

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

**Band:** 83 (1992)

**Heft:** 19

**Artikel:** Von der konventionellen Sekundärtechnik zum modernen Stationsleittechniksystem in numerischer Technik

**Autor:** Engler, Fred

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-902876>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.11.2024

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

# Von der konventionellen Sekundärtechnik zum modernen Stationsleittechniksystem in numerischer Technik

Fred Engler

**Die Sekundärtechnik von Schaltanlagen befindet sich in einem tiefgreifenden Umbruch. Anstelle von speziellen Geräten für die verschiedenen Funktionen lassen sich heute universelle und programmierbare Geräte auf Mikroprozessorbasis realisieren. Der Aufsatz weist auf die aus dem Blickwinkel numerischer Technik vorhandenen Gemeinsamkeiten der verschiedenen Funktionen hin und zeigt auf, wie sie in einer koordinierten Schutz- und Leittechnik genutzt werden können.**

**Les dispositifs secondaires des appareillages de commande se trouvent en pleine mutation. Au lieu de réaliser les différentes fonctions avec des appareils se différenciant quant au matériel, cela se fait aujourd'hui avec un nombre fortement réduit de composants de traitement programmables à microprocesseurs. L'article attire l'attention, dans l'optique de la technique numérique, sur les points communs qu'ont les différentes fonctions et montre comment on peut les utiliser dans un système de protection et de conduite coordonné.**

## Adresse des Autors

Fred Engler, Dipl. El.-Ing. ETHZ,  
ABB Relays AG, 5401 Baden.

## Funktionen der Schutz- und Leittechnik in Schaltanlagen

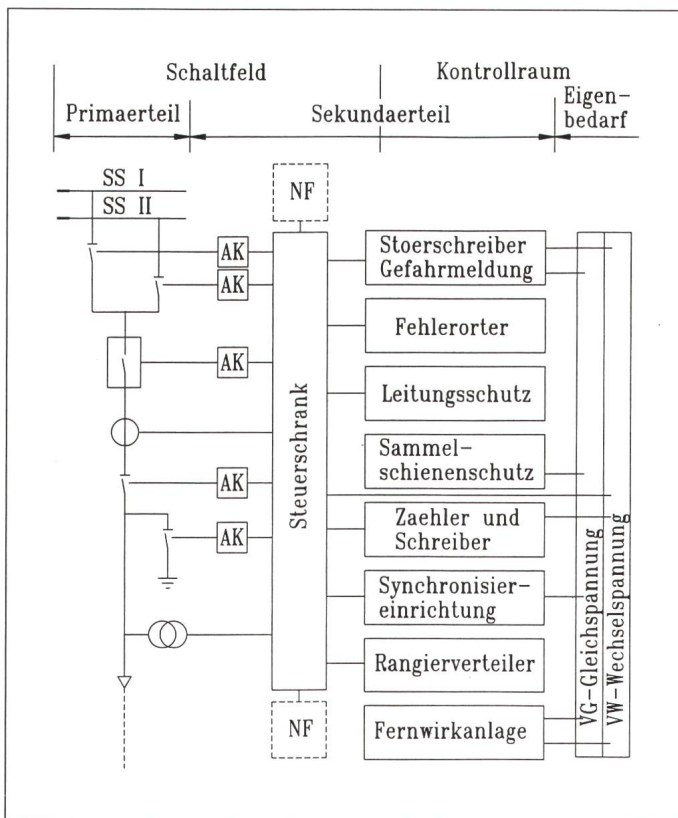
Aufgabe der Schutz- und Leittechnik ist die Bereitstellung der technischen Hilfsmittel, die zum Betätigen, Überwachen, Schützen und optimalen Betreiben aller primären Betriebsmittel in Energienetzen und deren Schaltanlagen notwendig sind. Das Aufgabengebiet beginnt beim Meldekontakt am Hochspannungsschalter und endet in komplexen Systemen zur Netz- und Lastführung. Die einzelnen Komponenten dieser Hilfsmittel werden üblicherweise unter dem Begriff *Sekundärtechnik* zusammengefasst. Bis anhin war es allerdings üblich, unter diesem Begriff nur die Steuerungs-,

Mess- und Regelungstechnik innerhalb einer Anlage zusammenzufassen und die Schutztechnik davon auszuklammern. Dieser Aufsatz zeigt die Gemeinsamkeiten auf der Funktionsebene auf und macht verständlich, warum die Schutztechnik neu als Element einer koordinierten Schutz- und Leittechnik realisiert wird.

Innerhalb der einzelnen Schaltanlage werden sekundärtechnisch hauptsächlich die Funktionen gemäss Bild 1 unterschieden. Verschiedene Funktionen (zum Beispiel Synchrocheck oder Wiedereinschaltung) lassen sich hierbei nicht eindeutig zuordnen. Je nach Philosophie des Anlagenbetreibers können solche Funktionen Teil der Steuerung oder des Schutzes sein.

<b>Hilfsspannungsversorgung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gleich- und Wechselrichter</li> <li>- Batterien, Notstromgruppen</li> <li>- Überwachung der Versorgung</li> </ul>
<b>Steuerung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meldungs-/Stellungserfassung (z.B. von Leistungsschaltern)</li> <li>- Informationsanzeigen und Betätigungseingaben</li> <li>- Meldungsüberwachung</li> <li>- Synchronisierung</li> <li>- Spannungsregelung</li> <li>- Steuerung, Verriegelung, Schaltung</li> <li>- Automatisierung von Steuer- und Schalthandlungen</li> </ul>
<b>Messung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Messwerterfassung</li> <li>- Zählwerterfassung</li> <li>- Grenzwertüberwachung</li> <li>- Registrierung und Protokollierung: Ereignisschreiber, Störschreiber, Fehlerorter</li> </ul>
<b>Schutz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objektschutz (z.B. Transformatorschutz)</li> <li>- Anlageschutz (z.B. Sammelschienenschutz)</li> <li>- Netzschutz, Leitungsschutz</li> <li>- Reserveschutzeinrichtungen</li> </ul>

