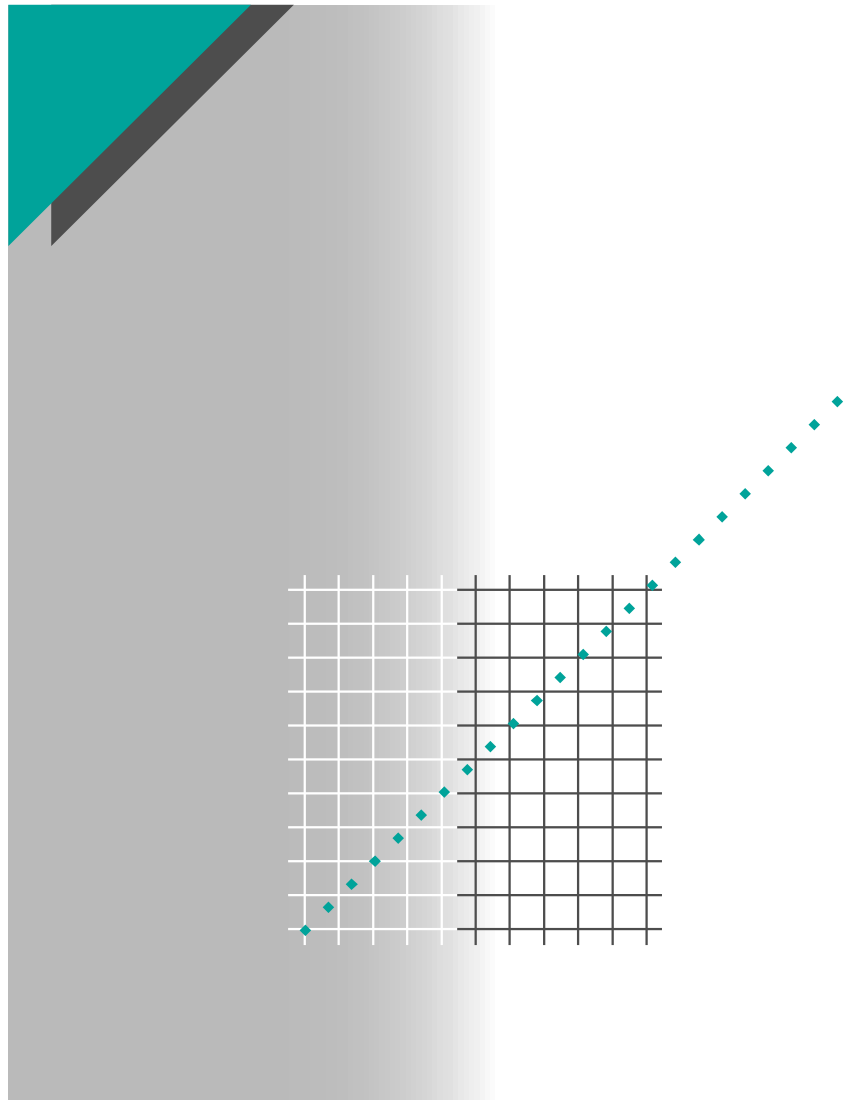


# Technisches Heft Nr. 186

## Intelligenter NS-Hauptverteiler



Merlin Gerin

Modicon

Square D

Telemecanique

Die Technischen Hefte sind eine Sammlung von Dokumenten, die für jene bestimmt sind, die weitergehende Informationen suchen, als sie in den Leitfäden, Katalogen und Datenblättern enthalten sind.

Für Spezialisten und Techniker sowie für Lehrer und Studenten bilden diese Hefte ein Hilfsmittel für die Schulung in den neuen Techniken und Technologien auf den Gebieten der Elektrotechnik und Elektronik.

Hier finden Sie insbesondere die Grundlagen, welche zum besseren Verständnis für die in den Anlagen, Systemen, Komponenten und Einrichtungen für den Transport, die Verteilung und/oder die Bewirtschaftung der elektrischen Energie auftretenden Erscheinungen beitragen.

Eine Liste der verfügbaren Technischen Hefte erhalten Sie auf Verlangen.

# Nr. 186

## Intelligenter NS-Hauptverteiler

---

**Autor: Antoine Jammes**

**Als Ingenieur ENSEM (Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique, Nancy) mit Abschluss 1979 trat er 1980 bei MERLIN-GERIN ein. Er beteiligte sich in der Abteilung für Sicherheitssysteme und -elektronik an der Entwicklung von Software-Programmen für Schutzeinrichtungen. Seit 1991 ist er in der strategischen Abteilung für Niederspannungs-Starkstromverteilung tätig, wo er einen wesentlichen Anteil an der Entwicklung der Intelligenz in NS-Verteilern hatte.**

---

**Teilnehmer:**

Über eine Kommunikations-Schnittstelle mit dem Bus verbundene elektronische Einrichtung.  
Andere Bezeichnung: Arbeitsstation.

**Anwendung:**

Gesamtheit der mit der Hardware und der Software realisierten Funktionen.

**Architektur:**

Anordnung der Hardware- und/oder Software-Komponenten eines Systems; Art und Weise der Aufteilung der Funktionen und Verarbeitungen.

**NS:**

Niederspannung

**Bus:**

Verbindung, über die Informationen zwischen den verschiedenen angeschlossenen Teilen digital ausgetauscht werden können.

**Verteiler-Zentrale:**

Einrichtung, die sämtliche am Verteiler und in seiner unmittelbaren Umgebung verfügbaren Informationen zusammenfasst und diese verarbeitet und mit einem Leitsystem kommuniziert und dadurch einen NS-Verteiler intelligent macht.

**CSMA:**

Carrier Sense Multiple Access. Regelloses Zugriffsverfahren zum Kommunikationsnetzwerk.

**ZTM:**

Zentrales Technisches Management. Vereinigt sämtliche Anwendungen derselben Anlage, zum Beispiel die Prozesssteuerung, das TEM und das GTM (Technisches Gebäude-Management).

**TEM:**

Technisches Elektrizitätsverteilungs-Management. Der VIM ist eine wichtige Komponente des TEM.

**Intelligent:**

Verfügt über eigene Verarbeitungsmöglichkeiten und arbeitet bis zu einem bestimmten Grad unabhängig vom übergeordneten Datenverarbeitungssystem.

**Master/Slave:**

Ein Master fragt seine Slaves zyklisch ab und gibt ihnen Befehle.

**MCC:**

Motor Control Center. NS-Verteiler, der die leittechnischen Elemente mehrerer Motoren und/oder Ventile zusammenfasst.

**Gateway:**

Einrichtung, die den Datenaustausch zwischen heterogenen Kommunikationsnetzwerken ohne lokale Verarbeitung ermöglicht.

**Protokoll:**

Regeln, die eingehalten werden müssen, um den Informationsaustausch über einen Bus zwischen einzelnen Arbeitsstationen zu ermöglichen und aufrechtzuerhalten.

**Kommunikationsnetzwerk:**

Andere Bezeichnung: Kommunikationsbus.

**Betriebssicherheit:**

Begriff, der die Zuverlässigkeit der Leittechnik-Systeme, die Verfügbarkeit der Maschinen, die Wartbarkeit der Produktionsmittel und die Sicherheit der Personen und Güter in sich vereint.

**Arbeitsstation:**

An den Bus angeschlossene Informationsverarbeitungseinrichtung.

**Echtzeit:**

Funktionsweise eines Leittechnik-Systems, dessen Reaktionszeit auf die Dynamik des Prozesses abgestimmt ist.

**NSHV:**

Niederspannungs-Hauptverteiler.

**VIM:**

Verteiler mit integriertem Management oder intelligenter Niederspannungs-Hauptverteiler.

**Dezentrale Verarbeitung:**

Ein Teil der Verarbeitung erfolgt möglichst nahe an der Anwendung.

**Verteilte Verarbeitung:**

Eine dezentrale Verarbeitung wird verteilt genannt, wenn die Verarbeitung in mehreren Verarbeitungseinheiten erfolgt, die eine gewisse Unabhängigkeit haben und untereinander kommunizieren können.

# Intelligenter NS-Hauptverteiler

Für alle Gebäude muss heute die Stromverteilung unabhängig von der darin ausgeübten Tätigkeit gesteigerten Anforderungen in Bezug auf die Betriebssicherheit und die Leistungsfähigkeit genügen. Die Energie muss für die Sicherheit und den Komfort der Anwender verfügbar sein, jedoch auch, um die mit einer Unterbrechung der Stromversorgung verbundenen Kosten zu vermeiden. Deshalb müssen die elektrischen Anlagen überwacht werden und automatisch reagieren, um die Energieverteilung zu optimieren. Dies ist mit Hilfe der Datenverarbeitung möglich.

Die bereits in der industriellen Mittelspannung eingesetzte digitale Leittechnik wird auch für Niederspannungsnetze Wirklichkeit. Der Zweck des vorliegenden Technischen Heftes besteht darin, ausgehend von einer Analyse der Bedürfnisse zu zeigen, was das technische Management der NS-Starkstromverteilung ist und wie es funktioniert. Das Schwergewicht wird dabei auf die Dezentralisierung und Verteilung der Intelligenz um den und im NS-Hauptverteiler gelegt. Einige Anwendungsbeispiele werden dargestellt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Notwendigkeit der Leittechnik</b>	1.1 Einleitung	<b>S. 4</b>
	1.2 Bedürfnisse	S. 4
	1.3 Funktionen	S. 7
<b>2. Gegenwärtige Lösungen</b>	2.1 Gegenwärtig verwendete Lösungen	<b>S. 9</b>
	2.2 Stärken und Grenzen dieser Lösungen	S. 10
<b>3. Intelligenter Verteiler</b>	3.1 Dezentralisierte Architektur und verteilte Intelligenz – Definitionen	<b>S. 12</b>
	3.2 Dezentralisierung der Funktionen in einer elektrischen Anlage	S. 13
	3.3 Dezentralisierte Architektur und verteilte Verarbeitung – Vorteile	S. 17
	3.4 Schlussfolgerungen in Bezug auf die Dezentralisierung der Verarbeitung in einem NS-Verteiler	S. 18
	3.5 Für den elektrischen Prozess geeigneter Verteiler-Bus	S. 20
<b>4. Anwendungsbeispiele</b>	4.1 Rechenzentrum	<b>S. 23</b>
	4.2 Krankenhaus	S. 24
<b>5. Schlussfolgerungen und Blick in die Zukunft</b>		<b>S. 27</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>S. 28</b>

# 1. Notwendigkeit der Leittechnik

## 1.1 Einleitung

Unabhängig davon, ob es sich um ein Hochhaus, eine Bank, ein Krankenhaus, einen Supermarkt, einen Flughafen, einen Tunnel, einen kleinen oder mittleren Industriebetrieb oder einen grossen Industriekomplex handelt, müssen die elektrischen Anlagen aus Gründen

- der Sicherheit,
  - der Verfügbarkeit der Energie,
  - der Beherrschung des Energieverbrauchs und der Energiekosten (je nach der Tarifpolitik des Elektrizitätsversorgungsunternehmens),
  - der Senkung der Betriebs- und Wartungskosten,
  - des Betriebskomforts und
  - der Wartbarkeit und Ausbaubarkeit der elektrischen Anlage
- in zunehmendem Masse überwacht und gesteuert werden.

Das Technische Elektrizitätsverteilungs-Management (TEM) ist ein digitales Leittechnik-System (DLTS), das es sich zum Ziel gesetzt hat, diese Bedürfnisse zu erfüllen.

Das TEM kann mit dem Management anderer Einrichtungen verbunden werden:

- mit dem Technischen Gebäude-Management (Zutrittskontrolle, Klima und Heizung, Einbruchschutz, Beleuchtung usw.),
  - mit der Leittechnik industrieller Prozesse.
- Wegen der grossen Vielfalt der Bedürfnisse und technischen Entwicklungen der letzten Jahre steht heute den Projektanten eine grosse Auswahl von Lösungen zur Überwachung und Steuerung ihrer elektrischen Anlagen zur Verfügung. Sie haben heute die Möglichkeit, dank den Kommunikationsbus-Systemen und der Integration von Mikroprozessoren in die elektrischen Betriebsmittel den besten Kompromiss zwischen ihren Bedürfnissen und den damit verbundenen Lösungen zu finden. Das Technische Heft Nr. 156 zeigt, wie der Starkstromteil eines elektrischen Verteilers ausgelegt werden muss, damit er den Betriebssicherheitsbedürfnissen entspricht. Unser Ziel ist es, hier einen Mosaikstein zur optimierten Auslegung des technischen Managements von elektrischen NS-Anlagen beizutragen. Zu diesem Zweck wird am besten von der Darstellung der Bedürfnisse der Betreiber und der Anwender ausgegangen.

## 1.2 Bedürfnisse

Die Bedürfnisse der Betreiber und der Anwender elektrischer Netze sind verschieden, je nachdem, ob es sich um Gebäude des Dienstleistungssektors, Industriegebäude oder Infrastruktur-Gebäude wie zum Beispiel einen Flughafen handelt. Diese Bedürfnisse können hierarchisch geordnet werden (siehe Abb. 1).

In einem kleinen Bürogebäude sind die Energiekosten und die einfache Anwendung durch Nichtspezialisten die wichtigsten Kriterien. In einem Krankenhaus oder in einem Grossbetrieb der Prozessindustrie kommt jedoch der Kontinuität der Versorgung die grösste Bedeutung zu.

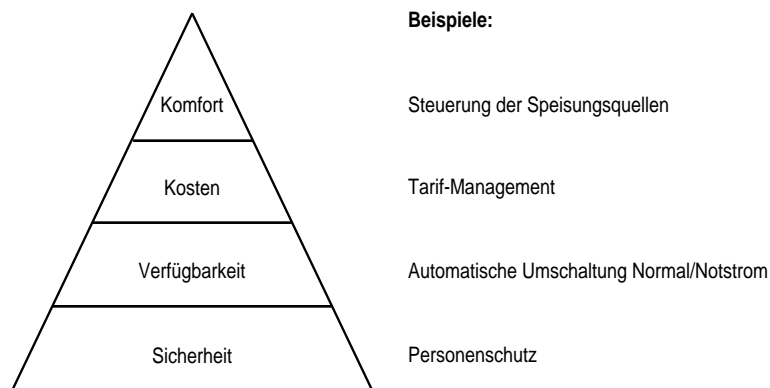


Abb. 1: Hierarchie der Bedürfnisse bei der NS-Verteilung.

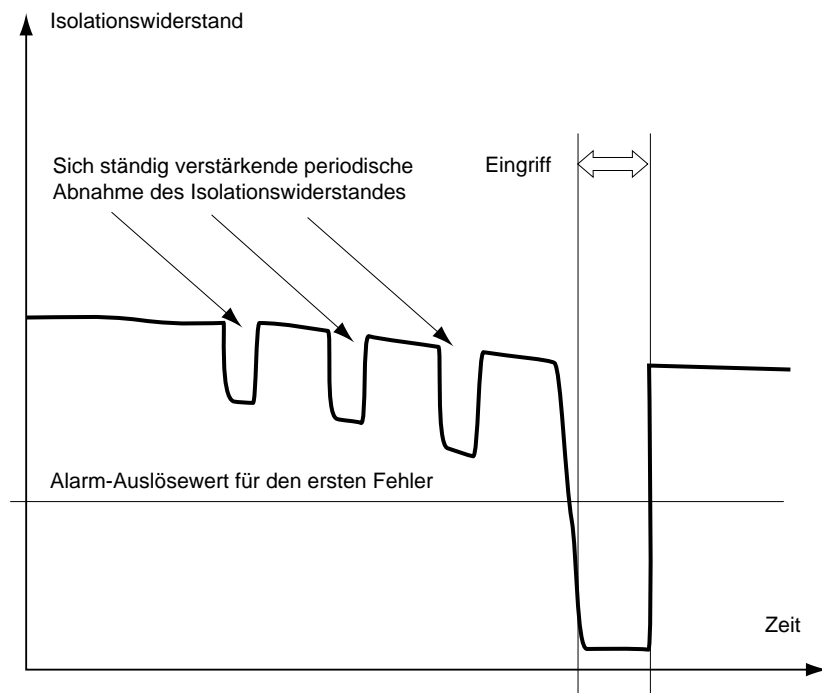


Abb. 2: Verfolgung des Verlaufs des Isolationswiderstandes eines Abganges (Erdungsschema IT).

