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: 76 (1985)

Heft: 13

Artikel: Datenverwaltung für Netzberechnungen in Energieversorgungsunternehmen

Autor: Amthauer, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904632

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: 07.08.2025

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

Datenverwaltung für Netzberechnungen in Energieversorgungsunternehmen

E. Amthauer

Die Energieversorgungsunternehmen setzen in zunehmendem Mass Netzberechnungsprogramme für die Planung und Überwachung des Netzbetriebs ein. Da die zur Verwaltung der erforderlichen grossen Datenmengen eingesetzten Verfahren in vielen Fällen nicht mit der Entwicklung der neuen Berechnungsverfahren Schritt gehalten haben, wurde ein neues Datenverwaltungskonzept erarbeitet und verwirklicht. Dieses wird im nachstehenden Aufsatz vorgestellt.

Les entreprises distributrices d'énergie électrique utilisent de plus en plus des programmes de calcul pour la planification et la surveillance de l'exploitation des leurs réseaux. Le traitement usuel des grandes quantités de données étant souvent insuffisant pour suivre le développement des nouveaux procédés de calcul, une conception nouvelle a été élaborée et réalisée, ce qui, est décrit dans cet exposé.

Adresse des Autors

Dr. *E. Amthauer*, c/o Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg, 4335 Laufenburg.

1. Einführung

Mittels Netzberechnungsprogrammen werden von den Energieversorgungsunternehmen aktuelle oder zukünftige Belastungszustände des Netzes ermittelt. Die wichtigsten Ziele sind dabei die Planung des Betriebs, die Bestimmung von Abhilfemassnahmen bei Störungen und die Ausbauplanung des Versorgungssystems. Dafür werden verschiedene Netzberechnungsprogramme eingesetzt. Die Eingabedaten für die Programme bestehen aus den Modellen mit den zugehörigen Modellparametern aller Elemente des jeweils betrachteten Netzes.

Diese *Eingabedatensätze* hat man in der Vergangenheit meistens als formatierte Datenfiles ausgelegt, die entweder mit einem Texteditor auf Magnetplatten oder mit einem Kartenstanzer auf Lochkarten geschrieben wurden. Normalerweise konnten solche Datensätze nur von einem bestimmten Netzberechnungsprogramm gelesen werden. Das hatte zur Folge, dass für jede einzelne Netzberechnung ein vollständiger Datensatz erstellt und unterhalten werden musste, auch wenn sich der Informationsgehalt einzelner Datensätze nur wenig unterschied. Dieses Verfahren war ausreichend, solange wenige Datensätze mit einer überschaubaren Anzahl von Netzelementen zu verwalten waren.

Mit grösser werdendem Datenvolumen nimmt bei diesem Konzept der Aufwand für die Datenpflege jedoch sehr stark zu. Die wichtigste Ursache dafür sind die in den einzelnen Eingabedatensätzen vorhandenen redundanten Informationen. Wenn ein Netzelement in mehreren Datensätzen enthalten ist und seine Modellparameter geändert werden sollen, müssen sämtliche betroffenen Datensätze mutiert werden. Der Aufwand für die mehrfache Durchführung dieser Mutationen kann beträchtlich sein. Ausserdem besteht die Gefahr, dass einzelne Mutationen vergessen oder nicht korrekt ausgeführt werden, was die Datenintegrität zerstört. Die Probleme des Datenunterhalts werden besonders deutlich, wenn man berücksichtigt, dass im vorliegenden Fall grössenordnungsmässig einige 100 Datensätze verwaltet werden müssen, von denen die grössten etwa 2000 Netzelemente umfassen.

In dieser Abhandlung wird ein neues Konzept für die Verwaltung von Netzdaten entwickelt und die Realisierung des Konzeptes vorgestellt.

2. Konzept für die Netzdatenverwaltung

Der entscheidende Schritt zur Verbesserung des bisherigen Verwaltungskonzepts besteht in der Reduktion der in den einzelnen Eingabedatensätzen vorhandenen Redundanz. Dies geschieht, indem der Informationsgehalt sämtlicher Datensätze zu einer gemeinsamen Datenbasis zusammengefasst wird, die in einer Datenbank verwaltet wird. Die Figur 1 zeigt schematisch die Organisation der Daten für die beiden Verwaltungskonzepte.