**Bild 1 Funktionsgruppen und Einzelfunktionen der Sekundärtechnik**



**Bild 2**  
**Übersicht über die Funktionen der Sekundärtechnik**  
 AK Anschlusskisten  
 NF Nachbarfeld

den. Bei beiden Lösungsvarianten sind Einzelschalthandlungen und programmierte Schaltungsabläufe möglich, jedoch sind der Automatisierung Grenzen gesetzt. Wegen des grossen Platzbedarfs, des Verschleisses bei vielfacher Betätigung, der Standschäden bei seltener Betätigung und der festen Verdrahtung der Funktionen verliert diese Technik aber zunehmend an Bedeutung. Ihr Haupteinsatzgebiet liegt heute noch bei der örtlichen Steuerung (Vorortsteuerung) innerhalb der Schaltanlage.

**Messung**

Für die Betriebsführung einer Schaltanlage ist es wichtig, verschiedene Betriebswerte wie Ströme, Spannungen, Leistungen usw. zu messen, zu registrieren und möglichst automatisch auszuwerten. Als Signalquellen dienen primär die in der Anlage eingebauten Messwandler (Strom- und Spannungswandler), aber auch andere Geber wie zum Beispiel Temperatursonden oder Dehnungsmessstreifen. Die Messwertumformer und die eigentlichen Messgeräte sind in den meisten Fällen in Analogtechnik ausgebildet und verfügen – mit Ausnahme der Streifenschreiber – über keinerlei Speichermöglichkeiten der gemessenen Signale. Dies erschwert die nachträgliche Analyse eines transienten Fehlervorganges in der Schaltanlage.

**Eigenschaften der bisher angewendeten Technik**

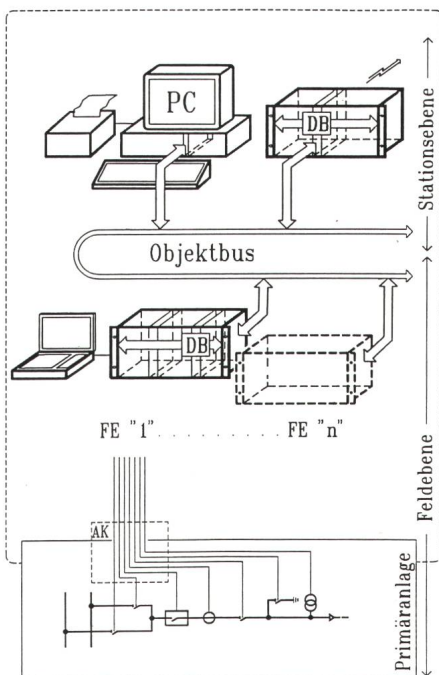
Die zurzeit in den meisten Schaltanlagen zur Anwendung gelangende Sekundärtechnik reflektiert die verschiedenen Philosophien, Entwicklungswege und Innovations sprünge der Lieferanten von Teilelementen dieser Technik. Bei dieser konventionellen Technik werden die einzelnen Funktionen mit getrennten Geräten (Einzelgerätetechnik) verwirklicht, die überwiegend nach analogen Verfahren arbeiten. Die Unterschiede innerhalb dieser Einzelgerätetechnik lassen sich auch in der personellen Organisation der Schaltanlagenbetreiber erkennen: «Leittechniker» und «Schutztechniker» gehören in den meisten Fällen organisatorisch getrennten Betriebsteilen an und verstehen die Arbeit und Probleme ihrer Kollegen kaum.

Bild 2 zeigt eine Übersicht der Funktionen der Sekundärtechnik für einen typischen Leitungsabgang in einer Schaltanlage. Im folgenden seien die hauptsächlichsten Eigenschaften der bisher zum Einsatz gelangenden konventionellen Technik erwähnt.

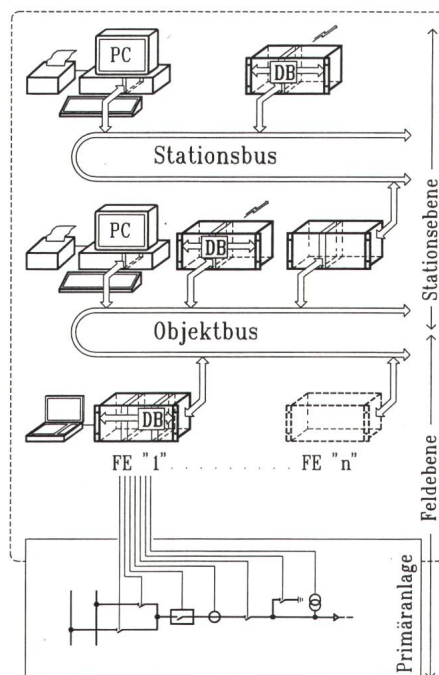
**Steuerung**

Die Funktionsabläufe Steuern, Verriegeln, Melden können sowohl mit

einfachen kontaktbehafteten elektromechanischen und elektromagnetischen Betriebsmitteln wie Steuerquittierschalter, Hilfsschütze und Hilfsrelais, als auch mit kontaktlosen elektronischen Komponenten gelöst wer-