### Sicherheit der Personen und Güter

Eine elektrische Anlage muss die Energie verteilen und dabei Gewähr für die Sicherheit der Personen und Güter bieten. Das TEM ist kein Ersatz für die Einrichtungen, die für die primären (reflektorischen) Schutzfunktionen sorgen. Durch seine Befähigung, zu kommunizieren, zu speichern und Informationen zu verarbeiten, ist es jedoch eine Hilfe für den Anwender, indem es ihm die Einstellungen der Schutzeinrichtungen, die Art des Fehlers, der das Gerät zum Abschalten gebracht hat, den Zustand der Anlage vor der Abschaltung usw. liefert.

Das TEM kann hingegen globale Schutzfunktionen beinhalten, zum Beispiel das Isolationsüberwachungssystem beim Erdungsschema IT, das dem Anwender einen ersten Isolationsfehler anzeigt. Der Anwender kann hierauf diesen Fehler ohne Unterbrechung der Kontinuität der Versorgung orten und beseitigen (siehe Abb. 2). Die technische Entwicklung gibt ihm heute die Möglichkeit, die Zeit, während der in der Anlage ein Fehler vorhanden ist – und somit die Wahrscheinlichkeit eines zweiten Fehlers – zu reduzieren. Er kann dauernd den Isolationswiderstand an verschiedenen Stellen der Anlage kennen oder sogar seine zeitliche Entwicklung verfolgen. Dies gibt ihm die Möglichkeit, eine vorbeugende Wartung durchführen. Die Funktion Isolationsüberwachung ist eine autonome Funktion, die im Rahmen des TEM als dezentral bezeichnet werden kann.

### Verfügbarkeit

Jeder Wirtschaftssektor hat seine eigenen Randbedingungen in bezug auf die Kontinuität der Versorgung:

- In den Krankenhäusern sind die Operationsäle und die Intensivpflegestationen als Orte mit hoher Betriebssicherheit ausgelegt.

- In den Gebäuden des Dienstleistungssektors hat die allgemeine Verbreitung der Informatik-Systeme zahlreiche Anwender veranlasst, unterbrechungsfreie Stromversorgungen als lokale Speisung oder als Energiequelle für ein Stromversorgungsnetz hoher Qualität anzuwenden.

- In der Industrie wirken sich Ausfälle der Energieversorgung als Produktionsausfälle aus. So kann für eine Grossmolkerei ein Unterbruch der Stromversorgung von 10 Minuten den Produktionsausfall von 20'000 Joghurtbechern bedeuten.

Das Bedürfnis nach Verfügbarkeit beeinflusst die Wahl der Betriebsmittel (ausfahrbare Geräte, ausfahrbare oder steckbare Verteiler, Form des Verteilers usw.) und führt zu Stromversorgungsnetzen, deren Schema zwischen unterbrechungsfreien Stromkreisen und solchen mit oder ohne Priorität unterscheidet, sowie zur Wahl der am besten geeigneten Sternpunktbehandlung. In diesem Rahmen haben die elektrischen NS-Verteiler die Aufgabe, die Stromversorgungsquellen zu steuern. Die Reaktionen auf ein Ereignis müssen automatisch und sofort erfolgen, um wirksam zu sein.

*Das Management der Unterbrechungen der Stromversorgung ist eine Funktion des TEM.*

### Energiekosten

Die Reduktion der Energiekosten ist die ständige Sorge aller Unternehmen. Dies ist auf zwei Ebenen möglich: Reduktion des Verbrauchs und

Reduktion der in Rechnung gestellten Tarife. Hierzu muss der tägliche und saisonale Verlauf des Energieverbrauchs und der Leistung gut bekannt sein.

Ein System von digitalen und an einem Überwachungsbildschirm auswertbaren Messwerten gestattet eine Verfolgung und Bilanzierung dieser Faktoren.

Auf diese Weise ist es möglich:

- etwas zu unternehmen,
- die Auswirkungen der getroffenen Massnahmen zu überprüfen,
- pro Werkstatt, Abteilung usw. zu fakturieren
- Reduktion des Verbrauchs

Je nach Art der Anwendung bestehen zahlreiche Möglichkeiten:

- Löschen der Beleuchtung und Absenken der Heizung in nicht benutzten Räumen,
- Einsatz von Motoren mit variabler Drehzahl in der Industrie,
- Verwendung von Kompensatoren und/oder Filtern zur Reduktion der Oberwellenströme sowie der kapazitiven Ströme in Kabeln und Transformatoren.

■ Reduktion der in Rechnung gestellten Tarife  
Ein intelligentes System ist in der Lage, den abgeschlossenen Stromlieferungsvertrag durch Lastabwurf, Glättung der Verbrauchswerte und stufenweise Speisung von Lasten mit hohen Einschaltströmen zu optimieren:

- Anordnung von Kondensatorbatterien, um die Verrechnung von Blindenergie zu vermeiden,
- Ausnutzung der günstigsten Tarife und Programmierung der industriellen Produktionsphasen mit hohem Stromverbrauch so, dass sie in Perioden mit reduziertem Tarif fallen. Diese Perioden können sich auf einen Tag, eine Jahreszeit oder ein Jahr beziehen,

- Glättung der Verbrauchswerte, um die vertragliche Leistung zu reduzieren und Straftarife wegen Leistungsüberschreitung zu vermeiden,
- Verwendung von Ersatzstromquellen. Damit können Verbrauchs- oder Tarifspitzen umgangen werden.

Das Management des Verbrauchs und der Energiekosten ist eine Aufgabe des TEM.

#### **Betriebskomfort**

Gewisse Anlagen werden fernbedient, sei es über eine Leitstelle im Innern des Gebäudes oder eine für mehrere Standorte gemeinsame Überwachungszentrale (Fernüberwachung). Diese Zentralisierung ermöglicht eine Optimierung in bezug auf den Personalbedarf und eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen des Personals mit ergonomisch ausgelegten, computerisierten Mitteln und der Möglichkeit der Automatisierung sich wiederholender Vorgänge (Vorprogrammierung der Arbeitsbereiche der Klimatisierung oder Heizung der Büros usw.). Auf der anderen Seite besteht das in den Gebäuden kleinerer und mittlerer Industriebetriebe oder in Bürogebäuden für die elektrische Anlage verantwortliche Personal mehr und mehr aus Nichtfachleuten. Der elektrische Verteiler wird oft vom Hauswart oder von der Empfangsdame überwacht. Aus Effizienz- und Sicherheitsgründen verlangen die Informationen, die diese Personen erhalten, einen möglichst ergonomischen und einfachen «Mensch-Verteiler»-Dialog. Dem Begriff «Komfort» entspricht am besten eine möglichst autonome (selbstgesteuerte) elektrische Anlage.

#### **Wartbarkeit**

Die Hauptaufgabe des elektrischen Wartungsdienstes eines Unternehmens ist die Aufrechterhaltung der Betriebstüchtigkeit der ihm anvertrauten Anlage.

Dabei sind zwei Arten von Massnahmen möglich:

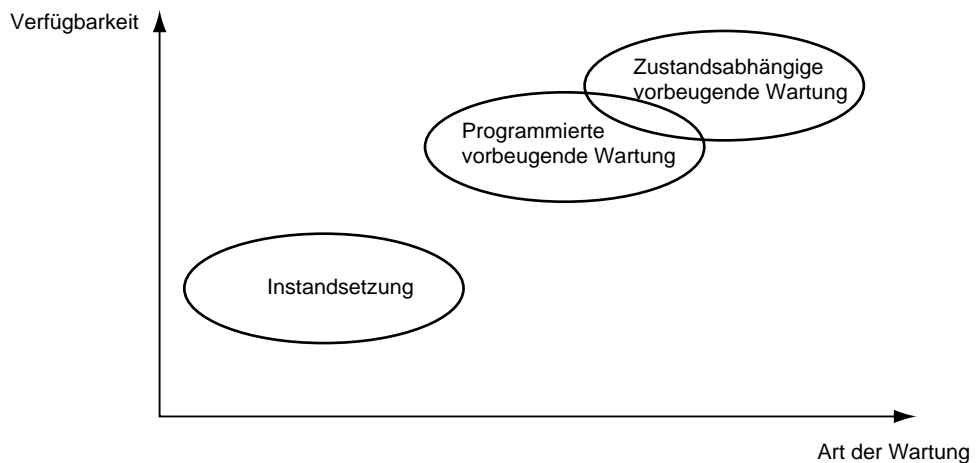


Abb. 3: Verfügbarkeit in Funktion der Art der Wartung.

- Massnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes nach einer Betriebsstörung (Instandsetzung),
  - Periodische Massnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes (vorbeugende Wartung). Die Effizienz der Wartung kann in zwei Richtungen gesteigert werden:
    - Durch Bevorzugung der Bewahrung des Sollzustandes gegenüber der Wiederherstellung, die eine Unterbrechung der Versorgung bedeutet,
    - durch Bevorzugung einer zustandabhängigen, auf Überwachung beruhenden vorbeugenden Wartung gegenüber einer systematischen Bewahrung des Sollzustandes. Je mehr die Wartung auf einer Überwachung beruht, desto besser ist die Verfügbarkeit (siehe Abb. 3). Je nach Anwendung kann der maximale Abstand zwischen den Wartungsmassnahmen sowie ihre Dauer sehr verschieden sein. Sie können sehr kurz sein, wenn es sich um einen kontinuierlichen Prozess handelt, da eine Wartungsabteilung und ein Ersatzteillager vorhanden sind. Sie können länger dauern, wenn es sich um ein Bürogebäude handelt, da vielleicht ein Drittunternehmen beigezogen werden muss und defekte Komponenten zuerst beschafft werden müssen.
- Die Schnelligkeit des Eingriffs hängt immer von der Vorbereitung ab:
- Bei der Störungsbehebung gestattet die rasche und genaue Kenntnis des Vorfalles und der Betriebsparameter der Anlage vor dem

Fehler eine richtige Diagnose sowie Vorbereitung der zu ersetzenden Teile,

- Bei der vorbeugenden Wartung gestattet die genaue Kenntnis des Zustandes der Anlage die Wahl genau der Teile, die gewartet werden müssen.

Für eine wirksame Wartung muss man über einschlägige Informationen über den Zustand der Anlage verfügen.

Die Lieferung der für die sachdienliche Wartung erforderlichen Informationen ist einer der Beiträge des TEM.

#### **Ausbaubarkeit**

Je näher man sich beim Endverbraucher befindet, desto mehr ist die elektrische Anlage Änderungen unterworfen. In einer Werkstätte muss der elektrische Verteiler mit dem Ausbau der Betriebsmittel Schritt halten, und in einem Bürogebäude bedingen Änderungen der Nutzung der Räume, die allgemeine Einführung von Arbeitsplatz-Computern und der Einbau von Klimaanlage Änderungen der elektrischen Anlage.

Die Verbesserung der Verfügbarkeit und die Reduktion der Kosten der verbrauchten Energie bringen ebenfalls Änderungen der Stromnetze mit sich.

Die Beherrschung dieser Entwicklungen bedingt eingehende Kenntnisse der Anlage und ihrer Funktionsweise.

*Das TEM kann hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten.*

## 1.3 Funktionen

Die Befriedigung all dieser Bedürfnisse durch das TEM verlangt, dass in den elektrischen Anlagen Einrichtungen angeordnet werden,

- welche die Durchführung **automatischer Massnahmen** gestatten,

- die dem Anwender die Informationen liefern, die er benötigt, um **vorausschauend auf die Anlage einwirken** zu können.

Daraus ergeben sich Funktionen, die sichergestellt sein müssen, wobei jedoch nicht alle Funktionen für alle Anlagen erforderlich sind.

#### **Automatismen**

- Steuerung der Stromversorgungsquellen: Speist die Verbraucher in Funktion der Verfügbarkeit der Energie an den Einspeisungen (Umschaltung der Einspeisungen, Umschaltung Normal/Notstrom usw.).
- Steuerung der Abgänge: Liefert die Energie an die Verbraucher mit höchster Priorität, wenn der Bedarf die an den Einspeisungen verfügbare Leistung übersteigt (zum Beispiel bei Speisung durch ein Notstromaggregat).
- Zeitsteuerung: Steuert die Anlage so, dass der Verbrauch reduziert wird.
- Tarif-Management: Steuert die Anlage so, dass der Stromlieferungsvertrag eingehalten wird (Glättung der Verbrauchswerte, Stromlieferungsvertrag mit Wegfall bei Spitzenlast usw.).

- Steuerung des Leistungsfaktors: Steuert die Kondensatorbatterien.

- Schutz des Verteilers: (Temperatur zu hoch, interner Überschlag usw.).

- Isolationsüberwachung und Fehlerortung beim Erdungsschema IT.

- Sicherung des Netzes: In grossen industriellen Anlagen können Netzstörungen (vorübergehender Spannungsausfall) beim Vorhandensein von grossen Motoren dynamische Instabilitäten bewirken. Diese Funktion bewirkt die nötigen Abschaltungen, um einen Zusammenbruch des gesamten Netzes zu verhindern.

#### **Informationen für die vorausschauende Einwirkung auf die Anlage**

Die obengenannten Funktionen haben den Zweck, den Niederspannungs-Hauptverteiler autonom zu machen. Dadurch wird dieser befähigt, auf verschiedene Situationen zu reagieren, um eine optimale Kontinuität der Versorgung und einen optimalen Betrieb zu gewährleisten.

Die zweite wichtige Funktion eines intelligenten Verteilers ist die Kommunikation der Informationen, die ein Vorausschauen und Handeln ermöglichen:

- Zustand der Schaltgeräte (offen/geschlossen)
- Messwerte für U, I, P,  $\cos \varphi$

- Einstellwerte der Schutzeinrichtungen  
Dies erfordert die folgenden Verbindungen:
- Verbindung zu einem übergeordneten TEM-System, dessen Aufgabe darin besteht, die gesamte MS- und NS-Anlage zu steuern.
- Verbindung zu einer lokalen oder abgesetzten Leittechnik-Station.
- Eventuell Verbindung zu Unterverteilern.
- Eventuell Verbindung zu einer Prozesssteuerung.

Damit der Anwender informiert ist und Massnahmen ergreifen kann (absichtliche Umkonfigurierung des Netzes, Wartung, Komfort) muss der elektrische Verteiler mit einem vorgeschalteten System kommunizieren, das dem Elektriker sowie der Person zur Verfügung steht, die das richtige Funktionieren der Versorgung des Gebäudes oder der Fabrik überwacht.

Der intelligente und somit kommunizierende NSHV ist für die Steuerung und das Management der elektrischen Anlage im Normalbetrieb von Vorteil, noch mehr jedoch im Fehlerfall, um vorausschauen und handeln zu können.

Die **Instandsetzung** ist effektiv effizienter, wenn alle Beteiligten rasch über geeignete Informationen verfügen. Nehmen wir als Beispiel die Abschaltung eines kommunizierenden Leistungsschalters über den VIM:

- Am Gerät: Signalisierung der Information mit einer mechanischen Anzeige.
  - Beim Gerät: Eine rote Signallampe zeigt das fehlerhafte Gerät an.
  - An einem Bildschirm oben am Verteiler: Alarmmeldung in Textform «10 h 32' 23" – Abgang Lift 2 – Feld 8 – Position 12b – Abschaltung nach Kurzschluss».
  - Am Monitor des Chefs der Elektro-Abteilung: Dieselbe Meldung.
  - Am allgemeinen Monitor (Hauswart usw.): Alarmmeldung in Textform «10 h 32' 23" – Lift 2 wegen elektrischer Störung ausgefallen – Elektro-Abteilung anrufen, Station 347».
- Es sei daran erinnert, dass Vorausschauen und Handeln ferner eine zustandsabhängige vorbeugende Wartung erlaubt, wenn die folgenden Informationen zur Verfügung stehen:
- Informationen in bezug auf die in den NS-Verteiler eingebauten Schutz- und Steuergeräte; zum Beispiel für ein Schaltgerät: Zähler der Anzahl Betätigungen oder besser Wartungsanzeige aufgrund von Daten wie Summe der geschalteten Ströme, Anzahl Schaltbewegungen usw.
  - Informationen in bezug auf die elektrische Anlage: Anzahl Betriebsstunden der gespeisten Verbraucher, Abnahme des Isolationswiderstandes usw.

