehmensweite Informationssysteme gefordert, Systeme, die es gestatten, einerseits die Daten dezentral an der Quelle zu erfassen und nachzuführen, andererseits Daten bereichsübergreifend zu aggregieren und weiter zu verarbeiten. Bestehend an dieser Lösung sind die schnellen Zugriffsmöglichkeiten, die allgemeine Qualitätsverbesserung der Datenbestände sowie daraus abgeleitet die Erhöhung der Reaktionsfähigkeit auf operationeller Ebene, verbunden mit entsprechend zu erwartenden Kosteneinsparungen. Erfolgreich realisierte Informationssysteme bestätigen die Berechtigung dieser Erwartungen, andererseits zeigen Erfahrungsberichte aber auch, dass die ganze Thematik an und für sich sehr komplex ist.

Die Einführung eines unternehmensweiten Informationssystems – Konzepte und Einzelheiten dazu sind im vorangehenden Artikel [1] ausführlich beschrieben – setzt eine bereichsübergreifende Denkweise und Planung voraus. Die Schlussfolgerung ist naheliegend, dass entsprechende Führungsebenen bereits in der Planungsphase involviert werden müssen, und mehr noch, dass das Management einen wesentlichen Teil der treibenden Kraft aufzubringen hat. Informationssysteme, die den betrieblichen Bedürfnissen angepasst sind, können nicht unbesehen ab Stange beschafft werden. Da es für die Realisierung von bereichsübergreifenden Informationssystemen in der Regel am Über-

blick fehlt, ist in erster Linie das Management gefordert, die Frage zu beantworten, welche Informationen zur Erbringung von Marktleistungen aus ihrer Sicht notwendig sind und wie für die Optimierung der Arbeitsabläufe Organisation und Informationsfluss durchgängiger gestaltet werden können [2]. Hand in Hand mit der Einführung eines neuen Systems ist eine Anpassung der Arbeitstechnik notwendig. Die praxisgerechte Heranführung künftiger Benutzer ist heute ebenso als kritischer Erfolgsfaktor anerkannt.

Im Zusammenhang mit Informationssystemen und in Anbetracht der laufend neu verfügbaren technischen Möglichkeiten ist aber nicht nur ein allgemeiner Wandel in der Informationsverarbeitung und in der Dokumentationstechnik festzustellen. In vermehrtem Mass wird die Information an sich in den Vordergrund gestellt und die heutige, konventionelle Dokumentation nur als eine (vom Menschen) interpretierbare Erscheinungsform von Daten angesehen. Zwischen Daten und Information besteht offensichtlich ein Unterschied. Information entsteht erst durch die Interpretation der Daten. Besonders deutlich tritt dieser Umstand bei graphischen Dokumentationen in Erscheinung, wo zur Erstellung von Plänen oder Schemata eine eigentliche Zeichensprache in Form von Signaturen und Symbolen angewandt wird. Die eindeutige Interpretation ist oft nur innerhalb des Kontextes und/oder mit Hilfe von Kenntnissen des Umfeldes möglich. Analoges gilt genau so für alphanumerische Daten (Zahlen, Texte, usw.): Ohne das Wissen um die Bedeutung ist keine Interpretation und auch keine sinnvolle Handhabung möglich.

Übergeordnet zur Dokumentationstechnik sind die Qualitätsanfor-

derungen stets erneut zu hinterfragen, speziell bezüglich heutiger und künftiger Wertvorstellungen und angesichts der teilweise sehr langen Gültigkeit der Daten. Betrachtet man beispielsweise die Werterhaltung und Verfügbarkeit über einen Zeitraum von 20 Jahren als Qualitätskriterium, was für eine Netzdokumentation nicht allzu lang erscheint, so lassen sich bereits Konfliktsituationen erkennen. Diese übertreffen die rein technischen Unannehmlichkeiten (Lebensdauer von Hardware, Speichermedien, Betriebssysteme, Software, usw.) weit an Bedeutung. Es gilt eigentliche Technologiesprünge zu überwinden, einerseits sicher technischer, andererseits aber zum Beispiel auch gesellschaftspolitischer Art (Veränderungen von Berufsbildern und Organisationsformen, Wertverschiebungen, neu erkannte Gefahrenpotentiale usw.). Dem fortwährend drohenden Wert- und Datenverlust kann keine Universallösung gegenübergestellt werden. Obwohl eine einwandfreie Dokumentation bestehen mag, kann sie mit der Zeit, weil unbedeutend geworden, wertlos erscheinen. Einzig durch eine umsichtige, auf längerfristige Gegebenheiten ausgerichtete Daten- und Systempflege lässt sich die Situation beherrschen. Ein Informationssystem kann aus diesem Grund nicht als statisches Gebilde angesehen werden, sondern muss sich dem ändernden Umfeld vom Konzept her anpassen können.