**Bild 3** Hierarchiestufen der Sekundärtechnik in einer kleinen Unterstation



**Bild 4** Hierarchiestufen der Sekundärtechnik in einer grossen Unterstation

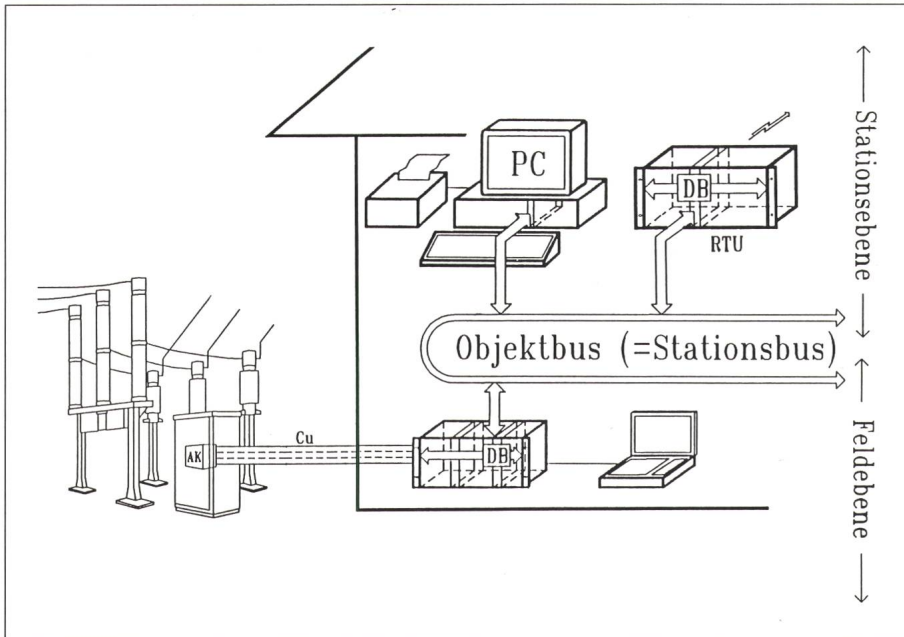


Bild 5 Geografie einer Anlage mit zentraler Sekundärtechnik

- Die Echtzeitstempelung von Störmeldungen und dergleichen erfordert wegen der Einzelgerätechnik ebenfalls einen hohen Zusatzaufwand.
- Die Eingabe der Informationen aus der Schaltanlage muss mehrfach erfolgen, das heisst getrennt für Steuerung, Messung und Schutz. Damit einher geht eine erschwerte Überwachung der Schnittstellen.
- Die Funktionskontrolle der Einzelgeräte ist mit einer erschwerten Überprüfung der Gesamtfunktion verbunden.
- Zur Sicherstellung einer genügenden elektromechanischen Verträglichkeit (EMV) sind zusätzliche Massnahmen notwendig.

### Koordinierte Schutz- und Leittechnik in Schaltanlagen

Die koordinierte Schutz- und Leittechnik für Schaltanlagen realisiert als *Systemlösung* alle bisherigen Funktionen der Sekundärtechnik innerhalb der gleichen Anlage. Sie stellt die Gesamtanlage und die Gesamtfunktion in den Vordergrund. Die einzelnen Funktionen werden mit programmierbaren Verarbeitungsbausteinen auf Mikroprozessorbasis realisiert. Diese moderne Sekundärtechnik kann wie folgt charakterisiert werden:

- Verwendung möglichst gleicher Hardwarekomponenten auf Mikroprozessorbasis für die verschiedenen Aufgaben bzw. Funktionen.
- Einheitliche Hilfsspannungsversorgung und Konzepte.
- Geringer Verdrahtungsaufwand durch serielle Datenübertragung

lage ganz erheblich. Der gegenseitige Vergleich von Streifenschreiberaufzeichnungen ist schwierig, da die einzelnen Aufzeichnungen nicht über ein gemeinsames Zeitnormal synchronisiert werden.

### Schutz

Die Schutzfunktionen innerhalb der Schaltanlage und der einzelnen Leitungsabgänge werden mit elektromechanischen oder statischen Schutzrelais ausgeführt. Für die elektromechanischen Schutzgeräte gelten die gleichen Überlegungen bezüglich Verschleiss und Standschäden wie bereits im Abschnitt «Steuerung» erwähnt. Statische Schutzrelais bestehen meist aus einer Mischung von Analog- und Digitaltechnik. Die analogen Elemente sind dabei für den algorithmischen Teil der Schutzfunktion (zum Beispiel die Impedanzmessung), die Digitalteile für den Logikteil (zum Beispiel Verknüpfungen von Funktionsresultaten und Zeitwerten) zuständig. Die statischen Schutzrelais verfügen gegenüber den elektromechanischen über wesentlich erweiterte Messkennlinien und gestatten so eine feinere Unterscheidung zwischen Last- und Fehlerfall in einem bestimmten Anlagenteil. Demgegenüber benötigen sie eine zusätzliche Hilfsspannungsversorgung und befinden sich damit nicht mehr auf der gleichen Autarkiestufe wie die elektromechanischen Schutzrelais, welche ihre Betriebsenergie direkt aus den Messgrößen Strom und Spannung beziehen.

### Charakterisierung der konventionellen Sekundärtechnik

Die gesamte Situation der konventionellen Sekundärtechnik kann zusammenfassend wie folgt charakterisiert werden:

- Jede Aufgabe wird mit Geräten unterschiedlichster Technik (elektromechanisch, statisch oder numerisch) erfüllt.
- Die einzelnen Geräte benötigen unterschiedliche Hilfsspannungen und Versorgungskonzepte.
- Es muss ein hoher Anpassungs- und Verdrahtungsaufwand für das Verbinden der Geräte untereinander und mit der Schaltanlage betrieben werden.