## 2. Gegenwärtige Lösungen

### 2.1 Gegenwärtig verwendete Lösungen

Die im Kapitel 1 vorgestellten Funktionen sind in verschiedenen technischen Lösungen bereits vollständig oder teilweise realisiert:

- In der Industrie durch eine Erweiterung des elektrischen Managements der für die Prozesssteuerung eingesetzten Mittel.

- In Gebäuden des Dienstleistungssektors durch die Integration der Steuerung der Stromverteilung in das ZTM oder das TGM. Betrachten wir die bei einer MCC oder NSHV angewendeten Lösungen.

#### Lösungen auf der Basis von Steuerungsgeräten

- Lösung Steuerungsgerät und Verdrahtung Die erste Stufe in Richtung zum intelligenten Verteiler bestand in der Anwendungen von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) in der Nähe oder am Ende des Verteilers. Diese SPS dienen als Schnittstelle zwischen dem Verteiler und dem technischen Management-System und können bestimmte Automatismus-Funktionen verwirklichen. Diese mit Racks, die mit Ein/Ausgangskarten bestückt sind, ausgerüsteten SPS sind über eine Verdrahtung mit den diversen Sensoren und Aktoren eines Verteilers verbunden. Ihre Programmierung erfolgt durch einen Spezialisten, wobei jede Anwendung eine spezifische Entwicklung erfordert.

Die Grenzen einer solchen Lösung sind folgende:

- Umfangreiche Verdrahtung mit kleinquerschnittigen Drähten im Verteiler bis zur SPS und demzufolge:

- sehr hohe Verdrahtungskosten,
- grosser Platzbedarf der Klemmen, so dass die für den Verteiler benötigte Bodenfläche grösser ist,
- grosse Gefahr von latenten Unterbrechungen infolge der grossen Anzahl von Anschlussstellen,
- Gefahr von Störungen infolge des sehr starken Magnetfeldes, das bei einem Kurzschluss an einem Abgang auftritt.

- Beschränkte Ausbaubarkeit der Anlage infolge der Besonderheiten der SPS-Programmierung, die von der Elektro-Abteilung sehr selten beherrscht wird.

- Man hat es mit einem wenig geeigneten Informationsverarbeitungssystem zu tun, da die Hauptaufgabe einer SPS darin besteht, dauernd den Zustand der Geräte zu prüfen, während einige davon jahrelang in derselben Stellung verharren.

- Lösung Steuerungsgeräte und abgesetzte Ein/Ausgänge Seit einigen Jahren nutzen die SPS-Hersteller die Reduktion der Kosten der Mikroelektronik

und der Kommunikationsbus-Systeme aus und haben abgesetzte Ein/Ausgangs-Module entwickelt, deren Ziel es ist, den Umfang und die Kosten der Verdrahtung zu reduzieren.

Diese Lösung hat sich bei den Verteilern nicht durchsetzen können, da sie sich nicht gut für die dort herrschenden Bedingungen eignet: erhöhte Temperaturen und elektromagnetische Störfelder, Notwendigkeit der Lokalsteuerung der Geräte usw.

#### Lösung mit automatisiertem Verteiler

In den 80er Jahren kamen zahlreiche von grossen Schalttafelherstellern entwickelte Lösungen für Anwendungen in der Prozessindustrie oder für grosse Gebäude des Dienstleistungssektors auf den Markt.

Diese Angebote unterscheiden sich von den vorgenannten Lösungen auf der Basis von speicherprogrammierbaren Steuerungen in zweifacher Beziehung:

- Entwicklung von spezialisierten Modulen, die über eine Verdrahtung mit den Geräten verbunden sind und über eine parallele oder einen seriellen Bus mit einer am Kopf des Verteilers angeordnete SPS kommunizieren. Diese für den Einbau in den vom Schalttafelbauer konzipierten Verteiler ausgelegten Module lassen sich von der Frontseite des Verteilers her einbauen und vereinigen die Funktionen der Steuerung und der lokalen Zustandsmeldung.

- Entwicklung von sich wiederholenden Funktionen für die elektrischen Automatismen (zum Beispiel Umschaltung Normal/Notstrom mit Abschaltung/Wiedereinschaltung von Abgängen). Diese Lösungen zeichnen sich durch die Dezentralisierung der Verarbeitungen im Verteiler und durch die Beherrschung dieser Funktionen durch die Elektriker aus. Zudem tragen sie zu einer wesentlichen Reduktion der Verdrahtung im Innern des Verteilers bei.

Der Grund für den beschränkten Erfolg der Lösungen dieser Art liegt in der Tatsache, dass diese Module ausschliesslich für die von diesen Schalttafelbauern hergestellten Verteiler verwendet wurden.

#### Kommunizierende Geräte

Die allgemeine Einführung der Anwendung von Mikroprozessoren hat zudem die Hersteller von elektrischen Betriebsmitteln veranlasst, diese wie folgt einzusetzen:

- Um die Leistungsdaten ihrer Produkte zu verbessern. Ein gutes Beispiel ist die zunehmende Verbreitung der elektronischen Auslöser für Leistungsschalter. Diese sind immer mehr befähigt, die von ihnen verarbeiteten Informationen über einen digitalen Bus zu übermitteln.

- Um ihr Angebot mit neuen Funktionalitäten zu bereichern. Beispiel: Messung der Leistung und der Energie an einer Stelle des Netzes mit der Möglichkeit der Übermittlung dieser Werte. Parallel dazu führen Automatismen wie die Umschaltung Normal/Notstrom oder die Blindleistungsregelung ihr autonomes Dasein weiter. Die Vermehrung dieser Einrichtungen und Module in einem elektrischen Verteiler führt zu einer wesentlichen Zunahme des Informations-

flusses, der einem zentralen Leitsystem zugeleitet werden kann. Bei Anwendungen im grossen Massstab sieht sich das mit dem Gesamtsystem betraute Engineering selbst heute noch oft veranlasst, eine komplexe Kommunikations-Architektur mit Zwischenstufen zu entwickeln, welche die folgende Aufgabe haben:

- Sortierung und Zusammenfassung der verfügbaren Informationen.
- Kommunikations-Gateways zwischen verschiedenen Bus-Systemen.

## 2.2 Stärken und Grenzen dieser Lösungen

Diese drei Lösungsfamilien haben sich in den letzten 10 Jahren entwickelt, um einen Teil der im Kapitel 1 genannten Bedürfnisse zu befriedigen. Ihre Stärken und Grenzen sind in der Tabelle der Abbildung 4 zusammengefasst. Abschliessend lässt sich aus den heute angewendeten Lösungen folgendes ableiten:

- Eine bereits ausgeprägte Tendenz zur Dezentralisierung der Automatismen und der Informationsverarbeitung auf Stufe Verteiler.
- Eine hierarchische Struktur für die Zirkulation der Informationsflüsse.
- Die Notwendigkeit von spezifischen Entwicklungen, die den Einsatz von Spezialisten erfordern.

Im Umfeld des elektrischen Verteilers ist die Dezentralisierung der Verarbeitung dank den digitalen Bus-Systemen eine Realität geworden:

- In der Prozesssteuerung machen die Automatisierungsgeräte mit Hunderten von Ein/Ausgängen – nachdem diese vorerst abgesetzt worden waren – mehr und mehr den Netzwerken von Steuerungsgeräten und Kleinsteuerungen Platz, die möglichst nahe an den von ihnen gesteuerten Sensoren bzw. Aktoren angeordnet werden.

Und bereits zeichnet sich das Aufkommen von Netzwerken auf der Ebene «intelligenter» Sensoren und Aktoren ab.

- Im Technischen Gebäude-Management sind nur die Funktionen genormt. Sie werden durch spezifische, genau an die Bedürfnisse angepasste Einrichtungen realisiert.

So stellen heute die Prozesssteuerung (PS), das Technische Gebäude-Management (TGM) und das Technische Elektrizitätsverteilungs-Management (TEM) dedizierte Systeme mit dezentralisierter Architektur und – in zunehmendem Masse – mit verteilter Intelligenz dar (siehe Abb. 5).

Die NS-Verteiler sind durch ihre Vielfalt in bezug auf die Grösse und die zu erfüllenden Funktionen gekennzeichnet. Quer durch die in diesem Kapitel genannten, bereits angewendeten Lösungen leitet sich heute eine Reihe von Prinzipien ab, die es ermöglichen, das, was man einen «intelligenten Verteiler» nennt, und das entsprechende Leittechnik-System zu definieren und zu spezifizieren:

	Lösungen auf der Basis von Steuerungsgeräten	Lösung automatisierte Verteiler	Kommunizierende Geräte
<b>Grenzen</b>	Anwendungsspezifisch; beschränkt ausbaubar	Grossen Schalttafelbauern vorbehaltene Lösung	Monofunktionelle Lösungen
	Grosses Verdrahtungsvolumen	Einsatz durch SPS-Spezialisten	Vermehrung der Anzahl Module
	Einsatz durch SPS-Spezialisten		Einsatz durch auf die Kommunikation spezialisierte Elektriker
<b>Stärken</b>	Bewährte und in grossen Industriekomplexen verwendete Geräte	Prinzip der Dezentralisierung	Bewährte Technik der Feldbus-Systeme
	Im Moment der Inbetriebnahme genau auf die Bedürfnisse des Kunden zugeschnittene Lösungen	Beherrschung der Funktionen durch den Elektriker	Industrielle Einrichtungen, welche die EMV-Bedingungen des Verteilers erfüllen
		Auf die Anwendung abgestimmte Funktionen	

Abb. 4: Grenzen und Stärken der herkömmlichen Lösungen zur Befriedigung der Leittechnik-Bedürfnisse.

■ Ein «intelligenter Verteiler» ist gekennzeichnet durch seine Befähigung, die ihm Funktionen, die zu seinem Aufgabenbereich gehören, autonom zu verarbeiten, und sich in das Leitsystem einer elektrischen Anlage einzuordnen.

■ Das System muss, um sich für die Vielfalt der Anlagen zu eignen, auf der Grundlage der folgenden Prinzipien aufgebaut sein:

- Es muss in bezug auf die Hard- und die Software modular sein.
- Die Dezentralisierung der Verarbeitung muss optimiert sein.
- Die Funktionen und Einrichtungen müssen standardisiert und darauf ausgerichtet sein, von

einem Elektriker eingesetzt und in einen elektrischen Verteiler mit seinen harten Umgebungsbedingungen eingebaut zu werden.

■ Der intelligente Verteiler bietet dem Anwender hinsichtlich des Bedarfes an Automatisierung und sachdienlichen Informationen eine

- Erhöhung des Betriebssicherheits- und Ausbaubarkeitsniveaus,
- Normierung der Lösungen, selbst für Grossbetriebe,
- Reduktion der Kosten und eine Vereinfachung der Anwendung,
- Vereinfachung des Betriebs und der Wartung.

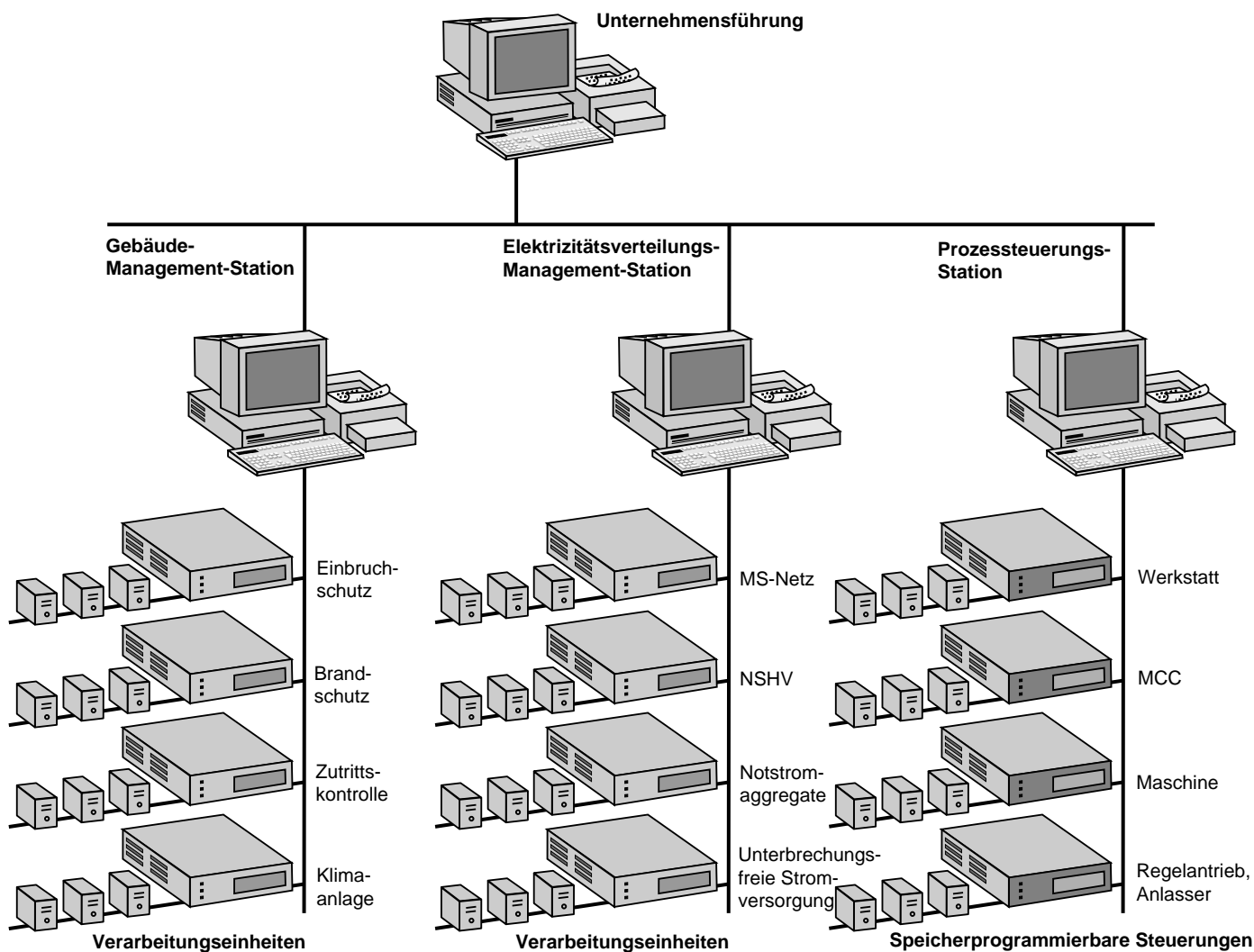


Abb. 5: Dezentralisierte Architektur mit Aufteilung in TGM, TEM und PS.

### 3. Intelligenter Verteiler

Der intelligente Verteiler, wie er im vorhergehenden Kapitel definiert worden ist, beruht auf dem Konzept der dezentralisierten Architektur mit verteilter Intelligenz.  
 Nach der Erklärung dieser Begriffe werden wir sehen, wie die einzelnen Funktionen einer

elektrischen Anlage auf der Ebene einer vollständigen Anlage (TEM), eines NS-Verteilers oder eines Abganges optimal dezentralisiert werden können.  
 Hierauf werden die Kriterien für die Wahl eines diese Bedürfnisse erfüllenden internen Kommunikationsbus des NS-Verteilers erklärt.