## Elemente der Anlagendokumentation

Nach diesen allgemeineren Bemerkungen, die hauptsächlich einen weitergefassten Überblick und Denkanstösse vermitteln sollen, beschränken sich die Ausführungen im folgenden primär auf die technische Anlagendokumentation von Energieversorgungsunternehmen (EVU). In den meisten Fällen können die Aussagen jedoch direkt auch auf Dokumentationen anderer Werke übertragen werden. Insbesondere Betreiber von mehreren Netzen mit unterschiedlichen Medien profitieren von dieser Ähnlichkeit, indem sie Systemlösungen eine breitere Anwendungsbasis zugrunde legen. Für die Dokumentation der technischen Anlagen werden im wesentlichen zwei unterschiedliche Techniken angewandt, nämlich textmässige und graphische Beschreibungen. Im Sinne einer Verfeinerung können fünf Formen unterschieden werden:

– *Schriften*, in Form von Briefen, Verträgen, Notizen, Katalogen usw. sind vom Umfang her gesehen die meistverwendete Dokumentationsform. Ihr Inhalt ist zum grossen Teil unstrukturiert, und es besteht auch wenig Systematik betreffend Art und Vollständigkeit der Information.

– *Karteien* und *Listen* stellen eine objektbezogene, strukturierte Dokumentation in Textform dar. Die Systematik und der Inhalt sind weitgehend vorgegeben, und ein gezielter Datenzugriff wird damit möglich.

– In *technischen Zeichnungen* wird die Geometrie (unter Umständen in mehreren Projektionen) von örtlich begrenzten Objekten, losgelöst von ihrer Umgebung, festgehalten. In den meisten Fällen wird für die Darstellung eine Reihe fester Massstäbe verwendet, so dass die Abmessungen ersichtlich sind.

– *Schemapläne* werden erstellt, um die funktionalen und (topo-)logischen Netzzusammenhänge übersichtsmässig zu dokumentieren. Im Gegensatz zu technischen Zeichnungen werden nicht die Komponenten selbst, sondern ihre Funktion innerhalb einer logischen Betriebseinheit, beschrieben.

– In *Werkplänen*, *Leitungskatasterplänen* und *Übersichtsplänen* wird die Geometrie sowie der Verlauf des Leitungsnetzes massstabsgetreu und in einem festen Koordinatensystem dargestellt. Planwerke der amtlichen Vermessung bilden im allgemeinen die Grundlage.

Intuitiv und ohne nähere Begründung ist klar, dass auf keine der erwähnten Dokumentationstechniken verzichtet werden kann. Andererseits können leicht Objekte bezeichnet werden, die in allen fünf Formen, jeweils unter anderen Gesichtspunkten, dokumentiert sind, ein Sachverhalt der die korrekte Nachführung erschwert und deshalb hinsichtlich Aufwand und Qualitätssicherung grundsätzlich unerwünscht ist. Das mehrmalige Festhalten ein und desselben Faktums bezeichnet man als Redundanz. Die unterschiedliche Aktualität von redundanten Datenbeständen ist eine der häufigsten Ursachen für widersprüchliche Informationen.

## Objektorientierter Ansatz

Mit dem Aufkommen einer neuen Generation von Systemen, die über objektorientierte Eigenschaften verfügen, zeichnet sich ein Wandel der Dokumentationstechnik ab. Speziell auf

dem Gebiet der graphischen Systeme werden neue Wege der Informationsverarbeitung beschritten. Beispiele dazu sind objektorientierte CAD-Systeme, Facility-Management-Systeme (FM-Systeme) oder geographische Informationssysteme (GIS).

Objektorientierte Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass ein zu beschreibendes Objekt nicht nur anhand seiner Merkmale im Sinne von Kenngrössen identifiziert wird, sondern dass zusätzliche Eigenschaften mitabgebildet werden, die ergänzend die Verwendbarkeit und Funktionalität dokumentieren. Mit entsprechenden Systemfunktionen lässt sich infolgedessen ein Objektverhalten simulieren, welches der Bedeutung und der Funktion des Objektes entspricht. Als Beispiele seien Netzberechnungsprogramme erwähnt, die anhand einer Schalterstellung den Spannungszustand von Leitungsabschnitten folgern können oder GIS, die einen geschlossenen Polygonzug als Parzelle mit allen Konsequenzen interpretieren. Nebst diesen, im weitesten Sinn durch die Vererbung von Merkmalen zustandekommandenden Eigenschaften, lassen sich als weitere Abgrenzung auch eine ganze Reihe von Unsinnigkeiten vermeiden, indem beispielsweise ein Netzdokumentationssystem verhindern kann, dass ein dreiadriges Kabel mit einem fünfadrigen verbunden wird oder für eine Anschlussleistung ein Wert vorausgesetzt wird, der nicht mit der Übertragungsleistung der Zuleitung im Einklang steht.