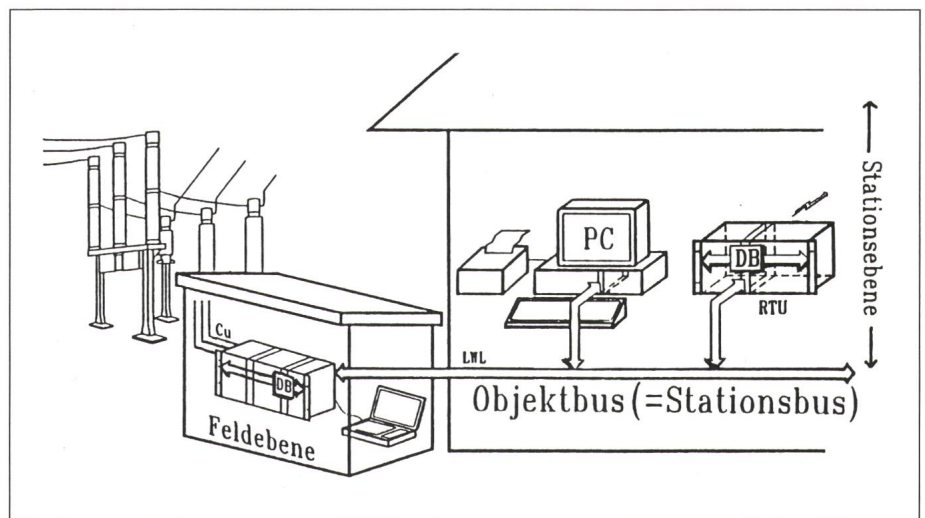


Bild 6 Geografie einer Anlage mit dezentraler Sekundärtechnik

	Pegel	Dynamikbereich	Ungenauigkeit	Frequenz (-bereich)
<b>Steuerungsgrößen</b>				
- Binäre Eingangssignale (von Stellungsmeldern)	0 od. $U_H$		0...1 kHz	
- Analoge Eingangssignale (von Wandlern)		0...2 $U_N$ 0...2 $I_N$	<2% <2%	0...1 $f_N$ 0...1 $f_N$
- Analoge Eingangssignale (von Gebern)		0...20 mA	<2%	0...2 $f_N$
- Binäre Ausgangssignale (zu Leistungsschaltern)	0 od. $U_H$			0...20 Hz
- Binäre Ausgangssignale (für Meldungen usw.)	0 od. $U_H$			0...20 Hz
- Analoge Ausgangssignale (für entfernte Anzeigen)		0...20 mA 0...10 V	<0,5%	0...1 Hz
<b>Messgrößen</b>				
- Analoge Eingangssignale (von Messwandlern)		0...2 $U_N$ 0...2 $I_N$	<0,1% <0,1%	0...2 $f_N$
- Analoge Eingangssignale (von Gebern)		0...20 mA	<1%	0...2 $f_N$
- Analoge Ausgangssignale (für entfernte Anzeigen)		0...20 mA 0...10 V	<0,5%	0...2 $f_N$
<b>Schutzgrößen</b>				
- Binäre Eingangssignale (von Stellungsmeldern)	0 od. $U_H$			0...1 kHz
- Analoge Eingangssignale (von Schutzwandlern)		0...2 $U_N$ 0...100 $I_N$	<0,5% <0,5%	0...2 $f_N$
- Analoge Eingangssignale (von Gebern)		0...20 mA	<1%	0...10 Hz
- Binäre Ausgangssignale (zu Leistungsschaltern)	0 od. $U_H$			0...20 Hz
- Binäre Ausgangssignale (für Meldungen usw.)	0 od. $U_H$			0...20 Hz

Bild 7 **Hauptsächliche Prozesssignale und ihre Eigenschaften**

- zwischen den verschiedenen Anlagekomponenten.
- Geringer Aufwand für die Echtzeitstempelung verschiedener Signale.
- Mehrfachausnutzung der Informationen aus der Schaltanlage.
- Fortlaufende Selbstdiagnose und Funktionskontrollen und damit geringer Aufwand für die periodische Prüfung von Teil- und Gesamtsystemen.
- Verwendung von Lichtwellenleitern im Prozessbereich und damit einfache Sicherstellung einer guten elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).
- Verwendung von Bildschirmen, Tastaturen und Grafiktablets zur Eingabe von Steuerbefehlen und Schutzparametern und zur Darstellung von Messresultaten und Anlagenzuständen.

**Hierarchiestufen der Sekundärtechnik in einer Schaltanlage**

Eine Schaltanlage lässt sich grob in die Bereiche Primär- und Sekundärteil gliedern (siehe auch Bild 2). Der Sekundärteil teilt sich wiederum in den Bereich der einzelnen Schaltfel-

der oder Abgänge, welcher mit den *Feldeinheiten* ausgerüstet wird, und den Bereich der Anlagen- oder Stationsebene, welcher mit dem *Stationsrechner* ausgerüstet wird, auf. Größere Anlagen mit verschiedenen Spannungsebenen können über eine dritte Hierarchiestufe verfügen, welche die *Anlagenrechner* der einzelnen Spannungsebenen unter dem eigentlichen Stationsrechner zusammenfasst. Die Bilder 3 und 4 zeigen diesen Sachverhalt. Für die Verbindungen zwischen den Feldeinheiten und den Anlage- oder Stationsrechnern werden hier bereits serielle Datenkanäle, sogenannte Feldbusse, eingesetzt. Die geografische Anordnung innerhalb der Schaltanlage kann den Bildern 5 und 6 entnommen werden.

**Charakterisierung der Prozesssignale**

Um mit einem möglichst universellen Baukastensystem für die Feldebene die Synergien der Teilfunktionen nutzen zu können, müssen vorerst die Signale von und zum Prozess (in unserem Falle ist «der Prozess» die Schaltanlage) charakterisiert und katalogisiert werden. Unter «Eingangs-

signalen» sind in der folgenden Aufstellung Signale vom Prozess in die Sekundärtechnik, unter «Ausgangssignalen» solche von der Sekundärtechnik zum Prozess zu verstehen; der Index  $N$  bezeichnet Nenngrößen, der Index  $H$  bezeichnet die Hilfsspannung. Die *hauptsächlichen Signale*, welche zu verarbeiten sind, sind in Bild 7 dargestellt. Die Analyse dieser Signaltabelle zeigt bereits nutzbare Gemeinsamkeiten bei der Erfassung und Ausgabe der einzelnen Größen auf.