#### 3.1 Dezentralisierte Architektur und verteilte Intelligenz – Definitionen

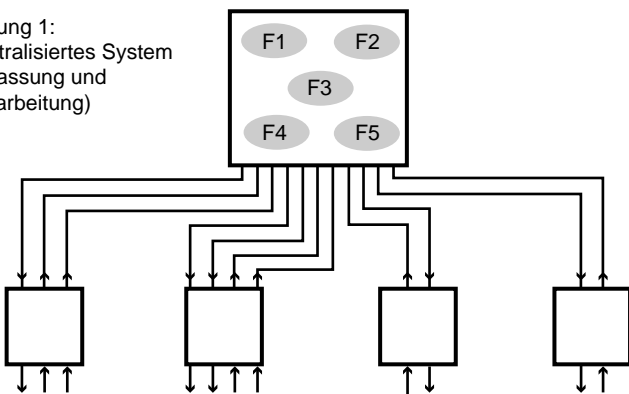
■ Ein Vergleich mit den verhältnissen in einer Unternehmung ermöglicht ein besseres Verständnis dieser Begriffe.  
 In einer zentralisierten Organisation werden alle Entscheidungen vom «Chef» getroffen. Die Untergebenen liefern ihm alle Informationen und nehmen seine Befehle entgegen und führen sie aus. In einer wirklich dezentralisierten Organisation werden die meisten Entscheidungen vom Chef an seine Untergebenen delegiert. Jeder handelt im Rahmen seiner Kompetenzen selbständig und erstattet seinem Vorgesetzten in zusammenfassender Weise Bericht. Nur die Funktionen, die jedermann betreffen, wie zum Beispiel die Lohnauszahlung, sind zentralisiert.

Zudem kann eine bestimmte Funktion auf mehrere Untergebene aufgeteilt werden, was einen Informationsaustausch und eine gewisse Selbständigkeit des so gebildeten Teams bedingt.

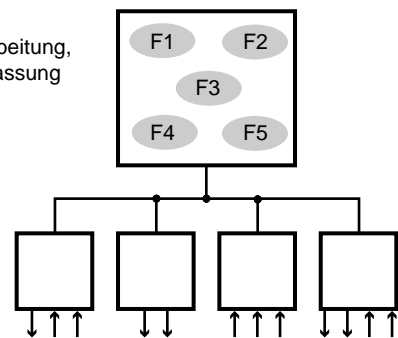
■ Die Abbildung 6 zeigt, wie eine Funktion  
 □ vollständig dezentralisiert werden kann,  
 □ teilweise dezentralisiert werden kann, wobei die Ausführung der Funktion dezentral erfolgt, deren Parametrisierung jedoch zentral und für mehrere Funktionen gemeinsam bleibt,  
 □ auf Betriebsmittel derselben Hierarchie-Stufe aufgeteilt werden kann.

■ Die auf ein Unternehmen angewendete Dezentralisierung findet auf analoge Weise in

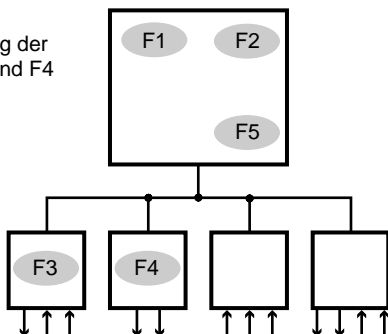
Lösung 1:  
Zentralisiertes System  
(Erfassung und Verarbeitung)



Lösung 2:  
Zentrale Verarbeitung,  
dezentrale Erfassung



Lösung 3:  
Dezentralisierung der  
Funktionen F3 und F4



Lösung 4:  
Verteilte Verarbeitung  
der Funktionen F2 und F5

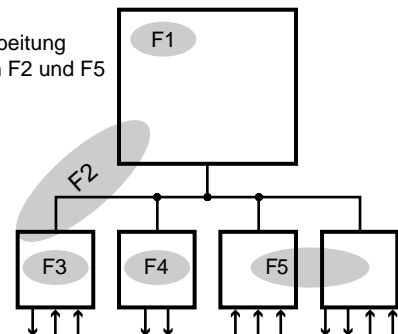


Abb. 6: Vom zentralisierten System zum dezentralisierten System mit verteilter Intelligenz.

der Steuerung und Überwachung einer elektrischen Anlage statt. Das Konzept des ZTM auf der Basis eines zentralisierten Betriebs macht dem Konzept des TEM Platz, das auf einer dezentral verzweigten Architektur mit verteilter Verarbeitung beruht. Es ist zu bemerken, dass

die Starkstromverteilung (Architektur und Schutz) denselben Prinzipien folgt, was eine gute Kohärenz zwischen den Stark- und Schwachstromsystemen ermöglicht (siehe Abb. 7). Betrachten wir nun die Anwendung dieser Konzepte auf verschiedene elektrische Funktionen.

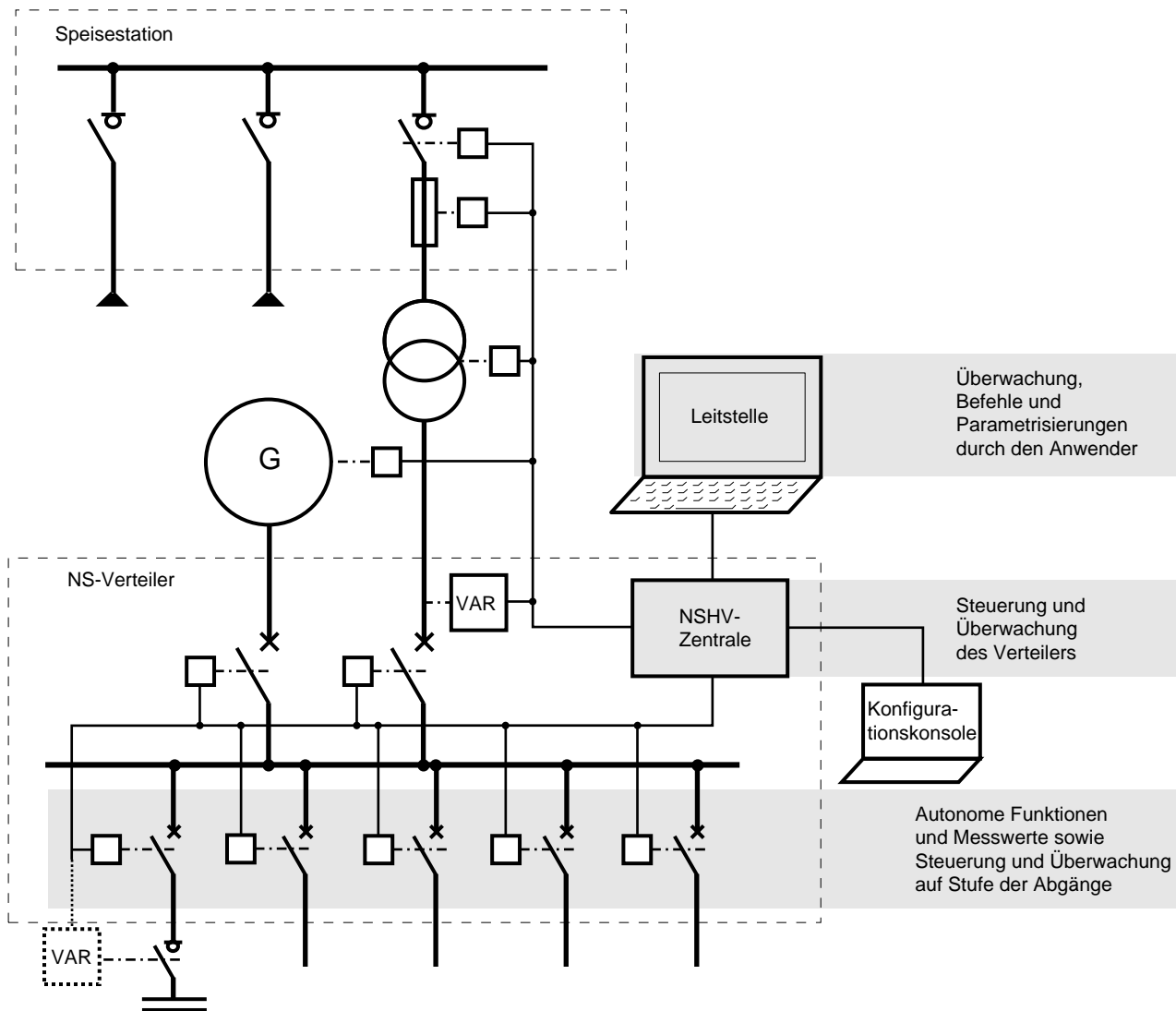


Abb. 7: Anlage kleiner bis mittlerer Leistung mit einem Leittechnik-System (TEM) mit Schwerpunkt im NSHV.

### 3.2 Dezentralisierung der Funktionen in einer elektrischen Anlage

#### Vertrags-Management

Diese Funktion verlangt eine globale Betrachtungsweise der Anlage. In zahlreichen Fällen (kleine und mittlere Anlagen) ist der NS-Verteiler das Zentrum der Anlage. In diesem Fall wird diese Funktion durch die Zentrale dieses NS-Verteilers mit Lokal- oder Fernparametrisierung (von einer Leitstelle aus) gewährleistet. Bei einem Grossbetrieb (NS-Netz) erhalten

die Verteiler die Betriebs-Sollwerte von einem vorgeschalteten System.

#### Zeitsteuerung der Abgänge

In den ZTM-Systemen obliegt diese Funktion üblicherweise dem Supervisor, der sowohl die Parametrisierung der Arbeitsbereiche des Abgänge als auch die Ein- und Ausschaltbefehle für die Geräte ermöglicht.

Die Parametrisierung der Bereiche muss auf Stufe der Leitstelle erfolgen, denn an dieser Station führt der Anwender diese Parametrisierungen durch.

Bei einem TEM erfolgt hingegen die Ausführung dieser Befehle auf Stufe der Verteiler-Zentrale oder sogar auf Stufe jedes einzelnen Gerätes. Hierzu genügt es, dass dieses die Betriebs-Sollwerte erhält und mit einem internen Zeitim-

pulsgeber ausgerüstet ist, der regelmässig vom Supervisor aktualisiert wird.

Die Abbildung 8 zeigt die Informationsflüsse für eine herkömmliche zentralisierte Lösung und eine dezentralisierte Lösung. Es zeigt sich, dass durch die Dezentralisierung der Verarbeitung der permanente Informationsfluss entsprechend reduziert wird. Demgegenüber ist ein anderer, wesentlich beschränkterer Informationsaus-

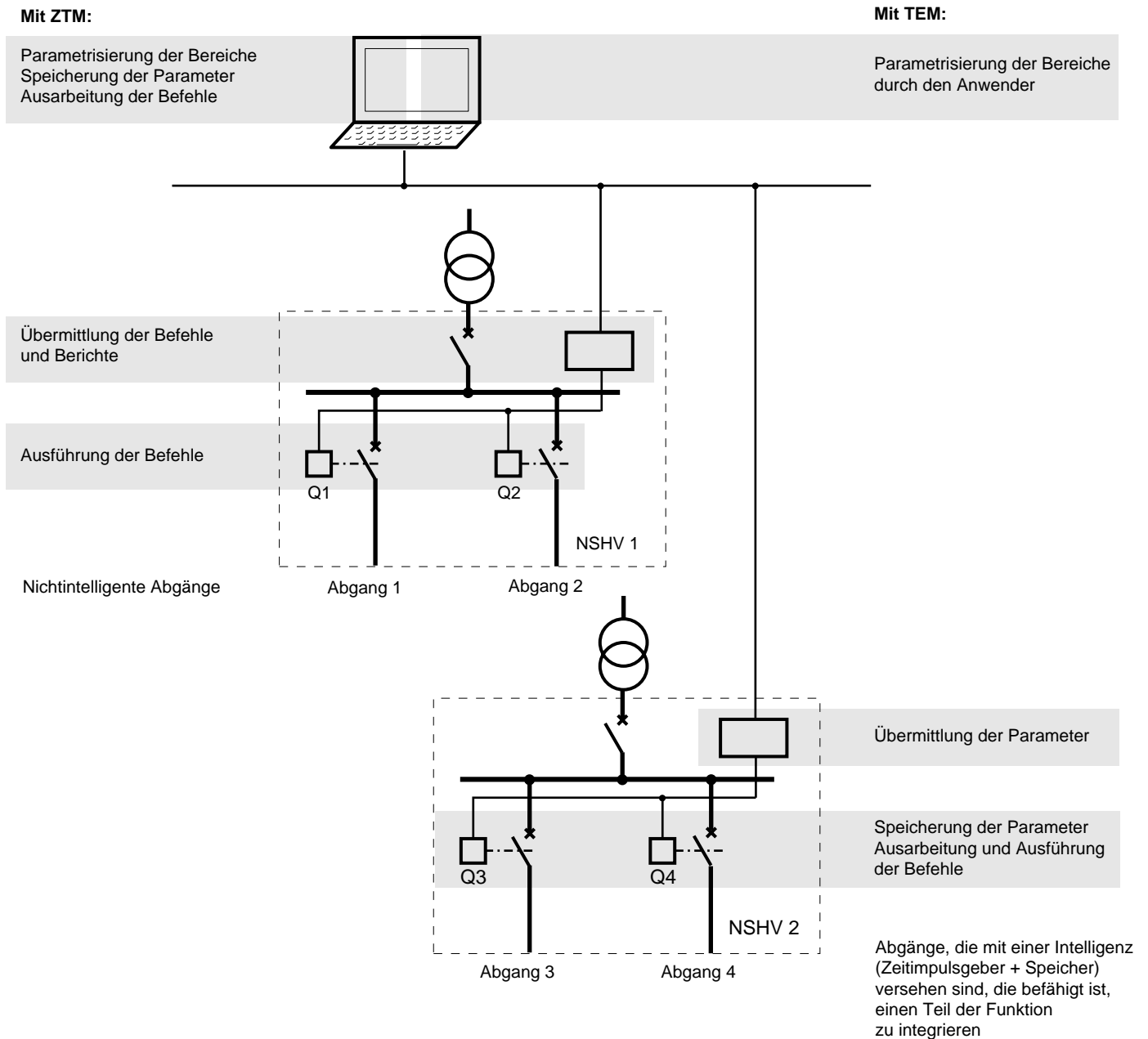


Abb. 8: Zeitsteuerung der Abgänge, je nachdem, ob diese Steuerung zentral (ZTM) oder dezentral und verteilt (TEM) ist.

tausch erforderlich, um die verschiedenen internen Zeitimpulsgeber zu aktualisieren und neue Betriebs-Sollwerte zu übermitteln.

#### Steuerung der Stromversorgungsquellen

Diese Funktion wirkt auf die Einspeisungs-Leistungsschalter des Verteilers in Funktion von im Verteiler oder aus der unmittelbaren Umgebung erhaltenen Informationen. Es ist deshalb absolut logisch, dass die mit dieser Funktion verbundenen Verarbeitungen im elektrischen Verteiler durchgeführt werden. Zu bemerken ist, dass bei der Relais-technologie die Relaisplatten im Verteiler installiert und die Schemas vom Schalttafelbauer erstellt waren. Es handelt sich um eine neue, von den meisten Schalttafelbauern nicht beherrschte Technologie, die diese Verarbeitungen in eine zentrale SPS verlegt hat! Wenn das Einspeisungsschema einfach ist, zum Beispiel mit der klassischen Normal/Notstrom-Umschaltung, wird diese Funktion vollständig dezentralisiert und von einer eigenständigen Standardeinrichtung realisiert. Wenn das Einspeisungsschema komplizierter oder eine parametrisierbare Abschaltung der Abgänge erforderlich ist, wird diese Funktion in die Verteiler-Zentrale verlegt:

- Wenn die Notstromquelle nur diesen NSHV speist, wird diese Funktion autonom durch eine NS-Verteiler-Zentrale realisiert (siehe Abb. 9).

- Wenn hingegen die Notstromquelle die MS und/oder mehrere NSHV speist, wird diese Funktion auf die Zentrale der MS-Schaltanlage und die Zentralen der einzelnen NS-Verteiler verteilt.