Objektorientiertes Denken, das Denken in Gebäuden, Anlagen, Leitungen, Transformatoren, aber auch in abstrakten Gegenständen wie Verträgen, Rechnungen oder Abonnenten ist im Grunde nicht neu, obwohl man sich dessen im Rahmen von modernen CAD-Anwendungen beispielsweise nicht ständig bewusst ist. Eindeutiger verhält es sich hingegen mit einem reinen Zeichnungssystem, das Linien, Kreise und Kurven verwendet, wenn man Einzelteile, Baugruppen oder gar Stücklisten ableiten will: das System ist nicht in der Lage irgend einen bedeutungsvollen Zusammenhang zu erkennen. Trivialerweise sei erwähnt, dass sich das Endprodukt, die Zeichnung, in keiner Art und Weise von jenem eines objektorientierten Systems zu unterscheiden braucht.

Von grösserer Tragweite ist die Feststellung, dass das greifbare Endprodukt im konventionellen Sinn, sei

es Text oder Grafik, zu einer einfachen Form der Visualisierung degeneriert ist. Die eigentlichen Daten und ihre Bedeutung sind getrennt worden von der Repräsentationsform und werden als solche auch separat gespeichert. Die altbewährte Kommunikationstechnik (Symbolik) wird jedoch beibehalten, einerseits für die Datenmanipulation im Rahmen des Mensch-Maschinen-Dialoges, andererseits für die Darstellung der Information auf Papier.

## Noch einen Schritt weiter?

Bereits heute zeichnet sich eine weitere Generation von Informationssystemen ab, die vorab mit Erfolg im Datenanalyse- und Interpretationsbereich eingesetzt wird: Expertensysteme [3]. Interessant in dem hier beschriebenen Zusammenhang ist hauptsächlich die Fähigkeit solcher Systeme, Wissen zu verwalten und zu verarbeiten. Das in der Wissensbasis gespeicherte Know-How in Form von Fakten, Heuristiken und Regeln wird für die Problemanalyse verwendet und führt zu nachvollziehbaren, sinnvollen Schlussfolgerungen.

Obwohl einem Expertensystem nicht ernsthaft Intelligenz zugesprochen werden kann, verdient der Umgang eines solchen Systems mit Wissen – präziser mit der Bedeutung von Daten (Semantik) – spezielle Beachtung. Im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen, wo die Semantik vorwiegend in Form von Programmlogik nachempfunden und daher beschränkt wartbar ist, kann ein Expertensystem nicht nur seine ganze Wissensbasis ausschütten, sondern eine Änderung derselben ist sogar während des Analysenablaufs möglich.

## Datenbanken als Datenspeicher

Die EDV-technische Implementierung der Daten auf Speichermedien ist a priori eine Angelegenheit, die unabhängig von der konzeptionellen, das heisst hard- und softwareunabhängigen Datenstrukturierung behandelt werden kann und auch soll [4, 5, 6, 7]. Dennoch ist mit der Verfügbarkeit von leistungsfähigen, eigenständigen Datenbankverwaltungssystemen eine Affinität zwischen Dokumentationssystemen und Datenbanken nicht zu übersehen, und speziell relationale Datenbanksysteme setzen sich in jüngster Zeit vermehrt durch. Die Be-

gründung ist einfach: Ein Datenbankverwaltungssystem (DBMS) stellt eine universelle Schnittstelle zwischen den Anwendungsprogrammen und dem Datenspeicher zur Verfügung. Damit ist erreicht, dass sich der Benutzer (auch der Systementwickler) in erster Ordnung nicht mehr um die physische Implementierung der Datenspeicherung zu kümmern braucht. Das Verwaltungssystem übernimmt die Organisation, ermöglicht aber auch den Schutz und die Integrität<sup>1</sup> des Datenbestandes. Ausserdem können die Daten im allgemeinen mehreren Anwendungen (Benutzer) gleichzeitig und auf einfache Weise zur Verfügung gestellt werden. Im Falle eines relationalen Datenbankverwaltungssystems (RDBMS<sup>2</sup>) ist der systemtechnische Vorteil noch ein anderer: für die Schnittstellensyntax (DDL, DML und DCL<sup>3</sup>) zeichnet sich ein weltweiter Standard ab, bekannt unter dem Namen SQL<sup>4</sup>, der längerfristig eine höhere Systemunabhängigkeit (Portierbarkeit) erhoffen lässt.

Die signifikanten Vorteile eines Datenbankverwaltungssystems sind sicher unbestritten. Dennoch soll nicht unerwähnt bleiben, dass auch mit einer traditionellen Datenverarbeitung, das heisst mit einer sequentiellen Datei- oder Fileverarbeitung identische Ergebnisse erzielt werden können, wobei jedoch die Funktionalität eines DBMS zusätzlich zu realisieren ist. Für einen fundierten Entscheid zugunsten einer bestimmten Lösung müssen weitergehende Kriterien in Betracht gezogen werden. Nebst der Bewertung des Aufwandes für die Entwicklung und den Betrieb, der Flexibilität und der Entwicklungsfähigkeit des Systems sowie des Angebotes an Massnahmen zur Gewährleistung der Integrität, ist auch die Art der zu speichernden Daten bei der Wahl eines DBMS zu berücksichtigen.