Beim verbesserten Konzept (Fig. 1b) wird die implizite Zuordnung zwischen den Daten und dem Eingabedatensatz aufgelöst und durch eine explizite Zuordnung über *Schlüsselattribute*[1] ersetzt. Dies ermöglicht, die in Figur 1b schematisch als Schnittflächen der Kreise dargestellten redundanten Informationen zu eliminieren. Die wesentlichen Vorteile dieses Verwaltungskonzepts zeigen sich darin, dass

- das Datenvolumen reduziert wird,
- Mutationen nicht mehrfach ausgeführt werden müssen,

[1] Attribute sind die elementaren Bestandteile der Datenbank.

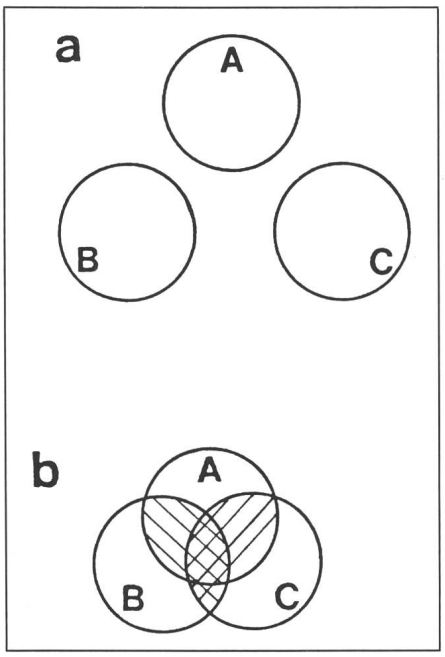

Fig. 1 Organisation der Datensätze
a bisheriges Verwaltungskonzept: getrennte Datensätze
b neues Verwaltungskonzept: mit gemeinsamer Datenbank

- Eingabedatensätze für verschiedene Netzberechnungsprogramme verwendet werden können,
- die Datenintegrität erzwungen wird,
- der Zugriff auf die Daten kontrolliert werden kann.

Die Erstellung eines Eingabedatensatzes erfolgt in Form einer Abfrage der Datenbasis, wobei sämtliche Modelldaten, die eine bestimmte Kombination von Schlüsselattributen aufweisen, zusammengestellt und in eine vom jeweiligen Netzberechnungsprogramm lesbare Form übersetzt werden.

3. Entwurf der Datenbank

Der zentrale Teil des Verwaltungskonzepts ist eine Datenbank, deren wichtigste Funktion die Zusammenstellung sämtlicher zu bestimmten Eingabedatensätzen gehörenden Modelldaten ist. Die Zuordnung zwischen Modelldaten und Eingabedatensätzen muss so organisiert werden, dass möglichst wenig Redundanz in der Datenbasis vorhanden ist. Der Entwurf der Datenbank erfolgt in drei Schritten. Zunächst wird eine Analyse der vorhandenen, nach dem bisherigen Konzept verwalteten Daten durchgeführt. Ziel der Analyse ist es, den Informationsgehalt der Eingabedatensätze in elementare Bestandteile (Attribute) zu zerlegen. Im zweiten Schritt werden die Beziehungen zwischen den Attributen in einem logischen Datenmodell dargestellt. Der letzte Schritt besteht darin, das logische Datenmodell in physische Datenstrukturen umzusetzen.

3.1 Analyse der Eingabedatensätze

Der Informationsgehalt eines Eingabedatensatzes kann in die vier Hauptbestandteile Eingabedatensatznummer, Netz, Netzelement und Daten zerlegt werden. Die Eingabedatensatznummer ist die eindeutige Kennzeichnung eines bestimmten Eingabedatensatzes. Der Begriff Netz bezeichnet eine Menge von Netzelementen (Leitungen, Transformatoren usw.), die elektrisch miteinander verbunden werden können. Netzelemente sind formale Repräsentanten von Elementen des realen Verbundnetzes innerhalb der Eingabedatensätze. Der Begriff Daten umfasst die Modelle und Parameter, die das elektrische Verhalten der Netzelemente beschreiben. Damit diese Begriffe quantitativ erfasst werden können, muss untersucht werden, welche Netze, Netzelemente und Daten zu einer Eingabedatensatznummer gehören.