**Universelles Baukastensystem für die Feldebene**

Die im letzten Kapitel erwähnten Charakteristika der koordinierten Schutz- und Leittechnik sollen im folgenden betreffend ihrer Realisierung näher erläutert werden. Die Erklärungen beschränken sich hierbei auf die Feldebene. In den Feldeinheiten werden insbesondere diejenigen Systemfunktionen verwirklicht, die im wesentlichen nur Informationen aus dem zugeordneten Schaltfeld benötigen und bei denen kurze Wirkungskreise von Vorteil sind. Beispiele dafür sind die bereits in Bild 2 dargestellten Funktionen.

**Hardware**

In Bild 7 wurden die zu verarbeitenden Signale von und zum Prozess aufgelistet. Ziel bei der Entwicklung eines Baukastensystems für die Feldebene ist die Abdeckung aller notwendigen Funktionen mit einem Minimum verschiedenartiger Hardware-Baugruppen. Dies ermöglicht herstellerseitig eine kostengünstige Fertigung, Prüfung, Dokumentation und Inbetriebsetzung der Hardware und anwenderseitig eine vereinfachte Ausbildung und Ersatzteilhaltung. Die einzelnen Baugruppen des Baukastensystems sind bei der heute zur Verfügung stehenden Technologie als Steckkarten für möglichst universelle Elektronik-Baugruppenträger ausgeführt. Aufgabe der Baugruppenträger (= Gehäuse) ist einerseits die mechanische Halterung der einzelnen Steckkarten und andererseits deren elektrische Verbindung untereinander, zum Beispiel mit Hilfe eines standardisierten Parallelbusses (VME-Bus, Multibus, Futurebus usw.). Der Baugruppenträger erfüllt auch eine wichtige Funktion bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) des Baukastensystems. Die Signallisten

zeigen auf, dass auf der Ein-/Ausgabe-seite zum Prozess sowohl analoge und binäre Signale erfasst, als auch analoge und binäre Signale ausgegeben werden müssen. Zwischen der Erfassung und der Ausgabe von Signalen steht die eigentliche Verarbeitung. Analoge Signale müssen für die Verarbeitung mittels Prozessrechnern zunächst noch Analog/Digital (A/D) gewandelt und für eine eventuelle Ausgabe nach der Verarbeitung wieder Digital/Analog (D/A) gewandelt werden. Damit sind bereits die sechs Grundbausteine des Hardware-Baukastens definierbar, nämlich:

- Baugruppenträger mit aktiver oder passiver Busverbindung
- Steckkarten mit Binäreingängen
- Steckkarten mit Analogeingängen und A/D-Wandlern
- Steckkarten mit Verarbeitern (= Prozessrechnern)
- Steckkarten mit Binärausgängen
- Steckkarten mit D/A-Wandlern und Analogausgängen.

Zusätzlich sind für den Betrieb noch folgende weitere Grundbausteine vonnöten:

- Speisegeräte (DC/DC-Wandler) für die Hilfsspannungsversorgung
- Steckkarten für die Ankopplung an die nächsthöhere Hierarchieebene (= Kommunikationsrechner)
- Bausteine für die interaktive Bedienung der Funktionen auf der Feldebene (MMK, Mensch-Maschine-Kommunikation).

Die heute verfügbaren Elektronikkomponenten erlauben den Aufbau solch universeller Grundbausteine mit vertretbarem Aufwand. Die Praxis zeigt, dass es sich aus Kostengründen lohnt, die Grundbausteine trotzdem noch etwas weiter aufzuteilen. Bei den Analogeingängen wird zum Beispiel unterschieden zwischen jenen, welche für höchste Messgenauigkeit (Messung) oder grösste Dynamik (Schutz) optimiert sind. Binäreingänge können je nach Anwendungsfall mittels elektromechanischer Kontakte oder Optokopplern bestückt sein. Bei den Binärausgängen betrifft die Unterscheidung jene mit starken (für Auslösesignale) oder schwachen (für Meldesignale) elektromechanischen Kontakten oder auch solchen mit statischen Hochstromkontakten für schnellste Leistungsschalter-Auslösekommandos. Analogausgänge können je nach Anwendungsfall galvanisch getrennt (für Fernanzeigen) oder galvanisch gebunden sein (für Messinstrumente innerhalb der Baugruppenträger). Verarbeiter werden nach ihrer Rechenleistung unterschieden. Schutzalgorithmen benötigen zum Beispiel eine ungleich höhere Rechenleistung als reine Messfunktionen; näheres dazu im nachfolgenden Abschnitt. Die Speisegeräte schliesslich werden je nach gefordertem Eingangsspannungsbereich in zwei bis drei Kategorien aufgeteilt. Trotz dieser zusätzlichen Unterteilung ist die Definition eines kompletten Baukastensystems für Steuerung, Messung

und Schutz auf der Feldebene mit insgesamt weniger als zwanzig verschiedenen Komponenten möglich. Diese bilden die Grundlage für eine konsequente Ausnutzung der Signal- und Funktionssynergien auf der Feldebene. Bild 8 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines solchen Hardware-Baukastens.