Im Zusammenhang mit Dokumentationssystemen erweist sich insbesondere die Implementierung von räumlichen Daten (z.B. Grundbuch- und Leitungskataster oder allg. topologische Zusammenhänge) in eine relationale Datenbank als teilweise proble-

matisch und nicht nur deshalb, weil es im Marktangebot relationalere und weniger relationale DBMS zu geben scheint [8, 9, 10]. Für den Praktiker sind aus diesem Grund auch Mischformen von Standard- und Nichtstandard-Datenbank- sowie Filesystemen denkbar. Voraussetzung für die Sicherung der Konsistenz bleibt jedoch eine logisch zentrale Verwaltung der Datenbestände.

## Zwischenbilanz

Für eine logisch einwandfreie (Anlagen-)Dokumentation ist eine den zu beschreibenden Objekten angepasste (genügend mächtige) Dokumentationssprache (Syntax) mit entsprechender, festgelegter Bedeutung (Semantik) einerseits, ein probates (ebenso genügend mächtiges) Kommunikationsmittel für den Informationsaustausch und die Datenbewirtschaftung andererseits vorauszusetzen. Zur Erhaltung der Dokumentation (Datensicherung) muss die Speicherung der Datenwerte sowie die Syntax, Semantik und Kommunikation sichergestellt werden. In welcher Form dies geschieht, ist zunächst irrelevant, die Aussage ist aber insbesondere auch gültig für EDV-Systeme<sup>5</sup>. Im Rahmen von Überlegungen betreffend der längerfristigen Qualitäts- und Werterhaltung einer Dokumentation ist nebst der Organisation der Nachführung zudem die Konfrontation mit Technologiesprüngen einzukalkulieren.

## Informationsmodell

Für den Entwurf eines technischen Anlagedokumentationssystems braucht man ein Werkzeug, um auf konzeptioneller Ebene die reale Welt beschreiben zu können. Wenn man von wenigen speziellen Systemen und ebenso speziellen Anwendungen absieht, so bedarf es für den Aufbau eines (unternehmensweiten oder singulären) Dokumentations- und Informationssystems der vorgängigen Formulierung der Informationsbedürfnisse an sich. Für die Entwicklung von Sy-

<sup>1</sup> Unter Integrität versteht man das realitätskonforme Festhalten von Sachverhalten.

<sup>2</sup> RDBMS: Relational Data Base Management System

<sup>3</sup> DDL: Data Definition Language  
DML: Data Manipulation Language  
DCL: Data Control Language

<sup>4</sup> SQL: Structured Query Language

<sup>5</sup> Auch in der heutigen Zeit der offenen Systeme lohnt es sich mitunter die geschilderten Aspekte näher zu hinterfragen.

stemlösungen – gemeint ist hier nicht die Erstellung von Software! – orientiert man sich dazu zweckmässigerweise an der international anerkannten Methodik der Strukturierten Analyse [11, 12]. Die Methode umschreibt formal die einzelnen durchzuführenden Arbeitsschritte sowie die zugehörigen zu produzierenden oder zu erwartenden Ergebnisse. Mit solch einem Gerüst lässt sich nicht zuletzt das Vorgehen quantifizieren und damit die Risiken hinsichtlich vielerlei Aspekten besser eingrenzen.

Von grösserer, wenn nicht zentraler Bedeutung erscheint aber die Existenz einer gemeinsamen Sprache von Anwender (hier EVU) und EDV-Spezialist zu sein und dies deshalb, weil der Anwender schlussendlich der einzige ist, der die Informationsbedürfnisse aufgrund seiner Tätigkeiten genau kennt und damit alleinig in der Lage ist, insbesondere strategische Analyseergebnisse endgültig zu bestätigen oder zu verwerfen. Ein Grund, weshalb auch von Anwenderseite vermehrt postuliert wird, dass sich die Mitglieder (auf Führungsebene) entsprechender Projektgruppen mit den Grundzügen der besagten Methodik vertraut machen [2].

Im Rahmen des modernen Systems Engineering wird für die Darstellung der (Informations-)Analyseergebnisse, nebst der reinen, textmässigen Beschreibung von Sachverhalten, eine abstraktere, konzeptionelle Präsentation in Form von Modellen verwendet. Der Begriff konzeptionell bedeutet, dass die datenspezifischen Aspekte neutral, das heisst losgelöst von hard- und softwarebezogenen Überlegungen bearbeitet werden. Ziel der Modellierung ist, nebst der Erarbeitung der Systemarchitektur selbst, das gleichzeitige Erreichen einer langfristig einwandfreien Systemdokumentation, welche auch dem Anwender (zumindest in Teilen) verständlich bleibt. Innerhalb des Informationsmodelles, häufig um seine tiefere Bedeutung auszudrücken auch als Realitätsmodell bezeichnet, wird ein System schwerpunktmässig hinsichtlich dreier Gesichtspunkte analysiert<sup>6</sup> und modelliert:

– *Informationen* in Form von Daten und deren Bedeutung werden mittels

eines Datenmodelles, üblicherweise eines Entity-Relationship-Modelles, dokumentiert.