Die Analyse zeigt, dass sich ein Netz durch zwei Attribute charakterisieren lässt. Das erste Attribut heisst *Netzausschnitt*. Es definiert, welcher Teil des Verbundnetzes reell und welche Teile reduziert dargestellt sind. Der Begriff reelle Darstellung bedeutet, dass jedes Element des realen Verbundnetzes durch ein Netzelement abgebildet wird. Bei reduzierter Darstellung kann ein Netzelement mehrere Elemente des realen Netzes repräsentieren. Das zweite Attribut für die Charakterisierung eines Netzes wird *Ausbauzustand* genannt. Dieses Attribut resultiert aus der Notwendigkeit, für Planungszwecke verschiedene Konfigurationen innerhalb eines Netzausschnittes zu unterscheiden, die für künftig geplante In- und Ausserbetriebnahmen von Netzelementen definiert sind. Die in den Eingabedatensätzen vorhandenen Modelldaten lassen sich in statische und dynamische Daten zerlegen. Das Attribut *Modellparametersatz* umfasst die statischen Daten eines Netzelementes, die beim Betrieb des Versorgungsnetzes nicht verändert werden. Beispiele dafür sind physikalische Daten wie

- Nennleistungen,
- Nennspannungen,
- Impedanzen,
- Belastungsgrenzwerte.

Die dynamischen Daten beschreiben Eigenschaften der Elemente des Netzes, die sich während des Betriebs ändern können. Solche Daten sind beispielsweise

- Sammelschienenzuordnung,
- Schaltzustand (ein- oder ausgeschaltet),
- Stufenstellung der Transformatoren,
- Wirk- und Blindleistungswerte der Generatoren und Verbraucher.

Zur Kennzeichnung der dynamischen Daten werden die Attribute *Betriebszustand* und Betriebszustandsdaten verwendet. Der Betriebszustand ist ein Name für die Gesamtheit der dynamischen Daten, die einem Eingabedatensatz zugeordnet sind, während das Attribut Betriebszustandsdaten die eigentlichen Daten eines Netzelements bezeichnet.

Zu den bisher genannten Attributen, die den Informationsgehalt eines Eingabedatensatzes definieren, kommt noch das Attribut *Datenslice* hinzu, das besagt, wie aktuell die enthaltenen Daten sind. Die in den Datensätzen enthaltenen Informationen müssen durch entsprechende Mutationen ständig aktualisiert werden. Dieser Prozess verläuft normalerweise iterativ, weil die Konsistenz der Daten erst anhand der Ergebnisse einer Netzberechnung überprüft werden kann. Wenn an einem konsistenten Datensatz Mutationen erforderlich sind, ist es in vielen Fällen notwendig, den alten Datensatz mindestens solange aufzubewahren, bis die Datenkonsistanz des neuen Datensatzes erwiesen ist. Es können also mehrere verschiedene auf Konsistenz geprüfte und eine aktuelle Version eines Datensatzes gleichzeitig existieren. Diese Versionen werden durch die Datenslicenummer unterschieden.

Als Ergebnis der Analyse zeigt sich, dass die in einem Eingabedatensatz enthaltenen Informationen den Attributen

- Netzelement,
- Modellparametersatz,
- Betriebszustand,
- Betriebszustandsdaten,
- Netzausschnitt,
- Ausbauzustand,
- Datenslicenummer,
- Eingabedatensatznummer

eindeutig zugeordnet werden können. Diese Unterteilung wird als primäre Organisation für den Datenbankentwurf verwendet. Der Nachteil dieser