### Software

Die oben dargestellten Elemente des Hardware-Baukastens verfügen noch über keine eigentliche Funktionalität im Sinne der Aufgaben der koordinierten Schutz- und Leittechnik in Schaltanlagen. Dies steht im Gegensatz zur konventionellen Sekundärtechnik, wo jede einzelne Hardwarekomponente bereits die ihr zugewiesene Einzelfunktion erfüllt. Parallel zum Hardware-Baukasten muss nun ein entsprechender Software-Baukasten definiert werden, aus welchem später ablauffähige Programme gebildet und auf der Hardware, insbesondere den Verarbeitern, implementiert werden können. Bei identischem Hardwareaufbau ist die eigentliche Funktion jeder einzelnen Feldeinheit damit durch die aus dem Software-Gesamtbaukasten ausgewählten und implementierten oder aktivierten Softwaremodule gegeben. Bevor auf die Vorteile dieses Systems weiter eingegangen wird, soll kurz untersucht werden, welche Softwaregrundmodule und -werkzeuge sich für Steuerung, Messung und Schutz aufdrängen:

*Steuerung:* Steuerfunktionen bestehen zu wesentlichen Teilen aus Logikfunktionen und Zeitgebern. Die analogen Funktionen sind hier von eher untergeordneter Bedeutung. Für die Implementation von Steuerfunktionen bietet sich die sogenannte *Funktionsplanprogrammierung (FUP)* als Lösungsmittel an. Dieses Softwarewerkzeug erlaubt die Definition aller Steuerfunktionen direkt als Logikschaltbild, wie der Anwender dies von der konventionellen Technik her kennt. Die Programmierung der anwendungsspezifischen Steuer-Gesamtfunktion geschieht mittels eines Computers offline durch Zusammenfügen von einzelnen Logikschaltkreisen auf dem grafikfähigen Bildschirm, Zuordnung von Ein- und Ausgängen, automatisierter Dokumentation der Gesamtschaltung und anschliessendem automatischem Übersetzen (compilieren) in den sogenannten Maschinen-