– *Funktionen* und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten werden in Funktions-Hierarchie- sowie in Datenflussdiagrammen, aufgelöst in einzelne Prozesse, dargestellt.

– *Ereignisse*, Auslöser von Systemfunktionen und damit treibende Kraft des Geschehens, werden als solche aufgelistet.

Die innerhalb der genannten Methodik beschriebenen Techniken können die gesamte Entwicklungsphase eines Systems von der Idee bis zum Betrieb überspannen und sind so aufgebaut, dass die Resultate vorangehender Schritte in konsequenter Weise entweder in die nächsten Schritte einfließen oder in einem der nächsten Schritte konsolidiert werden. Explizit ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass die eigentliche Realisierung erst zu jenem Zeitpunkt angegangen werden soll, wo eine gesamtheitliche, logisch korrekte Lösung vorliegt und dass bis zu diesem Punkt zu beachten ist, dass die EDV-technische Implementierung in keiner Art präjudiziert wird. Durch dieses Vorgehen soll primär erreicht werden, dass der implementierungsunabhängige Teil eines Informationssystems auch als solcher unabhängig erstellt wird. Der Entscheid, welche Teile EDV-mässig realisiert werden sollen, wird bewusst solange verzögert, bis als Fundament ein genügend vollständiges Bild zur Verfügung steht.

Entsprechend der Bedeutung der Daten in einem Dokumentationssystem und angesichts der bereits geäusserten Wichtigkeit der Systemdokumentation wird im folgenden noch konkreter auf die Datenmodellierung eingegangen. Die Quintessenz sei jedoch gleich vorweggenommen: Das logische Datenmodell ist gleichzusetzen mit dem entsprechenden Teil des Dokumentationssystems: es ist selbst ein Teil der Dokumentation!

## Relationen, ER-Diagramme

Für die Darstellung logischer (konzeptioneller) Datenmodelle werden heute vorwiegend ER<sup>7</sup>-Diagramme verwendet. Ihre Begründung geht auf

das Relationenmodell von E.F. Codd [13] zurück. Eine der gebräuchlichen Diagrammnotationen sowie deren Interpretation werden nachfolgend kurz erläutert.

Der Begriff Entity – deutsch Entität, wörtlich übersetzt ein «Seiendes» – bezeichnet einen Repräsentanten eines Objektes oder Sachverhaltes, der von Bedeutung ist und der deshalb in den meisten Fällen datentechnisch erfasst werden soll. Eine Entität muss als solche unabhängig und eindeutig identifizierbar sein und zu diesem Zweck entsprechende Merkmale aufweisen. Graphisch wird eine Entität hier durch ein Rechteck dargestellt, in dem die Bezeichnung des «Seienden» in der Einzahl steht.

Relationships – deutsch Beziehungen oder Relationen – repräsentieren die semantischen Zusammenhänge zwischen einzelnen Entitäten. Sie werden graphisch als Linien dargestellt. Die Beschriftung der Linien gibt Auskunft über die Bedeutung (Semantik) und den Grad (Kardinalität) der Beziehung. Die Zahl näher der Entität gibt das Maximum, jene entfernter das Minimum des Grades an. Folgend werden vier Kardinalitäten unterschieden, wobei im Diagramm eine 0 als Kreis, eine 1 als Strich und ein m als Krähennuss dargestellt wird:

0 1	:	0 oder 1, das heisst <i>kann ein</i>
0 m	:	0, 1 oder mehrere, das heisst <i>kann mehrere</i>
1 1	:	1 oder 1, das heisst 1 und genau 1, oder <i>muss genau ein</i>
1 m	:	1 oder mehrere, das heisst <i>muss ein oder mehrere</i>

Aus der Fülle möglicher Anwendungen sei hier stellvertretend der Themenbereich öffentliche Beleuchtung als Beispiel herausgegriffen. Dabei wird nicht in erster Linie grosser Wert auf Vollständigkeit gelegt, sondern es soll anhand eines einfachen und relativ leicht nachvollziehbaren Sachverhaltes die Modellierung demonstriert werden.

Dem Modell wurden folgende Fakten zugrunde gelegt: Die Leuchtstellen sind von unterschiedlicher Bau- und Befestigungsart. Eine Leuchtstelle hat eine oder mehrere Lampen, die unterschiedlich beschaltet sein können. Die einzelne Lampe basiert auf

<sup>6</sup> Analyse [Knaur]: Zergliederung eines Sachverhaltes zur begrifflichen Klärung; sagt über einen Gegenstand aus, was in dessen Begriff schon gedanklich enthalten war. Das Modell soll die Realität beschreiben!