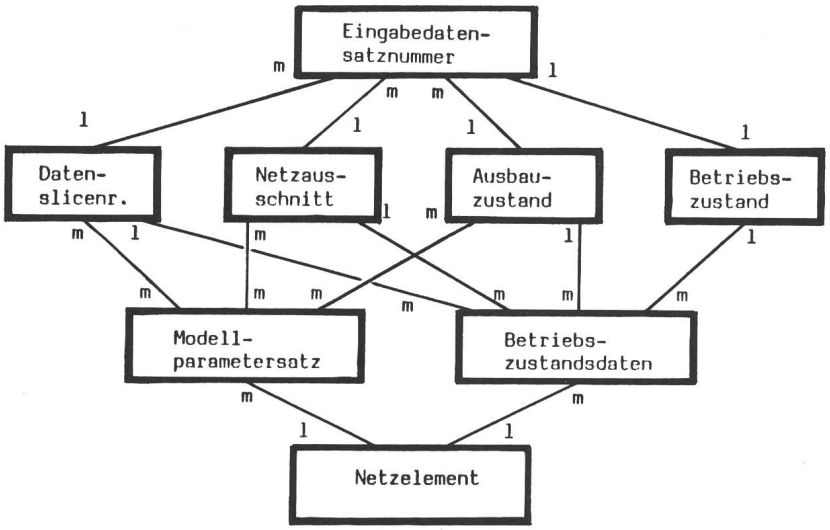

Fig. 2 Darstellung der logischen Datenstruktur als Netzwerkmodell
Die in einem Eingabedatensatz enthaltenen Informationen können den obigen Elementen (Attributen) eindeutig zugeordnet werden.

Unterteilung ist, dass Attribute zugelassen sind, die mehrere Daten umfassen (Modellparametersatz und Betriebszustandsdaten). Für den Zugriff auf einzelne Daten eines solchen Attributs ist eine sekundäre Organisation erforderlich. Der wichtigste Vorteil ist die Möglichkeit, konzeptionelle Änderungen in der sekundären Organisation vornehmen zu können, ohne die primäre Organisation ändern zu müssen. Das erleichtert also beispielsweise die Integration neuer Typen von Netzelementen oder zusätzlicher Modelldaten.

3.2 Formulierung des Datenmodells

Nachdem die Attribute bestimmt sind, aus denen sich die Datensätze zusammensetzen, werden im nächsten Schritt die Beziehungen zwischen den Attributen untersucht. Für die Darstellung der Beziehungen können relationale oder hierarchische Modelle sowie Netzwerkmodelle benutzt werden, die jeweils spezifische Vor- und Nachteile bei der Beschreibung von bestimmten Datenstrukturen aufweisen. Zur Darstellung der vorliegenden Daten wird ein Netzwerkmodell verwendet, weil mit diesem Modell mehrdeutige Beziehungen zwischen den Attributen ohne zusätzliche Hilfsattribute darstellbar sind. Die Hauptaufgabe der Datenbank ist es, die einer Eingabedatensatznummer zugeordneten Netzelemente und die zu den Netzelementen gehörenden Modellparametersätze und Betriebszustandsdaten aus der Datenbasis zu lesen und als Eingabedatensatz zugänglich zu machen. Wie diese Zugriffe organisiert werden müssen, kann aus dem logischen Datenmodell in Figur 2 abgeleitet werden. In diesem sind nur die für den Entwurf der Datenbank wichtigen Relationen eingetragen. Dem Datenmodell ist zu entnehmen, dass es keine direkte Relation zwischen den Attributen Eingabedatensatznummer und Netzelement gibt. Alle Zuordnungen zwischen diesen Attributen erfolgen indirekt über die Schlüsselattribute Datenslice, Netzausschnitt, Ausbauzustand und Betriebszustand. Zwischen der Eingabedatensatznummer und den Schlüsseln bestehen jeweils Relationen vom Typ eins-zu-viele. Diese sind in Figur 2 durch die Verbindungslinien mit der Kennzeichnung 1: m dargestellt. Beispiel: Jeder Eingabedatensatznummer ist genau ein Netzausschnitt zugeordnet, während jeder Netzausschnitt mehreren Eingabedatensatznummern zugeordnet sein kann. Daraus folgt, dass jeder Eingabedatensatznummer genau ein Wertetupel der Schlüsselattribute zugeordnet ist. Dieses Wertetupel wird als Identifikationsschlüssel für die übrigen einer Eingabedatensatznummer zugeordneten Attribute verwendet. Diese Zuordnungen erfolgen auf zwei getrennten Pfaden. Auf dem ersten Pfad werden der Eingabedatensatznummer die Modellparametersätze (statische Daten) und auf dem zweiten Pfad die Betriebszustandsdaten (dynamische Daten) der Netzelemente zugeordnet.