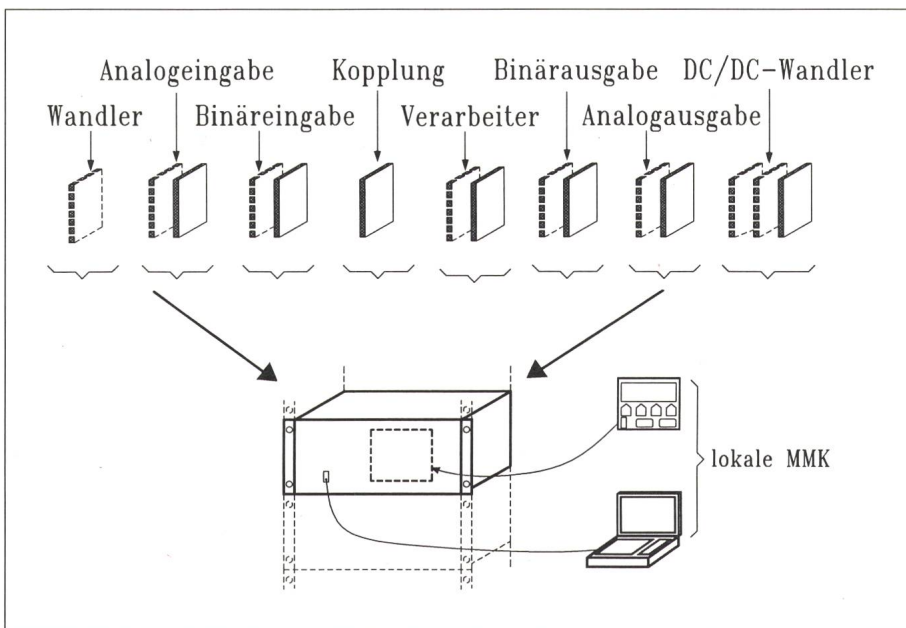


Bild 8 Universeller Hardware-Baukasten

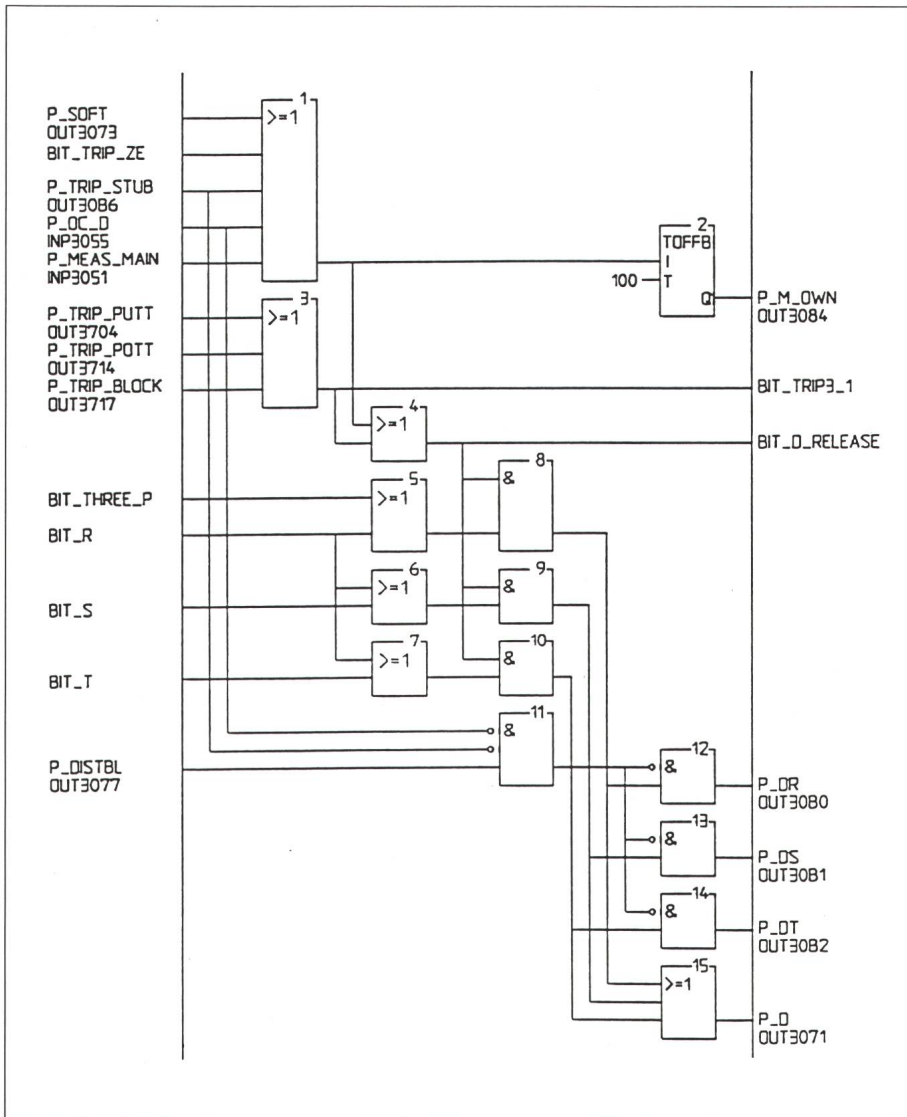


Bild 9 Logikprogrammierung mittels Funktionsplanwerkzeug

code, welcher vom Verarbeitungsgerät, auf dem später das Steuerprogramm ablaufen soll, verstanden wird. Das fertige Steuermodul kann anschliessend vom externen Computer auf alle Verarbeitungsgeräte in der Schaltanlage, welche dieses Steuermodul benötigen, «heruntergeladen» werden. Diese Werkzeuge sind derart bedienungsfreundlich, dass der Schaltanlagenbetreuer selber seine Steuerprogramme entwerfen, compilieren und implementieren kann. Dies erleichtert nachträgliche Anpassungen bei einem Weiterausbau der Schaltanlage ganz erheblich. Bild 9 zeigt einen von einem FUP-Werkzeug dokumentierten Ausschnitt aus einem Steuerprogramm. Steuerfunktionen stellen hohe Anforderungen an die Rechenleistung der Verarbeiter und höchste Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit der Programmierwerkzeuge.

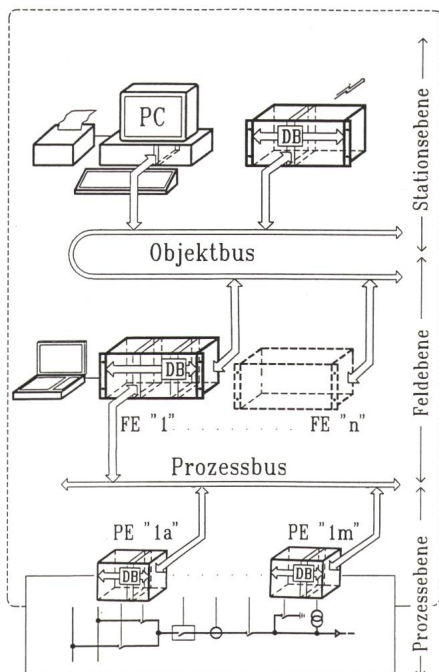
**Messung:** Messfunktionen bestehen vorwiegend aus der Erfassung, Vorverarbeitung und lokalen Zwischenspeicherung analoger Signale. Für die Registrierung und Protokollierung sind Funktionen zur Echtzeitstempelung der abzuspeichernden Messwerte in der Feldeinheit vorzusehen. Die Vorverarbeitung beinhaltet alles, was den Aufwand für die anschliessende Speicherung minimiert. Dies bedeutet, dass sämtliche Redundanzen aus den Messsignalen zu entfernen sind, Verfahren für die Dynamikkompensation angewendet werden und kombinierte Messresultate (zum Beispiel Leistungsmittelwerte) nur bei Bedarf berechnet werden. Damit unterscheiden sich die Messfunktionen von den Schutzfunktionen, welche zwar auf die gleichen analogen Signale zugreifen, aber ständig und zeitgerecht neu berechnet werden müssen. Für die Kombination einzelner skalarer Mess-

funktionen zu vektoriellen Grössen sind ebenfalls Softwarewerkzeuge auf Funktionsplanbasis in Gebrauch. Anstelle der oben erwähnten Logik-Grundfunktionen kann der Anwender hier mit mathematischen Operatoren programmieren und die analogen Eingangssignale entsprechend seinen Bedürfnissen verknüpfen und auf analoge Ausgänge führen. Innerhalb eines hierarchischen Systems für die Sekundärtechnik können diese erweiterten Messfunktionen entweder in den Feldeinheiten oder aber auch im Anlagenrechner implementiert werden. Im letzteren Fall sind die Resultate allerdings auf der Feldebene nicht mehr verfügbar, sondern erst auf der Anlagenebene. Messfunktionen stellen nur mittlere Anforderungen an die Rechenleistung der Verarbeiter, aber höchste Anforderungen an die Speichertiefe innerhalb der Feldeinheiten.

**Schutz:** Schutzfunktionen bestehen aus der Erfassung analoger Signale, deren skalarer oder vektorieller Verrechnung und daraus abgeleiteter binärer Zwischenresultate (zum Beispiel Leitungsimpedanz «kleiner als vorgeählter Wert»). Die Zwischenresultate werden anschliessend in aufwendigen Logikmodulen zu den binären Endresultaten (zum Beispiel «Leitung ausschalten») weiterverarbeitet. Schutzfunktionen haben Echtzeitcharakter und stellen darum die höchsten Anforderungen an die Rechenleistung der Verarbeiter. Sie vereinen in sich die Forderungen, welche an Steuer- und Messmodule gestellt werden. Die Technologie ist hier noch nicht so weit, dass sinnvolle Funktionsplanwerkzeuge angeboten werden können. Die Programmierung von Schutzfunktionen bleibt weiterhin Spezialisten vorbehalten. Mit steigender Rechenleistung der Verarbeiter in den Feldeinheiten erhöhen sich meist gleichzeitig auch die Forderungen an die Schutzfunktionen. Schutzmodule werden deshalb als Ganzes in den einzelnen Feldeinheiten implementiert und können nicht auf einfache Weise umprogrammiert werden. Die Anpassung an neue Betriebszustände muss sich auf die Parametrierung der Schutzfunktionen beschränken.