<sup>7</sup> ER: Entity Relationship

einem bestimmten Lichterzeugungsverfahren und hat je nach Schaltart eine unterschiedliche Licht- oder elektrische Leistung. Im weiteren ist die genaue Lage der Lampe, je nach Bauart der Leuchtstelle, näher anzugeben.

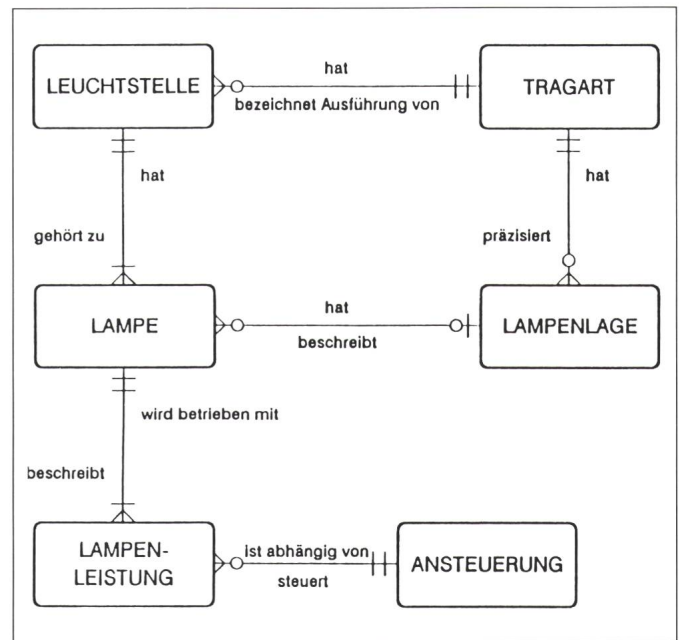
Im ER-Diagramm (Bild 1) ist dieser (und nur dieser) Sachverhalt abgebildet. Für die Interpretation des Diagrammes betrachten wir als Beispiel die Beziehung zwischen LEUCHTSTELLE und TRAGART. Die Relation wird folgendermassen gelesen:

Von links nach rechts:  
Jede LEUCHTSTELLE *hat* genau eine TRAGART.

Von rechts nach links:  
Jede TRAGART *bezeichnet Ausführung von* 0, 1 oder mehreren LEUCHTSTELLEN.

**Bild 1**  
**Entity-Relationship-Diagramm für Leuchtstellen**

Jede Leuchtstelle hat genau eine Tragart und hat eine oder mehrere Lampen. Jede Lampe wird mit einer oder mehreren Lampenleistungen betrieben, wobei die Lampenleistung von genau einer Ansteuerung abhängig ist. Jede Lampenlage kann mehrere Lampen beschreiben und präzisiert eine bestimmte Tragart.



Ergänzend ist zu erwähnen, dass sich das Modell zwar auf den Einzelfall einer Leuchtstelle bezieht, jedoch stellvertretend für alle Leuchtstellen gelten muss. Um die Aussagekraft des Datenmodelles zu untermauern ist es ebenso interessant festzustellen, was nicht dargestellt ist. Dazu wird die Beziehung zwischen LEUCHTSTELLE und LAMPE betrachtet: Jede LEUCHTSTELLE *hat* 1 oder mehrere LAMPEN. Das bedeutet explizit, dass es keine Leuchtstellen ohne Lampen gibt! Eine Aussage, die nur im Zusammenhang mit der Bedeutung der Entität LEUCHTSTELLE im vorliegenden Modell geklärt werden kann. Falls es Leuchtstellen ohne Lampen gibt, müsste die Kardinalität minimal 0 betragen.

Zur eindeutigen Identifikation einer bestimmten Entität<sup>8</sup> wird diese nebst den Beziehungen ergänzend durch Attributwerte näher umschrieben. Als Beispiel ist für jede Entität ein mögliches Attribut aufgeführt.

LEUCHTSTELLE	Nummer	(1, 2, 354, 1026, ...)
TRAGART	Typ	(Kandelaber, Säule, ...)
LAMPE	Typ	(Glühlampe, Quecksilberdampf, ...)
LAMPENLAGE	Bez.	(vorn, hinten, ...)
LAMPENLEISTUNG	Watt	(150, 75, ...)
ANSTEUERUNG	Art	(Halbnacht, Ganznacht, ...)

Den Wertebereich der Attribute – zulässige Werte sind unten in Klammern () aufgeführt – bezeichnet man als Domänen.

Zusammen mit zusätzlichen Hintergrundinformationen in Form von Begriffsdefinitionen und erklärenden Texten bezüglich den Entitäten und Beziehungen dokumentieren ER-Diagramme einen wesentlichen Teil der informationsspezifischen Belange eines Systems. Ganz allgemein zeichnet sich das ER-Modell durch Einfachheit, eine hohe Lesbarkeit und Transparenz aus.