3.3 Umsetzen des logischen Datenmodells in physische Datenstrukturen

Mit der Formulierung des logischen Datenmodells ist der eigentliche Datenbankentwurf abgeschlossen. An dieser Stelle muss entschieden werden, ob für die Datenbank ein käufliches Softwareprodukt eingesetzt werden soll. Im vorliegenden Fall wird eine Eigenentwicklung verwendet, weil zu dem Zeitpunkt, an dem die Entscheidung getroffen wurde, kein geeignetes Produkt für die vorhandenen Rechner erhältlich war. In diesem Abschnitt werden einige wichtige Details des entwickelten Programms vorgestellt. Die Datenbank ist für 999 Datenslices, 8 Netzausschnitte, 1200 Ausbauzustände mit jeweils 4 Betriebszuständen ausgelegt. Innerhalb eines Datenslice können also maximal 8 1200 4 = 38 400 Eingabedatensätze definiert werden.

In Tabelle I ist am Beispiel einer Leitung dargestellt, wie die innere

Ausschnitt aus einem Modellparametersatz Tabelle I

Identifikator des Elements	LN300001
Datenslicenummer	2 und 3
Netzausschnitt	A C
Ausbauzustand	01 1985 bis 12 1989
Typ des Netzelements	Leitung
Typ des Modells	Pi-Ersatzschaltung
Betriebsname	Jura
Unterstationsname 1	BASSECO3
Unterstationsname 2	LAUFENB3
Nennspannung	UN = 380.0 [kV]
Realteil Impedanz (Mitsystem)	R1 = 2.310 [Ohm]
Imaginärteil Impedanz (Mitsystem)	X1 = 24.690 [Ohm]
Imaginärteil Admittanz (Mitsystem)	B1 = 270.000 [micro S]
Realteil Impedanz (Nullsystem)	R0 = 17.600 [Ohm]
Imaginärteil Impedanz (Nullsystem)	X0 = 76.800 [Ohm]
Imaginärteil Admittanz (Nullsystem)	B0 = 165.900 [mikro S]
Zulässiger Grenzstrom	I = 1200.000 [A]

Ausschnitt aus den Betriebszustandsdaten Tabelle II

Identifikator des Elements	LN300001
Datenslicenummer	3
Netzausschnitt	A
Ausbauzustand	01 1986
Betriebszustand	2
Typ des Netzelements	Leitung
Name der Sammelschiene Unterstation 1	S1
Name der Sammelschiene Unterstation 2	BL
Schaltzustand Unterstation 1	eingeschaltet
Schaltzustand Unterstation 2	eingeschaltet

Struktur eines Modellparametersatzes organisiert ist. Den Daten ist ein Index mit den Attributen vorangestellt, die für den Zugriff verwendet werden. Der vorliegende Modellparametersatz gehört zu dem durch den Identifikator LN300001 bestimmten Netzelement. Die eingetragenen Modelldaten sind für die Netzausschnitte A und C, für alle Ausbauzustände von Januar 1985 bis Dezember 1989 in den Datenslices 2 und 3 definiert. Der Modellparametersatz ist allen Eingabedatensätzen zugeordnet, deren Identifikationsschlüssel in den durch die Schlüsselattribute gebildeten dreidimensionalen Raum fällt. Beispielsweise gehören diese Daten einer Eingabedatensatznummer an, der folgender Identifikationsschlüssel zugeordnet ist: Datenslicenummer = 2, Netzausschnitt = A, Ausbauzustand = 01 1986. Die Modellparametersätze sind in einem File abgelegt, auf dessen Inhalt direkt über die Schlüsselattribute (keyed access) zugegriffen wird.

Die Zuordnung des Betriebszustands erfolgt analog, wobei die Zuordnung zu den Schlüsselattributen jedoch eindeutig ist. Die Tabelle II zeigt schematisch den Aufbau der Informationen. Die Daten definieren den Betriebszustand Nummer 2 des Elements LN300001 für einen Eingabedatensatz, der mit dem Identifikationsschlüssel Netzausschnitt = A, Ausbauzustand = 01 1986, Datenslice = 002 erstellt werden kann. Wegen der eindeutigen Zuordnung werden die dynamischen Daten aller Netzelemente, die zu einer Eingabedatensatznummer gehören, zusammengefasst und als Betriebszustand bezeichnet.