**Kommunikation, MMK und Diagnose:** Um die Feldeinheiten in das hierarchische System einer modernen Sekundärtechnik eingliedern zu können, sind weitere Softwaremodule vonnöten. Spezielle Verarbeiter, sogenannte Kommunikationsrechner, beinhalten Programme, welche die

Feldeinheiten zur Kommunikation über einen seriellen Feldbus mit der nächsthöheren Systemebene befähigen. Die Kommunikationssoftware *verwaltet die lokale Datenbank* in den Feldeinheiten und stellt sicher, dass im ganzen System die *Datenkonsistenz* gesichert ist. Diese Aspekte sind dort äusserst wichtig, wo die Systemtopologie direkten Einfluss auf die Sicherheit der Primäranlage hat, zum Beispiel bei der schaltanlagenweiten Verriegelungsfunktion oder der Sammelschienenschutzfunktion. Die MMK-Softwaremodule können, ähnlich wie die erweiterten Messfunktionen, gleichermaßen in den Feldeinheiten als auch im Anlagenrechner implementiert werden.



**Bild 10 Auslagerung der Datenerfassung in die Primärteile der Anlage**

Es wird angestrebt, dem Anwender auf den Bildschirmen in der Warte *das gleiche Bild* darzustellen, wie es dem Schutz- oder Leittechnikinbetriebsetzer auf dem tragbaren PC an der Feldeinheit präsentiert wird. Dies reduziert den Schulungsaufwand des Anlagenpersonals beträchtlich und fördert eine einheitliche Denkweise. Softwaremodule für die *ständige Selbstdiagnose* werden von allen Verarbeitern «im Hintergrund» abgearbeitet. Die Nutz-Rechen-Leistung der Verarbeiter wird damit zwar geringfügig reduziert, jedoch erniedrigt sich die mittlere Zeit für die Erkennung eines fehlerbehafteten Systemteils gegenüber einer periodischen Überprüfung mittels Einspeisung externer Signale beträchtlich. Die Verfügbarkeit der Gesamtanlage wird dadurch erhöht.

Durch diese konsequente Modularisierung von Hard- und Software eröffnet sich ein weites Feld für die verschiedenartigsten Kombinationen von Funktionen innerhalb einer einzelnen Feldeinheit. Oder – unter einem anderen Blickwinkel betrachtet – die Verteilung gleicher oder verschiedener Softwarefunktionen auf verschiedene, aber gleich aufgebaute Hardwarebaugruppen gestattet völlig neuartige und leicht zu realisierende Redundanzkonzepte. Dies gilt für das einzelne Schaltfeld genauso wie für die gesamte Schaltanlage.

### Ausblick in die Zukunft Auslagerung von Teilfunktionen in die Prozessebene

Ein nächster Schritt in der Modularisierung der Sekundärtechnik besteht in der Auslagerung der Datenakquisi-

tionselemente zum Prozess. Ein Teil der Elektronik wird also direkt in die primären Anlagenteile (Schalter, Wandler usw.) implementiert. Damit entfällt die Verdrahtung zwischen den Primärelementen und den Feldeinheiten; sie wird durch einen *Prozessbus auf Lichtwellenleiterbasis* ersetzt. Je nach Intelligenz dieser Vor-Ort-Elektronik können einzelne der oben erwähnten Softwaremodule in dieser zusätzlichen Prozessebene implementiert werden. Bild 10 zeigt diese Erweiterung gegenüber den Bildern 3 und 4.

### Anbindung der Netzleittechnik

Die RTUs (Remote Terminal Units, Fernwirkunterstationen) der Netzleittechnik, welche bisher parallel zu lokalen Schutz-, Steuer- und Messeinrichtungen in die Feldebene eingriffen, sind nicht mehr notwendig. Die Anbindung der Netzleittechnik geschieht direkt an den Anlagen- oder Stationsrechner oder an den Stationsbus. Softwaremodule, welche für Anlagen- und Stationsrechner konzipiert wurden, sind auch auf den abgesetzten Rechnern der Netzleittechnik lauffähig. Damit ergibt sich insbesondere bei der MMK ein einheitliches Darstellungsformat auf allen Hierarchiestufen.

### Literatur

- [1] ABB Taschenbuch «Schaltanlagen». 8. Auflage. Herausgegeben von: ABB Mannheim/Deutschland. Cornelsen Verlag Schwann-Girardet, Düsseldorf/Deutschland.

### Anmerkung:

Dieser Aufsatz ist die überarbeitete Fassung eines Vortrages, gehalten an der ETG-Tagung vom 7. Mai 1992 in Baden.



Für alle Netzarten

- isoliert
- gelöscht
- impedanzgeerdet

Modernste digitale Relais mit hoher Richtungsempfindlichkeit und einstellbarem charakteristischen Winkel (0 bis  $\pm 180^\circ$ ), zusammen mit den erprobten Kabelumbauwandlern:

das technisch und wirtschaftlich optimale System für gerichtete Erdschlusserfassung.



# Erdschluss- schutz RMSD 7912

# PFIFFNER

Aktiengesellschaft Emil Pfiffner & Co.  
5042 Hirschthal

Tel. 064 80 11 80 Fax 064 81 12 52

Suisse Romande, Sotero SA, 1114 Colombier, Tel. 021/869 81 81



## Wenn die Sicherheit nicht mehr Zufall ist.

Als Lieferant hochwertiger Einzelkomponenten oder ganzen audiovisueller Sicherheits-Systeme planen, realisieren oder ergänzen wir Ihre bestehende Anlage. Ebenso professionell übernehmen wir auch die Wartung.

## Schibli-vision

Industrial-Video-Systems  
Broadcast-Systems

Oberfeldstrasse 12c, CH-8302 Kloten  
Tel. 01/813 16 16, Telefax 01/813 66 51