## Sachdaten (-bank)

Mit dem obigen Beispiel soll nicht nur die modellmässig präzise Formulierung von *realen* Sachverhalten demonstriert werden. Bewusst sind für die Beschreibung der Leuchtstelle nur Sachdaten verwendet worden, ob schon innerhalb des Modelles durchaus *graphische* Entitäten oder Attri-

bute verwendet werden könnten, zum Beispiel Entität SYMBOL mit *Vektordarstellung*, *Strichstärke* und *Farbe* als Attribute sowie eine weitere Beziehung zwischen der neuen Entität SYMBOL und der bestehenden LEUCHTSTELLE. Die Begründung ist einfach und pragmatisch: Graphik- und Sachdaten bedingen eine unterschiedliche Handhabung. Das Attribut *Vektordarstellung* lässt sich nur mit einem Graphikprogramm sinnvoll verarbeiten. Die auf dem Markt verfügbaren Systeme sind wohl graphikfähig, aber in nahezu allen Fällen nicht so universell einsetzbar, als dass der Anwender vollständig Einfluss auf das zugrunde liegende Datenmodell hätte. Bei den Systemen neuester Generation (insbesondere bei GIS und FM-Systemen) zeichnet sich jedoch zunehmend die Möglichkeit ab, beliebige Sachdaten zu den vom System funktional unterstützten Objekten hinzufügen zu können.

Dadurch scheinen die in der Zwischenbilanz gemachten Voraussetzungen für eine logisch einwandfreie Dokumentation einerseits zwar gefährdet zu sein, speziell dann, wenn ein betreffendes System den Zugriffspfad auf die Daten exklusiv beansprucht. Die geforderte Sicherstellung der Semantik wäre in diesem Fall an das Programm gebunden, und es kann folgedessen auch nicht von einem DBMS gesprochen werden. Andererseits ist aber dieser Konzession in jedem Fall eine Softwareentwicklung von mehreren Mannjahren als Alternative gegenüberzustellen, eine Vision, welche

<sup>8</sup> Um den Einzelfall von der Menge aller Fälle unterscheiden zu können, wird oft zwischen einer Entität (entsprechend dem Einzelfall) und der Entitätsmenge unterschieden. Einzelne Entitäten einer Entitätsmenge können ausschliesslich anhand der Attributwerte identifiziert werden.

den Entscheid für eine Programmabhängigkeit stark erleichtert.

Der Entwicklungsaufwand von Sachdatenbanken ist im Gegensatz dazu vergleichsweise bescheiden. Heutige DBMS, insbesondere RDBMS, lassen sich mit der notwendigen Universalität und unter Berücksichtigung der geforderten Kriterien an eine Dokumentation für die Speicherung und Verarbeitung von Informationen in Form von Texten und Zahlen einsetzen. Die Schlussfolgerung ist daher naheliegend, Graphikdaten von Sachdaten insofern zu trennen, dass für letztere eine einwandfreie Dokumentation gewährleistet ist. Mit der künftigen Verfügbarkeit von grafikfähigen, objektorientierten DBMS steht einer künftigen Migration nichts im Wege, da die Voraussetzungen dazu explizit berücksichtigt sind.

## Applikationen

Applikationen<sup>9</sup> und Anwendungsprogramme sind ein wichtiger Teilaspekt einer technischen Anlagendokumentation (TAD). Erst die Ausgestaltung mit Applikationen, welche die Datenbank der TAD benutzen, führt sukzessive zu einem umfassenden betrieblichen Informationssystem hin. Am Anfang wird eine TAD meistens nur als Inventarsystem angelegt werden, bis zumindest die statischen Anlagendaten nahezu vollständig in die Datenbank aufgenommen worden sind. Danach wird man sich aber nicht mehr nur mit einer schematischen Rekapitulation und Visualisierung der Anlagendaten in ihrem originären Zustand begnügen wollen.

Es ist hauptsächlich die Nachbildung betrieblicher Vorgänge oder der Einbezug von komplexen Anlagezuständen sowie der realen Arbeitswelt des Unternehmens, die zur maximalen Nutzung einer TAD als Informationssystem führt. Applikationen sind deshalb die eigentliche Schnittstelle zwischen dem sich passiv verhaltenden Informationssystem und dem Menschen, der aktiv und zielgerichtet auf die Ausführung von Unternehmensaufgaben hin denkt und handelt. Das Datenbanksystem selbst und seine Funktionen zur Pflege des Datenbestandes sowie die daran anknüpfenden

Mechanismen zur Sicherung der Konsistenz und Qualität der Daten werden in diesem Sinne nicht als Applikationen betrachtet.

Applikationen sowie einzelne Anwenderprogramme sind letztlich immer auf das gleiche Ziel hin ausgerichtet: die Erhöhung der Produktivität des Unternehmens. Die Stossrichtung zielt dabei historisch bedingt primär auf die beiden, je nach Unternehmensgrösse verschieden stark gekoppelten Bereiche *Technik und Betrieb* und *betriebliches Rechnungswesen*. In Zukunft wird man jedoch der Erfahrung Rechnung tragen müssen, dass die Einführung von Applikationen dem Unternehmen langfristig nur dann die erwarteten Vorteile bringen kann, wenn eine interdisziplinäre Datennutzung von Beginn an durch die Planung von Schnittstellen vorgesehen wird.