In Figur 3 wird ein Überblick über die Organisation der Datenbank gegeben. Die Schnittstelle für den Zugriff auf die Daten wird durch das Verzeichnis der Eingabedatensätze gebildet. Das Verzeichnis ist in Form von Tabellen aufgebaut, die den Eingabedatensatznummern die Identifikationsschlüssel für den Zugriff auf die Datenbasis zuordnen. Die Zusammenstellung der Daten zu einem Eingabedatensatz erfolgt als standardisierte Abfrage durch die Eingabe der Datenslicenummer und der Eingabedatensatznummer. Aufgrund der Eingabe wird zunächst der Identifikationsschlüssel bestimmt. Danach werden alle Daten gelesen und zu einem Eingabedatensatz zusammengestellt, die den Identifikationsschlüssel erfüllen.

Die im logischen Datenmodell vorhandenen Relationen vom Typ vielezu-viele machen es erforderlich, alle Mutationen an der Datenbasis in einem zweistufigen Prozess vorzunehmen. Der kritische Punkt ist dabei die Erhaltung der Eins-zu-viele-Relation zwischen den Attributen Netzelement und Modellparametersatz. Wenn zu den vorhandenen Modellparametersätzen, die ein Netzelement alternativ beschreiben, ein neuer hinzukommt, muss sichergestellt werden, dass allen möglichen Identifikationsschlüsseln entweder genau ein oder kein Modellparametersatz zugeordnet ist. Das Problem wird im Programm so gelöst, dass die Mutation zunächst durch die Eingabe der gewünschten Schlüsselattribute angemeldet wird. Im Hintergrund werden dann die Schlüsselattribute der vorhandenen Modellparametersätze derart neu festgelegt, dass keine Überschneidungen mit den angemeldeten Schlüsselattributen auftreten. Anschliessend erfolgt die Eingabe der statischen Daten.

4. Funktionen der Netzdatenverwaltung

In Figur 4 wird eine Übersicht über die Funktionen der Netzdatenverwaltung gegeben. Die Schnittstelle zwischen Programm und Benutzer ist das