#### Blindleistungsregelung

Die Leistungsfaktorregelung durch die Zu- und Abschaltung von Kondensatorbatterien ist ein autonomer Automatismus, der in eine Einrichtung eingebunden ist, die man Blindleistungsregler nennt. Dieser Regler muss in mehr als 90% der Anlagen autonom arbeiten. Ein kommunizierender Blindleistungsregler kann mit Vorteil in ein TEM-System integriert werden. Dadurch werden die folgenden Funktionen realisierbar:

- Parametrisierung von einer Leitstelle aus.
- Auswertung der von der Verteiler-Zentrale verarbeiteten Störungsalarme.
- Auswertung der Wartungsinformationen im Rahmen der Gesamtwartung des Verteilers.
- Koordination der Funktion der Blindleistungsregelung mit anderen Funktionen des Verteilers.

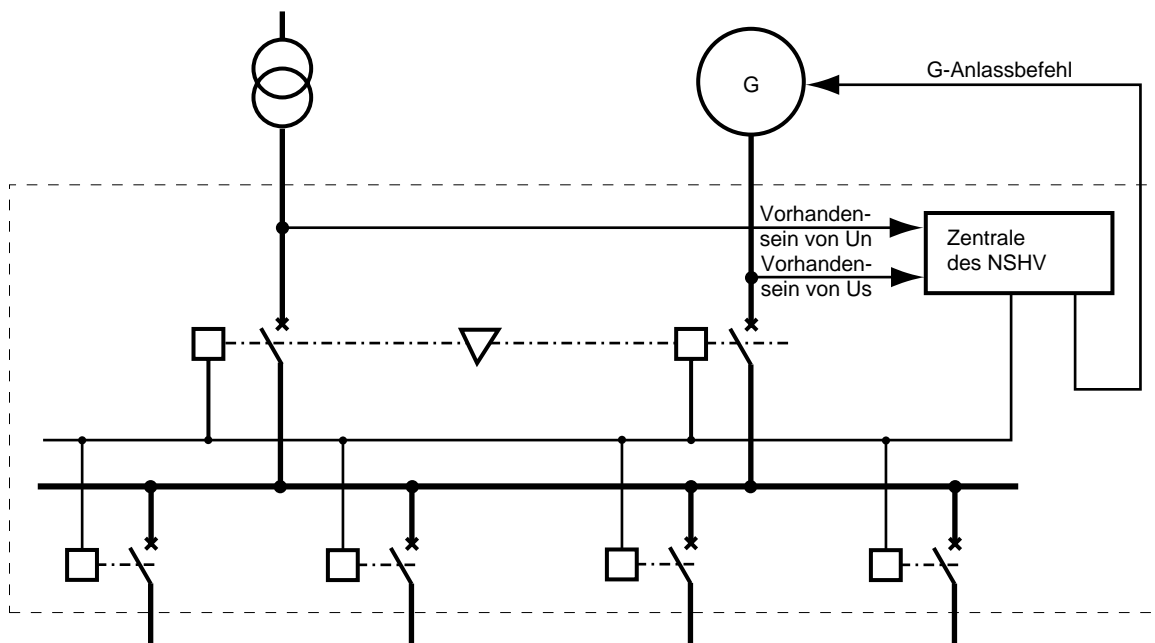


Abb. 9: Beispiel für die Steuerung der Stromversorgungsquellen. Bei dieser Lösung steuert die Zentrale die Abgänge durch progressive Wiedereinschaltung der Abgänge mit Priorität beim Betrieb am Notstromaggregat (G). Die Festlegung der Abgänge als mit oder ohne Priorität ist parametrisierbar. Es muss darauf hingewiesen werden, dass es nicht notwendig ist, die Sammelschiene in zwei Teile aufzuteilen, wodurch der Kupplungsschalter eingespart werden kann. Mit dieser Lösung lassen sich Schemas mit mehreren Einspeisungen auf einfache Weise behandeln.

So müssen zum Beispiel beim Betrieb an einem Notstromaggregat die Kondensatoren abgetrennt werden. Dies kann durch Öffnen des die Kondensatorenbatterien speisenden Leistungsschalters erfolgen, oder durch die Übermittlung eines Abschalt-Sollwertes an den Regler, wenn dieser über einen Bus mit der Verteiler-Zentrale verbunden ist, welche die Speisungsumschaltung steuert oder überwacht.

#### Abschaltung aufgrund eines Schwellwertes

In bestimmten Situationen (Spannungsabfall infolge einer Störung im Netz, Ausfall einer Einspeisung, Überschreitung der von der den Verteiler speisenden Stromversorgungsquelle verfügbaren Leistung usw.) kann es nötig sein, rasch eine Gruppe von Abgängen ohne Priorität abzuschalten (zum Beispiel im Hinblick auf Probleme der dynamischen Stabilität).

Die Abbildung 10 zeigt die dezentrale Verarbeitung der Abschaltung der Abgänge ohne Priorität nach einer Überschreitung der vom NSHV verteilten Leistung.

Wir man sieht, ist der Informationsfluss reduziert. Die Zentral erhält eine Information und gibt einen Befehl auf den Bus, der von den betroffenen Leistungsschaltern ausgeführt wird.

#### Steuerung eines Abganges oder einer Einspeisung

Die Steuerung eines Abganges (oder einer Einspeisung) kann alle oder einige der folgenden Funktionen umfassen:

- Leittechnik (Steuerung des Schaltgerätes und Erfassung seines Zustandes).
- Messungen (Ströme, Leistung, Energie usw.).
- Lokale oder abgesetzte Benutzeroberfläche.
- Kommunikation mit der Verteiler-Zentrale.

Die Aufteilung dieser Funktionen auf verschiedene Module (siehe Abb. 11) ist eine Lösung, welche die Erfüllung der folgenden Randbedingungen ermöglicht:

- Nicht alle Abgänge brauchen alle obengenannten Funktionen.
- Die Benutzeroberfläche kann abgesetzt sein.
- Die Benutzeroberfläche muss an den Anwender angepasst werden können (Sprache, Art des Benutzers usw.).

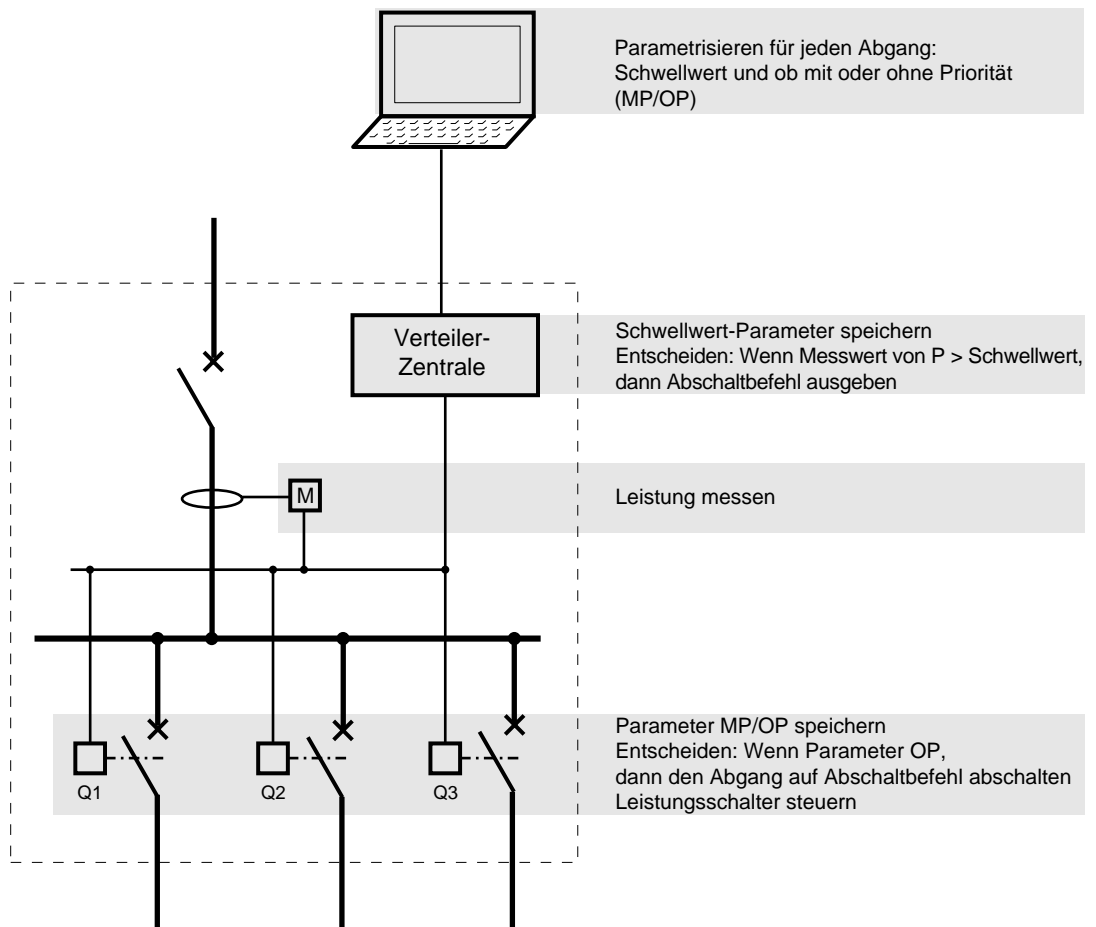
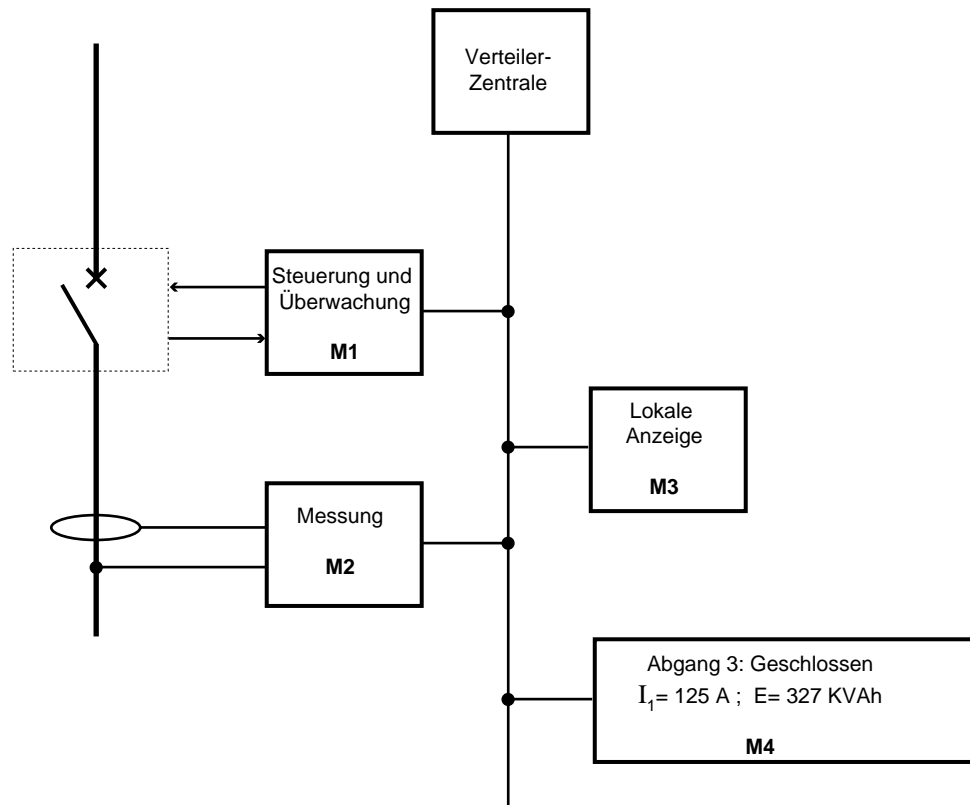


Abb 10: Beispiel der dezentralen Verarbeitung des Abschaltbefehls bei Überschreitung der Leistung.



Das Modul 1 steuert das Schaltgerät und erfasst seinen Zustand.

Das Modul 2 misst die Ströme und Spannungen und berechnet daraus die Leistung und die Energie.

Das Modul 3 zeigt lokal an der Frontseite des Verteilers die Zustände und Messwerte des Abganges an und kann diesen steuern.

Das Modul M4, das mit dem Modul M3 identisch ist, ist eine abgesetzte Anzeige ausserhalb des Elektro-Raumes. Die Anzeigart kann sich von derjenigen des M3 unterscheiden.

Abb. 11: Beispiel für die Aufteilung der Verarbeitungen für die Steuerung eines Abganges.

### 3.3 Dezentralisierte Architektur und verteilte Verarbeitung – Vorteile

#### Beherrschung der Komplexität

Ein komplexes Problem kann oft in eine Reihe von einfachen Grundproblemen aufgeteilt werden. So kann sich die Lenkung einer elektrischen Anlage wegen ihrer Grösse und der Anzahl der zu verarbeitenden Funktionen als kompliziert erweisen. Durch die Dezentralisierung eines grossen Teils der Funktionen werden die meisten Verarbeitungen kleineren Einheiten anvertraut, die besser beherrschbar und normierbar sind. Der bereits für den Starkstromteil der elektrischen Verteiler verwendete Begriff der serienmässigen Baugruppe erstreckt sich nun auf die Funktionen des TEM. Die Einheit der höheren Stufe wird dadurch wesentlich entlastet und kann sich auf die Verarbeitungen konzentrieren, die effektiv ihre Aufgabe sind.

#### Technisch-wirtschaftliche Randbedingungen

Wie wir bereits im vorhergehenden Kapitel gesehen haben, führt die Vervielfältigung des Informationsflusses zur Entwicklung von hierarchischen Architekturen. In gleicher Weise, wie man in einer grösseren Anlage die Energieverteilung aufteilt (NSHV, Unterverteiler, Anschlusskästen usw.), ist die hierarchische Aufteilung der Informationsverarbeitung die richtige Lösung:

- Die Anforderungen (Reaktionszeit, Umgebung, Durchsatz usw.) sind im Innern eines Verteilers nicht gleich wie in der Gesamtanlage.
- Nicht alle für eine Funktion nützlichen Informationen sind notwendigerweise auf der höheren Ebene brauchbar. Somit sind nicht unbedingt alle lokal verfügbaren Informationen von Interesse für den Anwender.

- Gewisse Informationen sind für die Wartung bestimmt.
- Andere Informationen müssen zusammengefasst werden, um zu verhindern, dass der Anwender in einer Lawine von Informationen versinkt (siehe Abb. 12).
- Die Programmierungskosten werden durch die Verwendung von Standard-«Codes» für die meisten Funktionen reduziert.

#### Kontinuität der Versorgung

In einem zentralisierten System bewirkt eine Störung eine Unterbrechung der Versorgung der gesamten Anlage. In einem dezentralisierten System hingegen kann dieselbe Störung auf das betroffene Teilsystem beschränkt werden,

Information	Verwendung	
	Wartungs-lokal	Leit-stelle
Geräte-Position	X	X
Fehler an Abgang	X	X
Energie-Messwert		X
Abgang nicht verfügbar (Zusammenfassung)		X
□ Gerät ausgefahren/verriegelt	X	
□ Gerät nicht gespeist	X	
Auslöser-Einstellung	X	
Lastabwurf läuft	X	X

Abb. 12: Beispiel für die Aufteilung der verfügbaren Informationen auf ihren Bestimmungsort.

während der Rest der Anlage in Betrieb bleiben kann, wenn auch eventuell nur in beschränkter Masse. So bleiben zum Beispiel bei einer Wartung der Verteiler-Zentrale die lokalen, Verteiler-internen Funktionen dank der Dezentralisierung in Betrieb.

#### Wartbarkeit

Ein dezentralisiertes System setzt eine grosse Zahl von Verarbeitungseinheiten ein, wobei deren Ausfallrate nicht kumulativ ist.

Die beschränkte Anzahl der Anschlussstellen minimiert die Ausfälle.

Die Störungserfassungsrate beträgt dank einer Reihe von Selbsttests der digitalen Einrichtungen und der Kommunikationsbus-Systeme nahezu 100%.