In der Elektrizitätswirtschaft wird man sich hinsichtlich des Unternehmensbereiches Technik und Betrieb, auf den sich die nachfolgenden Ausführungen beschränken, vor allem mit der Unterstützung von Massnahmen zur Senkung der Kosten im Zusammenhang mit der Gewährleistung der Versorgungssicherheit befassen. Hierbei kann es sich um sehr unterschiedliche Massnahmen handeln, nämlich um solche, die auf das gegenwärtige Betriebsgeschehen einwirken sollen, als auch um solche, die in die Planung zukünftiger Investitionen einfließen sollen.

Entsprechend der Komplexität und dem Wert des Versorgungsnetzes sowie der langen Lebensdauer einzelner Anlagenkomponenten einerseits, der kollektiven Abhängigkeit der Versorgungsgewährleistung andererseits, kommt dem Anlagenunterhalt eine zentrale Bedeutung zu. Um die Versorgungssicherheit bestmöglichst zu garantieren und um Folgeschäden bei Defekten vorzubeugen, werden bei Systemen dieser Art zweckmässigerweise kontrollierte, periodische Unterhaltsmassnahmen durchgeführt. Dabei ist logistisch gesehen zwischen präventiven Massnahmen und Reparaturen zu unterscheiden. Zur Prävention zählen Kontrollen und Revisionen. Während Kontrollen meist einen Ist- mit dem Sollzustand vergleichen und im allgemeinen an in Betrieb stehenden Anlagen durchgeführt werden können, muss für eine Revision im Normalfall ein Teilbereich der Anlage für eine bestimmte Zeit stillgelegt werden. Beide Massnahmen sind

aber, im Gegensatz zu Defekten und deren Reparatur, grundsätzlich bezüglich Zeit- und Kostenaufwand planbar.

Angesichts der vielfältigen Zusammenhänge von (Unterhalts-)Massnahmen an sich, kann sich die systemtechnische Realisierung von Funktionen, welche auch begleitende Tätigkeiten und Randbedingungen unterstützen, sehr aufwendig gestalten. Aus diesem Grund soll erneut die Strategie der Trennung, ähnlich im Fall von Graphik- und Sachdaten, in Erinnerung gerufen werden. Das Marktangebot an Logistik-, Planungs-, Lagerbewirtschaftungssystemen usw. ist sehr gross, und auch hier ist die Tendenz zu beobachten, dass die Systeme zunehmend auf DBMS basieren. Was jedoch bis anhin keinem Unternehmen abgenommen werden kann, ist die Formulierung seiner spezifischen Informationsbedürfnisse. Mit der Hoffnung auf ein adäquates Branchenmodell, wie es beispielsweise für Gemeindeverwaltungen heute besteht, muss die Zukunft in der Gegenwart in Angriff genommen werden.

## Literatur

- [1] R. Marolf und J. Fehlmann: Datenorientierte Informationskonzepte für elektrische Energieversorgungsunternehmen. Bull. SEV/VSE 82(1991)3, S. 7...10
- [2] N. Wartmann und R. Lanz: Hat unser Management die Informatik im Griff? IO Management Zeitschrift 59(1990)9, S. 27...30
- [3] D. A. Waterman: A guide to expert systems. Reading/Massachusetts, Addison-Wesley, 1986
- [4] M. Vetter: Aufbau betrieblicher Informationssysteme mittels konzeptioneller Datenmodellierung. 5. Auflage. Stuttgart, Teubner, 1989
- [5] M. Vetter: Strategie der Anwendungssoftware-Entwicklung: Planung, Prinzipien, Konzepte. Stuttgart, Teubner, 1988
- [6] C. A. Zehnder: Informationssysteme und Datenbanken. 5. Auflage. Stuttgart, Teubner, 1989
- [7] M. Becker, R. Haberfellner und G. Liebetrau: EDV-Wissen für Anwender. Ein Handbuch für die Praxis. 9. Auflage. Zürich, Verlag Industrielle Organisation, 1990
- [8] G. Smehil: Technologie der Verwaltung räumlicher Daten. Output 18(1989)5, S. 43...48
- [9] H. Samet: The design and analysis of spatial data structures. Reading/Massachusetts, Addison-Wesley, 1990
- [10] Proceedings of the Fourth International Symposium on Spatial Data Handling, Zürich, 1990
- [11] E. Yourdon: Modern structured analysis. London a. o., Prentice-Hall, 1989
- [12] S. M. McMenamin und J. F. Palmer: Strukturierte Systemanalyse. München, Hanser, 1988
- [13] E. F. Codd: A relational model of data for large shared data banks. Communications of the ACM 13(1970)6, p. 377...387

<sup>9</sup> Mehrere, funktional zusammengehörende Programme werden häufig auch als Applikation bezeichnet.