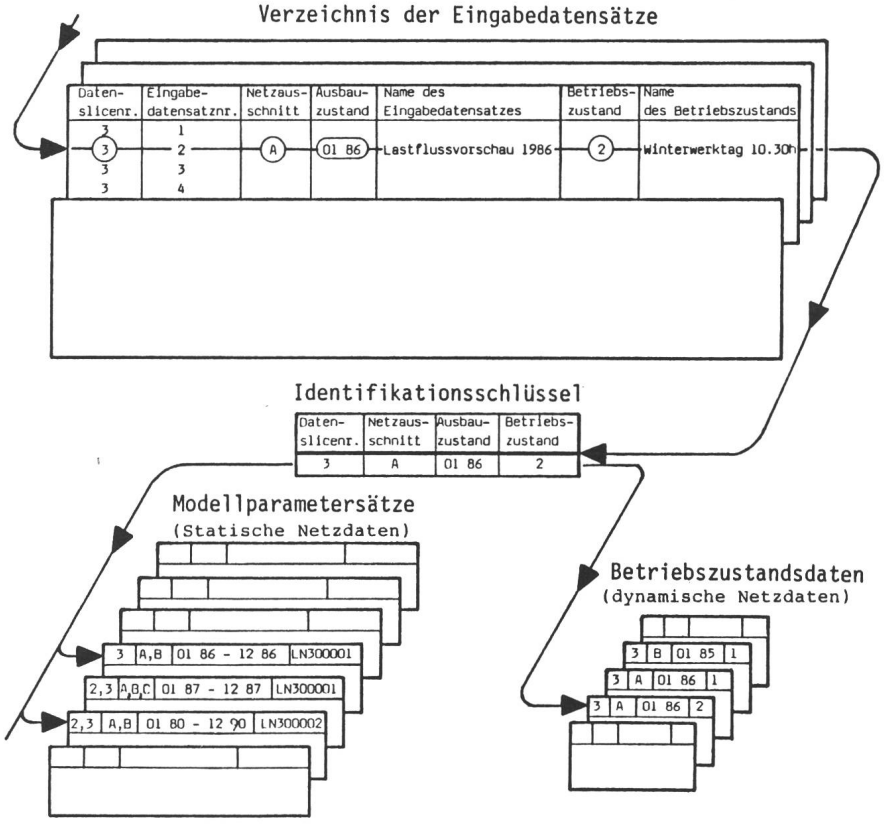

Fig. 3 Organisation der Datenbank

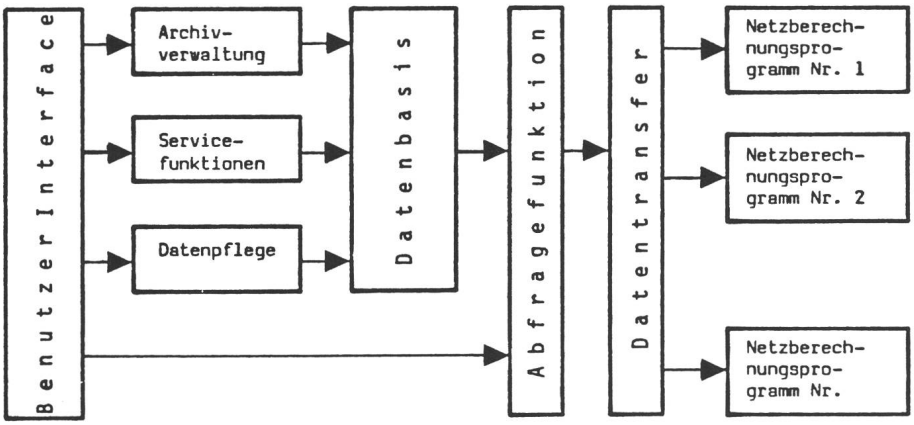

Fig. 4 Übersicht der Funktionen der Netzdatenverwaltung

Benutzer-Interface. Aufruf und Ablauf der Funktionen werden durch Eingaben von einem Terminal gesteuert (Menütechnik).

Die Archivverwaltungsfunktionen verwalten die Aufteilung der Datenbasis auf die Datenträger Magnetplatte und Magnetband, wobei sich auf Magnetplatte gleichzeitig die beiden aktuellsten und ein historischer Datenslice befinden. Mit den Archivverwaltungsfunktionen kann der aktuelle Datenslice archiviert oder ein archivierter Datenslice auf der Magnetplatte verfügbar gemacht werden.

Die Servicefunktionen stellen Hilfsmittel für die Datenpflege in Form von Listen, die auf dem Drucker oder dem Bildschirm ausgegeben werden, zur Verfügung. Es handelt sich dabei um Auszüge aus der Datenbasis, die nach verschiedenen Kriterien sortiert werden können.

Innerhalb der Datenpflegefunktionen werden die Mutationen am Verzeichnis der Eingabedatensätze und an den Modelldaten vorgenommen. Eine wichtige Aufgabe dieser Funktionen ist die Überwachung sämtlicher Mutationen auf ihre Zulässigkeit und Plausibilität.

Die Abfrage- und Datentransferfunktionen erstellen die Eingabedatensätze für die verschiedenen Netzberechnungsprogramme. Gegenwärtig können von der Netzdatenverwaltung die folgenden sieben verschiedenen Netzberechnungsprogramme, die auf zwei verschiedenen Rechnern implementiert sind, mit Daten versorgt werden:

- 2 Lastflussberechnungsprogramme (VAX 11/750 und IBM/38),
- 2 Kurzschlussberechnungsprogramme (VAX 11/750 und IBM/38),
- Lastfluss- und Kurzschlusssicherheitsrechnungen (VAX 11/750),
- Netzreduktionsprogramm (IBM/38).

Für die Bereitstellung der Daten wählt der Benutzer im Katalog der Eingabedatensätze die gewünschte Eingabedatensatznummer aus und gibt einen Kode für das zu verwendende Netzberechnungsprogramm ein. Die Netzdatenverwaltung erstellt dann den Eingabedatensatz und sendet ihn an das gewählte Programm.

Literatur

[1] *C. A. Zehnder:* Informationssysteme und Datenbanken. 2. Auflage. Zürich, Verlag der Fachvereine an den Schweizerischen Hochschulen und Techniken, 1983.

[2] *R. Lehmann* and *J. Mattioni:* Database methods in power system control centres. Electrical Power and Energy Systems 5(1983)4, p. 241...246.