#### Anwendungsflexibilität

■ Die Inbetriebnahme eines neuen Betriebs erstreckt sich oft über längere Zeitperioden. Nicht selten wird die abgesetzte Leitstelle aus Budgetgründen ein oder zwei Jahre nach der Inbetriebnahme der Verteiler geliefert. Die Dezentralisierung zahlreicher Verarbeitungen auf die Stufe der einzelnen Verteiler ermöglicht es diesen, während dieser ganzen Zeit autonom zu arbeiten.

■ Im Rahmen der Erneuerung bestehender Anlagen kann die Nachrüstungsaktion ebenfalls über mehrere Jahre geplant werden. Die Dezentralisierung erleichtert den Ersatz eines Verteilers, da der neue Verteiler beim Hersteller geprüft werden kann, und für den Anschluss an das Leitsystem eine einzige serielle Verbindung genügt.

### 3.4 Schlussfolgerungen in bezug auf die Dezentralisierung der Verarbeitung in einem NS-Verteiler

Die im Kapitel 3 behandelten Beispiele zeigen, dass die auf Stufe eines intelligenten NSHV verwalteten Funktionen mehr oder weniger auf verschiedene Verarbeitungseinheiten aufgeteilt werden können:

- Gewisse Funktionen werden von der Verteiler-Zentrale übernommen, wenn
- die Verarbeitungen komplex sind und von einem normalen autonomen Modul nicht ausgeführt werden können (Beispiel: Steuerung der Stromversorgungsquellen bei mehreren Einspeisungen),
- sie eine mit anderen Funktionen gemeinsame Verarbeitung erfordern (Beispiel: Eine Speisungsumschaltung kann durch den Ausfall des normalen Netzes oder durch einen Befehl im Zusammenhang mit dem Management eines Stromlieferungsvertrages mit Wegfall bei Spitzenlast verursacht werden),
- sie mit anderen Betriebsmitteln koordiniert werden müssen, zum Beispiel wenn die Steuerung der Ersatzstromquellen auf der MS-Seite erfolgt.
- Gewisse autonome Funktionen können von dedizierten und für diese Funktion optimierten

Geräten erfüllt werden (Beispiele: Blindleistungsregler oder Speisungsumschalter).

Wenn diese autonomen Geräte in einen intelligenten Verteiler eingebaut werden können, können sie auch über einen Bus mit der Verteiler-Zentrale verbunden werden. Diese steuert zusätzliche Funktionen bei, wie zum Beispiel:

- Parametrisierung dieser Geräte durch eine benutzerfreundlichere, allen im Verteiler verarbeiteten Funktionen gemeinsame Oberfläche,
  - minimales Management bei reduzierten Betriebsarten,
  - Berücksichtigung bei den Funktionen der vorbeugenden Wartung und Instandsetzung.
- Die im vorliegenden Dokument genannten Funktionen können innerhalb der Architektur wie in der Abbildung 13 gezeigt aufgeteilt werden.
- Die Verteiler-Zentrale hat die Aufgabe:
  - die auf Stufe des Verteilers vorhandenen globalen und voneinander abhängigen Funktionen zu behandeln,
  - die von den übergeordneten Modulen verwalteten Funktionen zu koordinieren,

- sich zu öffnen und in ein übergeordnetes Leitsystem zu integrieren,
- mit einem Terminal für den Elektriker, der für die Ausführungs- und Wartungsarbeiten verantwortlich ist, zu kommunizieren. Dieses Terminal wird während dieser Arbeiten lokal vor dem Verteiler angeschlossen. Es ist kein Ersatz für die zentrale Leitstelle, von der aus der Anwender seine Anlage steuert.
  - Gewisse Module haben die Aufgabe, autonome Funktionen zu erfüllen (Blindleistungsregelung, Isolationsüberwachung usw.).
  - Andere Module sind damit betraut, einen Abgang oder eine Einspeisung zu steuern. Diese Modularität gestattet
    - die Steuerung und Überwachung in den Begriff der genormten und geprüften Funktionseinheit zu integrieren,
    - die Verbindungstechnik zwischen den Modulen und den Geräten zu normieren und somit die Gefahr von Ausfällen zu reduzieren, die ihre

- Ursache an den Anschlüssen haben,
  - bei einer Störung oder beim Ausbau der Anlage an einem Abgang arbeiten vorzunehmen, ohne andere Teile des Verteilers abzuschalten. Die Verbindung zwischen diesen Modulen und der Verteiler-Zentrale erfolgt über einen digitalen Bus. Ein Bus hat bekanntlich zahlreiche Vorteile:
    - Wesentliche Reduktion der Verdrahtung mit kleinquerschnittigen Drähten im Verteiler und damit der Verdrahtungskosten und des von der Verdrahtung eingenommenen Platzes.
    - Reduktion der Gefahr von latenten Unterbrechungen infolge von defekten Anschlüssen.
    - Reduktion der Projektierungs- und Verdrahtungszeit beim Schalttafelbauer.
    - Bessere Ausbaubarkeit der Anlage, wie zum Beispiel Hinzufügung von Abgängen oder Funktionen zu einer bestehenden Anlage.
- Das folgende Kapitel beschreibt die Bus-Systeme, die sich für den elektrischen Prozess am besten eignen.

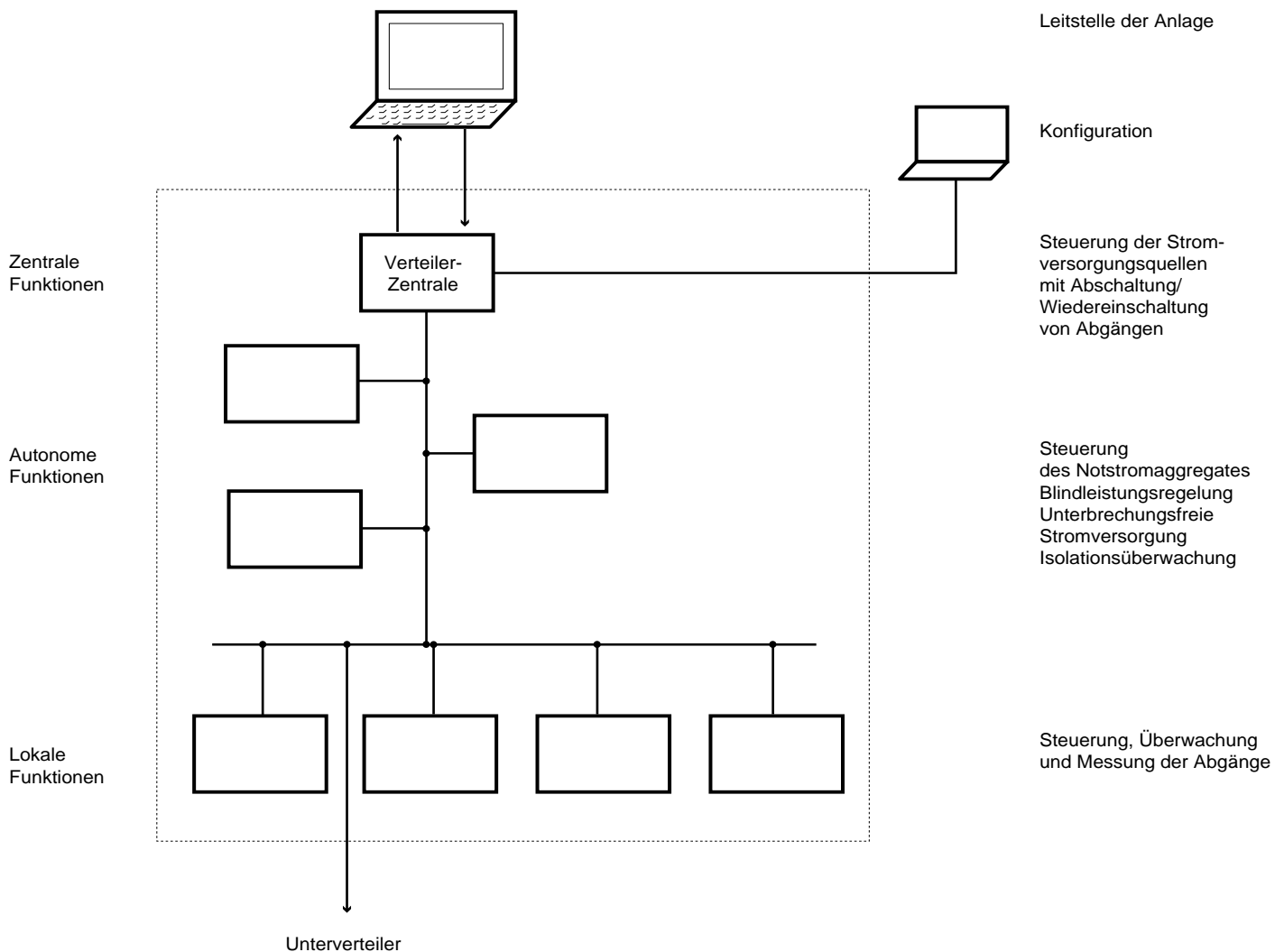


Abb. 13: Aufteilung der Funktionen innerhalb der Architektur eines Verteilers.

### 3.5 Für den elektrischen Prozess geeigneter Verteiler-Bus

Bei der Auswahl eines geeigneten Feldnetzwerks müssen unbedingt die mit dem elektrischen Prozess verbundenen Randbedingungen gut bekannt sein, insbesondere Informationsfluss, Reaktionszeit, Umgebung usw.

#### **Eigenschaften des elektrischen Prozesses**

■ Ein naturgemäss stabiler und kontinuierlicher Prozess.

Eine elektrische Anlage hat die Aufgabe, elektrische Energie an alle Verbraucher zu verteilen. Das Ziel eines NSHV besteht somit darin, die Abgänge ständig eingeschaltet zu halten. Das Öffnen eines Schaltgerätes kann mit den folgenden Ereignissen verbunden sein:

- Ansprechen einer Schutzeinrichtung infolge eines elektrischen Fehlers.
- Verlangen eines Anwenders, einen Stromkreis abzutrennen (um daran Arbeiten durchzuführen, um nach Arbeitsschluss die Beleuchtung eines Stockwerks abzuschalten usw.).
- Ansprechen eines Automatismus für die Abschaltung der Abgänge ohne Priorität, zum Beispiel infolge des Ausfalls einer normalen Stromversorgungsquelle.

Die Zustandsänderung eines Gerätes hat somit Ausnahmecharakter. Ein elektrischer Verteiler befindet sich dauernd in einem naturgemäss stabilen Zustand. Zudem ist zu bemerken, dass Leistungsschalter von Natur aus bistabil sind ...

■ Situationen, die Informationslawinen auslösen. Demgegenüber können gewisse Situationen innerhalb von sehr kurzer Zeit eine Informationslawine auslösen. So öffnen sich zum Beispiel beim Ausfall der Stromversorgungsquelle des Verteilers alle monostabilen Schaltgeräte, wie zum Beispiel die Schütze, gleichzeitig, während die Automatismen für Umschaltung Normal/Notstrom und Abschaltung/Wiedereinschaltung von Abgängen auf die Leistungsschalter einwirken.

■ Begrenzte Echtzeitbedingungen.

In einer elektrischen Anlage hängt die Reaktionszeit des Systems auf eine Belastung von deren Art ab:

- Auf den Befehl eines Bedieners von einer Überwachungsstation aus muss das System innerhalb einer für diesen «akzeptablen» Zeit reagieren, d.h. innerhalb von 1 bis 2 Sekunden zwischen der Validierung des Befehls des Bedieners mit einem «Klick» und der Änderung der Zustandsanzeige des Gerätes am Bildschirm.
- Für die Speisungsumschaltungs-Automatismen gibt es keine Anforderung an die Reaktionszeit, was den elektrischen Prozess anbetrifft. Das Ziel besteht darin, die Zeit während der die Verbraucher nicht gespeist werden, auf ein Minimum zu reduzieren. Reaktionszeiten von einigen hundert Millisekunden sind absolut in Ordnung.
- Beim Betrieb an einem Notstromaggregat müssen, wenn dessen Nennleistung überschritten wird, die Abgänge ohne Priorität abgeschaltet werden. Die zulässige Überlastdauer wird vom Hersteller des Notstromaggregates in Funktion der Überlast angegeben.

Bei komplexen Anlagen, wo die lokale Erzeugung durch das Elektrizitätsversorgungsunternehmen an die Einspeisung gekuppelt ist, müssen, wenn die Speisung ausfällt, gewisse Abgänge in Bruchteilen einer Sekunde abgeschaltet werden, bevor die Schutzeinrichtungen des Generators ansprechen.

□ Durch die Messwerte dimensionierte Informationsflüsse.

Die elektrischen Messungen können einen dauernden Informationsfluss auf dem Bus des Verteilers bewirken. Die Messwerte für Spannung, Strom, Leistung und Energie sind die am meisten angetroffenen Daten. Die Dimensionierung des Bus hängt von der Menge der zu übertragenden Informationen ab, jedoch vor allem auch von der Häufigkeit der Übermittlung dieser Informationen.

□ Ein Strom- oder Leistungswert kann dem Anwender dazu dienen, sein elektrisches Netz in Echtzeit zu überwachen. Eine Periodizität von einigen Sekunden kann sich als notwendig erweisen.

□ Ein Energiewert wird im Minimum über einige Minuten integriert. Deshalb ist die Häufigkeit der Übermittlung dieses Messwertes gering.

■ Abhängigkeit von den Randbedingungen des elektrischen Verteilers.

Die Installation eines Bus im Innern eines elektrischen Verteilers muss die folgenden Randbedingungen berücksichtigen:

- Das Netzwerk muss gegen die in einem NS-Verteiler vorhandenen elektromagnetischen Störsignale unempfindlich sein.
- Es muss bei der Verdrahtung des Verteilers einfach zu verwirklichen sein, jedoch auch bei einem Ausbau desselben.
- Schliesslich ist ein NS-Verteiler durch eine grosse Zahl von Anschlussstellen gekennzeichnet. Deshalb sind die Kosten eines Anschlusspunktes ein für die Wahl des Netzwerks ausschlaggebender Faktor.

#### **Ungeeignete Protokolle vom Master/Slave-Typ**

Bei den im Kapitel 2 beschriebenen Lösungen kommen gewöhnlich Protokolle vom Master/Slave-Typ vor, wie zum Beispiel ModBus (für weitere Einzelheiten siehe Technisches Heft Nr. 147). Für einen einfach automatisierten Verteiler, d.h. einen solchen, der lediglich Befehle und Zustandsmeldungen verwaltet, können mit einem Master/Slave-Protokoll die verlangten Leistungen erzielt werden. Dabei kann auf der Basis eines Verteilers mit 50 Abgängen und Einspeisungen die Abfrage des Zustandes sämtlicher Abgänge und Einspeisungen mit einer Rate von 20 ms pro abgefragte Arbeitsstation in etwa 1 Sekunde durchgeführt werden. Bei einem Ereignis (Befehl des Supervisors oder Ansprechen eines Automatismus in der Verteiler-Zentrale) kann die Abfrage der Zustände unterbrochen werden, um die nötigen Befehle zu übermitteln. Sobald hingegen die verlangten Funktionen die Übermittlung von Messwerten erfordern, wird

dieser Protokoll-Typ infolge Verlängerung der Abfrage-Zykluszeit schnell ungeeignet. Zudem erhält bei einer Zustandsänderung eines Schaltgerätes nach einer Abschaltung die Verteiler-Zentrale diese Information erst beim nächsten Abfrage-Zyklus. Schliesslich ist dieser Protokoll-Typ für eine verteilte Verarbeitung ungeeignet, weil die Zentrale ihre Aufgabe als Master nur erfüllen kann, wenn alle Informationen über sie gehen.

#### Anwendung von CSMA-Protokollen

Im Unterschied zu den Protokollen, die einen Zugriff zum Master/Slave-Medium verwenden, ermöglichen die CSMA-Protokolle (Carrier Sense Multiple Access) den an das Netzwerk angeschlossenen Arbeitsstationen eine bedarfsabhängige spontane Übermittlung.

##### ■ Einschränkungen des CSMA

Der regellose Zugriff zum Medium bringt zwei Einschränkungen mit sich, die bei einem von Natur aus zentralisierten Master/Slave-Betrieb nicht bestehen. Diese Einschränkungen lassen sich einfach lösen.

□ Kollisionsgefahr, da mehrere Arbeitsstationen gleichzeitig senden können. Es bestehen Regeln, um eine Kollision zwischen den Meldungen zu vermeiden.

Es gibt zwei Fälle:

– CSMA/CD (Collision Detection). In diesem Fall stellen die Arbeitsstationen die Interferenz im Netzwerk zwischen den beiden Meldungen fest und brechen die Übermittlung ab, um sie nach einer bestimmten Zeit wieder aufzunehmen.

Diese Lösung wird von Ethernet angewendet. – CSMA/CA (Collision Analysis). In diesem Fall gestattet es eine Einrichtung, der Arbeitsstation, die den Rahmen mit der niedrigsten Priorität übermittelt, sich zurückzuziehen, damit der Rahmen mit der höheren Priorität übermittelt werden kann. Die Verwaltung der Prioritäten erfolgt auf der Ebene der Codierung des übermittelten Rahmens. Diese Lösung wird von BatiBus angewendet (siehe Abb. 14).

□ Nichtdeterministische Reaktionszeit. Je nach der Belastung des Bus ist die Übertragungszeit des Rahmens nicht konstant. Deshalb ist es bei dieser Zugriffsart zum Medium nicht möglich, eine maximale Übertragungszeit zu garantieren. Bestimmte Einrichtungen und Auslegungsregeln bieten jedoch die Möglichkeit, maximale Übertragungszeiten mit einem Vertrauenskoeffizienten von nahezu 100% zu erhalten. So sind bei BatiBus die Befehle Rahmen mit Priorität, womit dieses Problem gelöst werden kann.

□ Feststellung von ausgefallenen Arbeitsstationen. Bei einem System, das einen Zugriff zum Master/Slave-Medium verwendet, wird der Ausfall eines Slave im Moment seiner Abfrage durch den Master festgestellt.

Bei einem Protokoll, mit dem nur brauchbare Rahmen übertragen werden, wird ein ausgefallenes Modul nicht festgestellt. Es obliegt den einzelnen Anwendungen, Überwachungseinrichtungen vorzusehen, mit denen der einwandfreie Zustand jedes einzelnen Moduls periodisch überprüft werden kann.

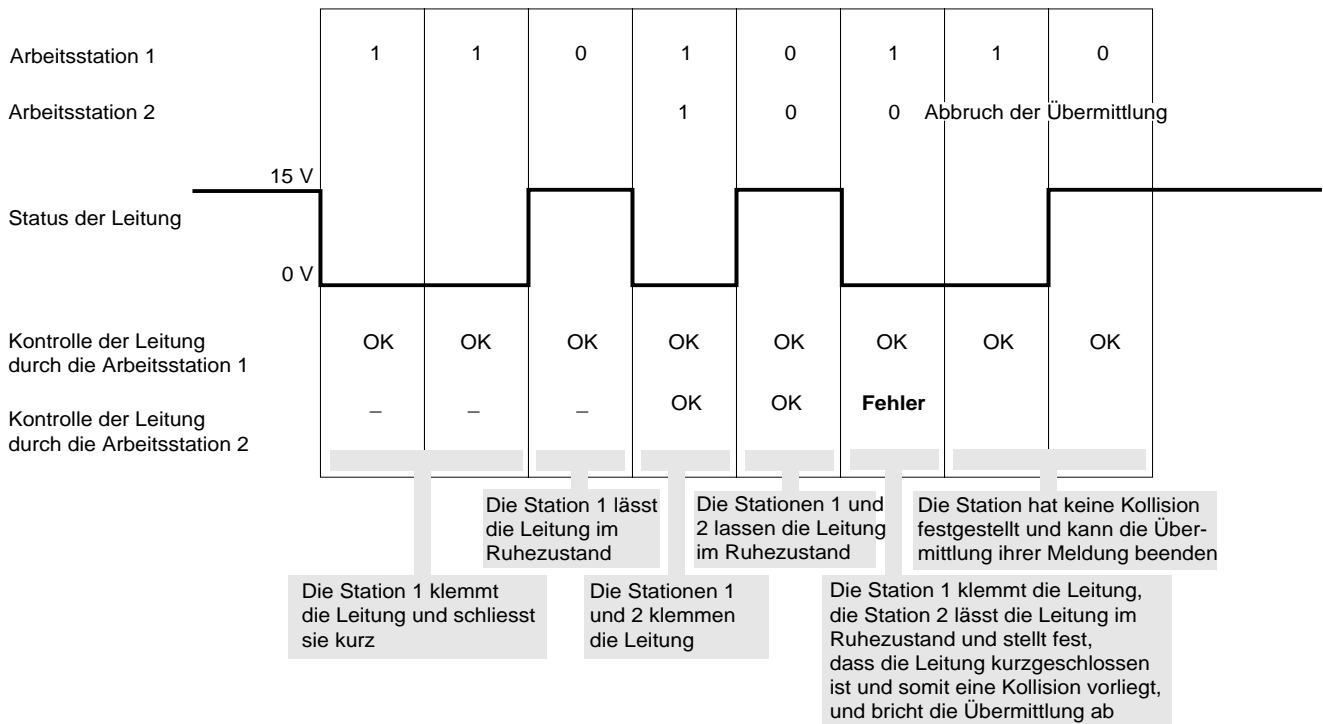


Abb. 14: Beispiel einer Kollisionsanalyse unter BatiBus.

■ Vorteile eines CSMA-Bus für eine elektr. Anlage. In den vorhergehenden Abschnitten wurde gezeigt, dass es möglich ist, die dem CSMA-Bus eigenen Einschränkungen zu umgehen. Die wichtigsten Vorteile, die dieser Betriebstyp bringt, sind folgende:

- Optimierung des Informationsaustausches: Ein Protokoll vom CSMA-Typ ermöglicht eine Optimierung des Informationsaustausches, weil der Bus nicht durch die ständige Abfrage verstopft wird. Somit ist bei einem stabilen Prozess, wie er normalerweise durch eine elektrische Anlage dargestellt wird, mit derselben Übertragungsgeschwindigkeit wie mit einem Master/Slave-Protokoll die Anzahl der brauchbaren Informationen wesentlich grösser, wobei die Reaktionszeiten schlechter sein können.
- Reduktion der Kosten: Je höher die Übertragungsgeschwindigkeit ist, desto höher sind die Anforderungen an die Anlage, um sich gegen elektromagnetische Störungen zu schützen, und damit die Kosten. Da ein Protokoll vom CSMA-Typ die Wahl einer niedrigeren Übertragungsgeschwindigkeit gestattet, werden die mit der Übertragung verbundenen Kosten reduziert.
- Dezentralisierung der Verarbeitung: Diese Zugriffsart gestattet eine optimierte Behandlung der dezentralen und/oder verteilten Verarbeitung. Das Beispiel der Abbildung 10 (Dezentralisierung) zeigt die Vereinfachung des Informationsaustausches (Meldungen an die OP: Öffnen) im Vergleich zu einer zentralen Master/Slave-Einrichtung. Dabei ist zu bemerken, dass es bei der verteilten Verarbeitung das Mess-Modul ist, das direkt den Abschaltbefehl an die OP erteilt, weshalb der Lastabwurf selbst bei einem Ausfall der Verteiler-Zentrale funktioniert.

#### Verwendung des FIP (Factory Information Protocol) für MCC-Anwendungen

Bestimmte Anwendungen in industrieller Umgebung stellen sehr hohe Anforderungen an die Kontinuität der Versorgung und Leistung, was sich zum Beispiel an einer garantierten (deterministischen) Reaktionszeit auf einen Befehl zeigt, der von einem Automatismus herkommt, der den Prozess steuert. Dies ist bei bestimmten MCCs (Motor Control Centers) der Fall. Im Unterschied zu einem NSHV haben die Öffnungs- und Schliessbefehle für ein Schaltgerät keinen Ausnahmecharakter mehr.

In diesem Fall genügen die Leistungen eines Master/Slave-Netzwerks nicht (ausser wenn sehr hohe Übertragungsgeschwindigkeiten verwendet werden, die bedeutende Mehrkosten verursachen); und ein Netzwerk mit regellosem Zugriff zum Medium ist ungeeignet.

Für diesen Anwendungs-Typ ist von industriellen Anwendern und Herstellern das FIP-Netzwerk entwickelt worden. Ohne hier auf seine Funktionsweise einzugehen, sei darauf hingewiesen, dass es die Besonderheit hat, die Vorteile des Master/Slave-Systems mit denjenigen des regellosen Zugriffs zu vereinigen:

■ Der Zugriff zum Medium wird von einem Bus-Controller gesteuert (der sich bei einem

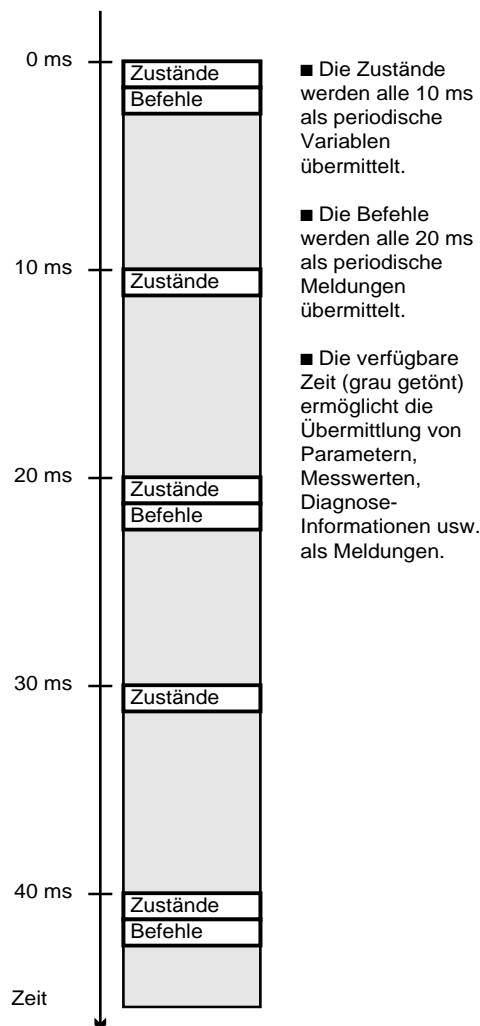


Abb. 15: MCC-Zeitdiagramm mit FIP.

NS-Verteiler in der Verteiler-Zentrale befindet).

■ Daten können periodisch über das Netzwerk verbreitet werden (zum Beispiel Befehle und Zustände).

■ Die Arbeitsstationen können vom Bus-Controller das Recht verlangen, bei Bedarf Informationen zu übermitteln (wesentliche Änderung eines Messwertes usw.).

■ Die von einer Arbeitsstation erzeugten Daten können von einer oder mehreren anderen Arbeitsstationen verwendet werden (für eine verteilte Verarbeitung).

■ Schliesslich integriert das Protokoll verschiedene Einrichtungen, was eine sehr hohe Übertragungssicherheit gewährleistet.

Somit vereinigt dieses Protokoll die Vorteile ■ des Master/Slave-Systems (deterministische und garantierte Reaktionszeit) und

■ des regellosen Zugriffs (Übermittlung von brauchbaren Informationen oder Informationen nach einem Ereignis) mit hohen Leistungsdaten sowie mit der Erfüllung sehr strenger Betriebsanforderungen.

## 4. Anwendungsbeispiele

### 4.1 Rechenzentrum

#### Bedürfnisse des Anwenders

In einem rund um die Uhr in Betrieb stehenden Rechenzentrum besteht die erste Sorge des für die Elektrizitätsversorgung Verantwortlichen darin, die dauernde Verfügbarkeit der Energie mit einer hohen Wartungsbereitschaft sicherzustellen.

Zusätzlich zu diesen Grundbedürfnissen wünschte der Kunde, seine Energiekosten

- durch Verbesserung des  $\cos \varphi$ ,
- durch Unterzeichnung eines Stromlieferungsvertrages mit dem Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit Wegfall bei Spitzenlast herabzusetzen.

Diese beiden Optionen ermöglichen eine Amortisation der Anlage in weniger als 3 Jahren dank niedrigeren Energiekosten.

#### Getroffene Lösung

##### ■ Elektrische Anlage

Die elektrische Anlage wird von einer Mittelspannungsschleife von 20 kV gespeist, die einen 1000 kVA-Transformator speist, der seinerseits einen NSHV versorgt (siehe Abb. 16).

Der NSHV ist ein Schaltschrank mit Einschüben. Er hat 23 Abhänge, wovon 2 in Reserve sind.

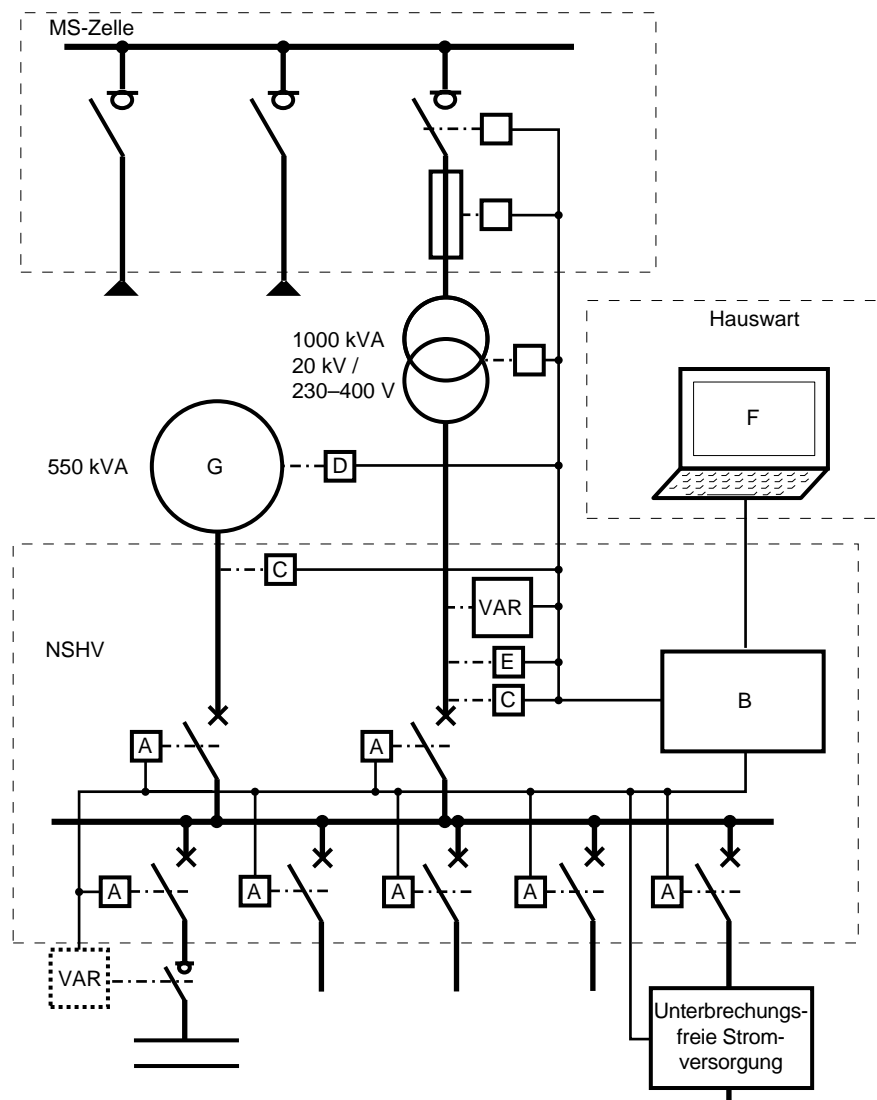


Abb. 16: Für ein Rechenzentrum getroffene Lösung.

Die Abgänge mit hoher Leistung sind mit Fernsteuerungen versehen.

Die Computer werden über zwei redundante unterbrechungsfreie Stromversorgungen gespeist. Ein Notstromaggregat mit einer Leistung von 550 kVA ist in der Lage, im Notfall sämtliche elektrischen Betriebsmittel des Rechenzentrums zu speisen.

■ Zu verwirklichende Funktionen

□ Speisungsumschaltung: Bei einem Ausfall der Spannung auf der Speisungsseite des MS/NS-Transformators (oder wenn ein «Wegfall»-Signal erhalten wird), wird der Verteiler automatisch von der Ersatzstromquelle gespeist. Der das Notstromaggregat steuernde Schrank erhält die Ein- und Abschaltbefehle vom NSHV und steuert das Notstromaggregat autonom.

Beim Übergang auf das Notstromaggregat werden die Abgänge mit hoher Leistung abgeschaltet, um den Laststoss im Moment der Umschaltung auf ein Minimum zu reduzieren, um hierauf nacheinander mit einer individuell einstellbaren Zeitverzögerung wieder zugeschaltet zu werden. Bei der Rückkehr der Netzspannung schaltet der Verteiler auf die normale Stromversorgungsquelle zurück und gibt den Befehl für die Abschaltung des Notstromaggregates.

□ Vertrags-Management: Das Elektrizitätsversorgungsunternehmen gibt dem Energiebezüger 30 Minuten im voraus den Übergang auf «Wegfall» bekannt. Dieses über das Netz übertragene Signal wird von einem speziellen Relais decodiert. Wenn der Verteiler dieses Signal erhält, schaltet er auf das Notstromaggregat um, wie wenn es sich um einen Netzausfall handeln würde. Sobald das Signal wieder verschwindet, erfolgt automatisch die Umschaltung zurück auf das Netz.

□ Blindleistungsregelung: Eine Blindleistungskompensations-Kondensatorenbatterie von 100 kVAR wird von einem Blindleistungsregler gesteuert.

□ Fernüberwachung: Bei einer Störung in der elektrischen Anlage wird der Hauswart mit Hilfe einer Überwachungskonsole, die ihm die vom NSHV ausgelösten Alarme übermittelt, sofort informiert.

■ Steuerungs- und Überwachungssystem

□ Jede Einspeisung und jeder Abgang des NSHV wird von einem Modul (im Schema mit A bezeichnet) gesteuert, das

- den Zustand des Abgangs erfasst (offen, geschlossen, abgeschaltet, getrennt usw.),
- diesen Zustand lokal anzeigt,
- das Öffnen, Schliessen oder Rückstellen der ferngesteuerten Einspeisungen und Abgänge steuert, wobei diese Befehle lokal oder über den Verteiler-Bus gegeben werden können,
- kommuniziert mit der Verteiler-Zentrale über den digitalen Kommunikationsbus.

□ Eine im NSHV angeordnete Verteiler-Zentrale (im Schema mit B bezeichnet) hat die Aufgabe

- die Steuerung und Überwachung der Einspeisungen und Abgänge über die im Schema mit A bezeichneten Module sicherzustellen,
- direkt die folgenden Informationen zu erfassen: Vorhandensein der Spannung vom Netz oder vom Notstromaggregat (mit Hilfe der im Schema mit bezeichneten Spannungsrelais), Übergang auf «Wegfall» (im Schema mit E bezeichnetes Relais),

- an den das Notstromaggregat steuernden Schrank (im Schema mit D bezeichnet) den Anlassbefehl zu senden,
- bei Ausfall der Netzsspannung oder bei einem Übergang auf «Wegfall» die Speisungsumschaltung vorzunehmen,
- Alarme auszulösen und an die Überwachungskonsole (im Schema mit F bezeichnet) zu übermitteln, wo sie in geeigneter Form angezeigt werden.

## 4.2 Krankenhaus

### Bedürfnisse des Kunden

In einem Krankenhaus ist die Kontinuität der Versorgung mit elektrischer Energie von erstrangiger Bedeutung. Wir wollen nun den Fall eines mittelgrossen Krankenhauses näher betrachten. Um die Stromverteilung möglichst gut im Griff zu behalten, und in Übereinstimmung mit den Wünschen des Anwenders, werden die folgenden Massnahmen getroffen:

■ Einteilung der Abgänge in die drei Klassen «mit Ersatzstromquelle», «mit Priorität» und «Unterbrechungsfrei».

■ Fernüberwachung der gesamten Anlage.

### Getroffene Lösung

■ Elektrische Anlage

□ Die elektrische Anlage wird von einer Mittelspannungsschleife von 20 kV gespeist, die drei 1000 kVA-Transformatoren speist, die ihrerseits einen allgemeinen NSHV versorgen.

□ Zwei Notstromaggregate von 400 kVA sind in der Lage, im Notfall bestimmte elektrischen Betriebsmittel des Krankenhauses zu speisen.

□ Zwei unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) speisen die Abgänge mit hoher Versorgungsqualität (HQ) und mit Priorität.

□ Die Abgänge sind auf drei NSHV aufgeteilt. Das Schema der Abbildung 17 zeigt das Prinzip der Speisung der einzelnen Abgänge für den NSHV1.

■ Organisation des TEM

□ Eine Leitstelle (Supervisor) ermöglicht die Überwachung, die Erteilung von Befehlen sowie Parametrisierungen durch den Anwender.

□ Die Zentrale «Allgemeiner NSHV»

- besorgt die Steuerung und Überwachung der Leistungsschalter der Einspeisungen und Abgänge,
- überwacht das richtige Funktionieren der Blindleistungsregelrelais (Blindleistungskompensationsrelais).

sation) und verhindert die Blindleistungskompensation bei einem Ausfall der Netzspannung (Betrieb der Notstromaggregate),

- kommuniziert mit den Verarbeitungseinheiten der unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV),
- liefert die Information «Transformatoren in Betrieb».

□ Die Zentrale «Notstrom-NSHV»

- besorgt die Steuerung und Überwachung der Leistungsschalter,

- kommuniziert mit den Steuerschränken der Notstromaggregate: Kontrolle und Übermittlung der Anlass- und Abschaltbefehle,
- kommuniziert mit den NSHV (1, 2, 3 und HQ), die einen Anlassbefehl für die Notstromaggregate übermitteln und einen Sollwert für den maximalen Leistungsverbrauch in Funktion der in Betrieb stehenden Notstromaggregate und der gespeisten NSHV empfangen (bei Wartungsarbeiten werden nicht unbedingt alle NSHV gespeist).

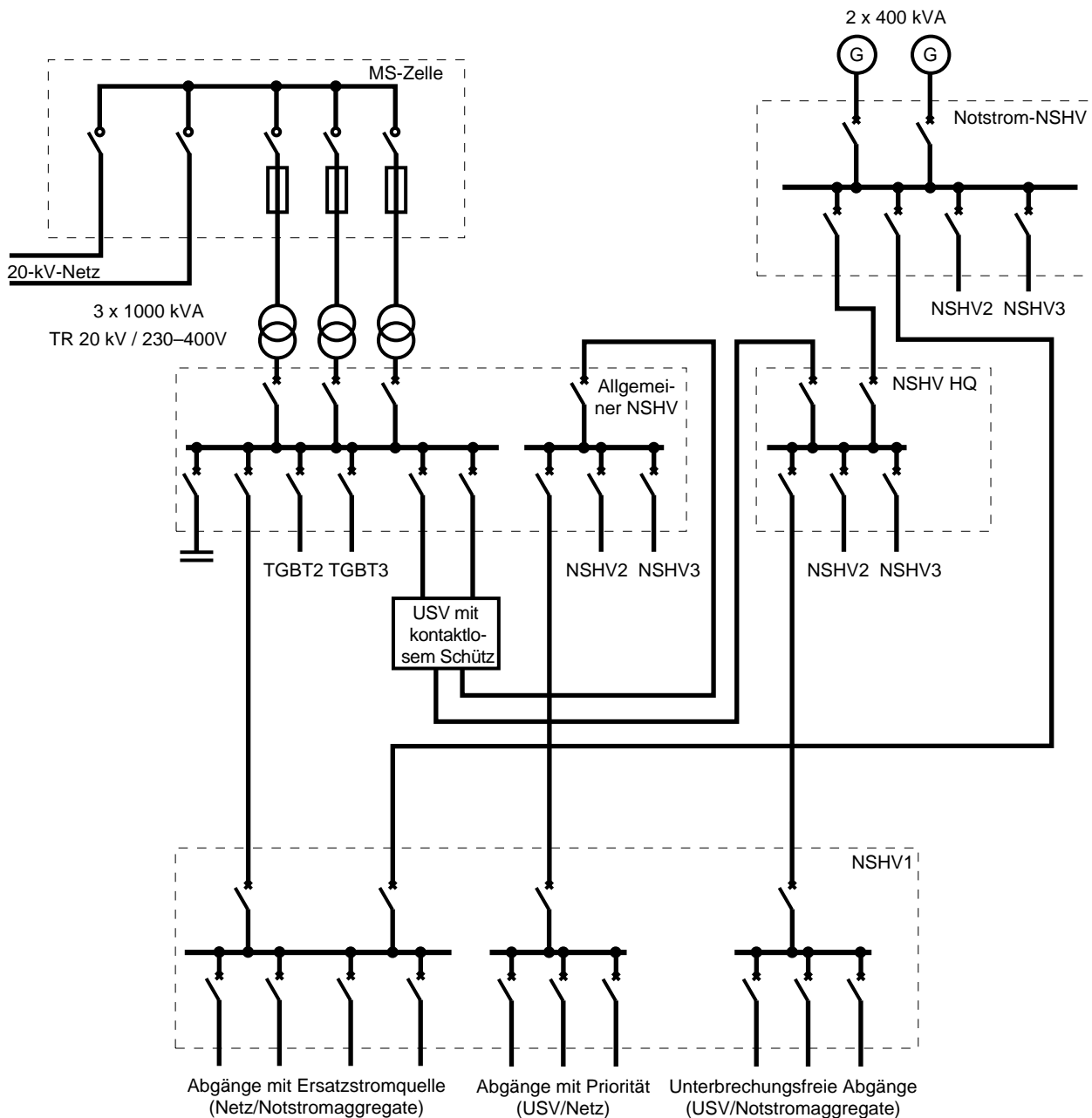


Abb. 17: Für ein Krankenhaus getroffene Lösung.

- Die Zentralen der NSHV 1, 2 und 3
  - steuern und überwachen die Leistungsschalter,
  - stellen die Funktion Umschaltung Normal/Notstrom der Abgänge mit Ersatzstromquelle aufgrund der von den Spannungsrelais gelieferten Information sicher:
    - . Abschaltung der Abgänge mit hoher Leistung,
    - . Übermittlung einer Anforderung für das Anlassen der Notstromaggregate,
    - . Schliessen des Leistungsschalters der Notstrom-Einspeisung;
  - besorgen die Lastregulierung: da die Abgänge mit Ersatzstromquelle nach ihrer Speisungspriorität klassifiziert sind, werden sie in Funktion der von 1 oder 2 G erzeugten oder von 1, 2 oder 3 Transformatoren gelieferten Leistung ab- und wieder eingeschaltet,
  - kommunizieren mit der Isolationsüberwachung der unterbrechungsfreien Abgänge.
- Die Zentrale «NSHV HQ»
  - steuert und überwacht die Leistungsschalter,
  - nimmt die Speisungsumschaltung vor, nachdem sie das Anlassen eines Notstromaggrega-

tes verlangt hat, wenn die unterbrechungsfreie Stromversorgung ein Problem signalisiert hat. Bei diesem Realisierungsbeispiel gelangen nicht alle Funktionen eines TEM zur Anwendung (dies ist nie der Fall):

- Die Zeitsteuerung wird nicht verwendet, da ein Krankenhaus rund um die Uhr arbeitet.
- Das Vertrags-Management (Glättung, Wegfall bei Spitzenlast) wurde nicht in Betracht gezogen, lediglich die Blindleistungskompensation wird angewendet.
- Das angewendete TEM-System dient vollumfänglich der höheren Verfügbarkeit der elektrischen Energie.
- Jeder Verteiler ist mit einer autonomen lokalen Intelligenz ausgestattet, welche die Funktionen sicherstellt, die ihr zugeordnet sind.
- Wenige ereignisbezogene Informationen zirkulieren auf dem BUS (Umschaltung Normal/Notstrom, Notstromaggregate, Lastregulierung) und es werden keine elektrischen Grössen gemessen, ausser der Zählung im MS-Verteiler. Die Kontrolle der Zustände erfolgt periodisch.

## 5. Schlussfolgerungen und Blick in die Zukunft

Als neuralgischer Punkt der Elektrizitätsverteilung ist der intelligente Verteiler eine geeignete Antwort auf die Bedürfnisse der Betreiber und Anwender einer elektrischen Anlage:

- Einsparungen bei den Kosten für die elektrische Energie.
- Erhöhte Betriebssicherheit.
- Fernsteuerung der Anlage (mögliche Öffnung gegenüber dem TGM im Dienstleistungssektor und der Prozesssteuerung in der Industrie).
- Bessere Wartbarkeit und Ausbaubarkeit der Anlage.
- Schrittweise Entwicklung der Anlage in Richtung auf die Intelligenz.

Die Verwirklichung von Verteilern mit integriertem Management, jedoch mit dezentraler, verteilter Intelligenz, wird heute durch die Verfügbarkeit von normierten und robusten Modulen und Hardware- und Softwareprodukten wesentlich erleichtert. In dieser Beziehung hält die Leittechnik Einzug in die serienmässig hergestellte Verteilerbaugruppe und hebt sich stark von den Automatismen der industriellen Prozessen ab.

Die Integration der Intelligenz in den Verteiler bietet die folgenden Möglichkeiten:

- Vereinfachung der Architektur des Verteilers und der Anlage bei der Projektierung und bei Ausbauten (verteilte Verteilung, Wegfall von aufgeteilten Sammelschienen, Selektivität, Kenntnis der Reserven des Verteilers, Management der Betriebsbedingungen bis zu den Grenzen des Verteilers (Temperatur, Überlast usw.).
- Zeitliche Verwaltung des Verteilers (Blackbox-Funktion, aktualisiertes Plandossier usw.).
- Vereinigung von Kommunikation (Schwachstrom) mit Leistung (Starkstrom).

Morgen werden sich die Kommunikation und die Informationsverarbeitung noch weiter hinunter bis in die Schaltgeräte, Sensoren und Aktoren erstrecken. Diese Entwicklung wird die Verteilung der Intelligenz erleichtern und somit die Zentralisierung weiter reduzieren. Weitere wesentliche Fortschritte sind auf Stufe der Projektierung, der Verdrahtung, der Inbetriebnahme, des Betriebs, der Sicherheit und der Ausbaubarkeit zu erwarten.

# Literaturverzeichnis

---

## **Technische Hefte Merlin Gerin**

- Einführung in das Sicherheitskonzept, Technisches Heft Nr. 144 – P. Bonnefoi
- Einführung in die digitalen Kommunikationsnetze, Technisches Heft Nr. 147 – E. Koenig
- Elektrizitätsverteilung und hohe Verfügbarkeit, Technisches Heft Nr. 148 – A. Longchamp und G. Gatine
- Betriebssicherheit von NS-Verteilern, Technisches Heft Nr. 156 – O. Bouju

## **Hefte des GIMELEC**

- Niederspannungsverteiler
- Verteiler mit integriertem Management

**Schneider Electric**

Hauptverwaltung Deutschland:

Schneider Electric GmbH  
Gothaer Strasse 29 • D-40880 Ratingen  
Postfach 10 12 61 • D-40832 Ratingen  
Telefon (0 21 02) 4 04-0  
Telefax (0 21 02) 4 04 92 56

Hauptverwaltung Schweiz:

Schneider Electric (Schweiz) AG  
Schermenwaldstrasse 11  
Postfach • CH-3063 Ittigen  
Telefon (031) 917 33 33  
Telefax (031) 917 33 55