

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

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

**Band:** 69 (1978)

**Heft:** 22: Sondernummer Elektrotechnik 1978 = Edition spéciale Electrotechnique 1978

**Artikel:** Automatisierung von Unterwerken mit Prozessrechnern

**Autor:** Haiböck, J. / Lerch, H.W.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-914952>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 04.05.2026

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

# Automatisierung von Unterwerken mit Prozessrechnern

Von J. Haiböck und H.W. Lerch

621.311.4.:681.323;

## 1. Einleitung

Die rasche Entwicklung der Automatisierung von Unterwerken hat einige wesentliche Ursachen. Einerseits lässt sich die Betriebssicherheit kaum mehr durch beliebige Bereitstellung von Energiereserven oder mittels Überdimensionierung der Übertragungsanlagen erhöhen. Andererseits eröffnet die rasche Entwicklung von Elektronikkomponenten, insbesondere im Bereich der Mikrorechner, zunehmend neue und wirtschaftliche Lösungsmöglichkeiten.

Der Aufbau eines Konzeptes für die Gesamtautomatisierung eines Verteilnetzes folgt grundsätzlich dem hierarchischen Aufbau des Netzes (Fig. 1). Ob die Führungsaufgabe dabei weitgehend zentralisiert, das heißt einer übergeordneten Leitstelle zugewiesen wird oder ob eine möglichst hohe Dezentralisierung unter Schaffung einer ausgeprägten Autonomie der einzelnen Unterwerke angestrebt wird, ist eine Frage des Netzaufbaues, der spezifischen Forderungen an die Automatisierung und des Investitionsrhythmus.

Die folgenden Ausführungen sollen eine Übersicht über die Möglichkeiten der *dezentralisierten* Automatisierung von Unterwerken geben. Die Entwicklung im Bereich der Mikrorechner verläuft derzeit extrem rasch. Die volle Nutzung dieser Technologie weist auf eine möglichst dezentrale Automatisierung hin. Diese ermöglicht ein schrittweises Vorgehen, indem zuerst einzelne Unterwerke automatisiert werden und erst im Laufe der Zeit Querverbindungen oder übergeordnete Zentralen erstellt werden. Die Entlastung der Datenübertragungssysteme sowie die Raschheit von Gegenmassnahmen auf lokaler Ebene im Störfall sind weitere positive Aspekte. Zudem ist kein hochspezialisiertes Bedienungs- und Wartungspersonal erforderlich. Der Einsatz geschieht vorzugsweise in Sternnetzen auf der Verteilebene, ist jedoch nicht darauf beschränkt.

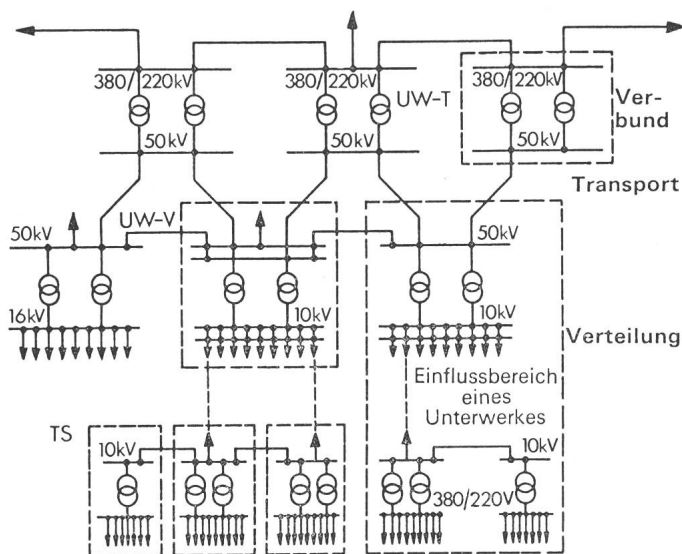


Fig. 1 Die Hierarchie des Energienetzes

UW-T Umspannwerke für Transportnetze  
UW-V Umspannwerke für Verteilnetze  
TS Transformatorstationen

## 2. Aufgaben der Unterwerksautomatisierung

Eine Unterwerksautomatisierung kann sich auf vier Hauptaktivitäten erstrecken: automatisches Protokollieren, automatische Schaltsequenzen, Ergänzung von Schutzeinrichtungen sowie Vorverarbeitung von Daten. Auf die Möglichkeiten und die Wirkungsweise der Sequenzautomatik soll im folgenden speziell eingegangen werden.

### 2.1 Automatische Schaltsequenzen

Unter Schaltsequenz versteht man eine folgerichtige stufenweise Änderung des Anlagenzustandes von einem Betriebszustand in einen anderen unter Berücksichtigung der Verriegelungsbedingungen infolge Betätigung der Schaltgeräte. Die Auslösung einer Schaltsequenz kann manuell oder automatisch, beispielsweise auf Grund einer Störung in einem Leistungstransformator, erfolgen. Daneben müssen auch Einzelschaltbefehle möglich sein. Neben der Hauptaufgabe der Schaltsequenz – Vermeidung oder Minimalisierung von Betriebsunterbrüchen – ist damit gegeben, dass automatische Schaltsequenzen Priorität gegenüber manuell ausgelösten Sequenzen zugeordnet erhalten. Mögliche automatische Schaltsequenzen sind:

- Ersetzen von defekten Transformatoren
- Zuschaltung von Reservetransformatoren bei Überbelastung
- Abschaltung von Transformatoren bei Unterbelastung
- Isolieren von erdschlussbehafteten Leitungen
- Zurückschaltung von «isolierten» Leitungen zum Normalbetrieb
- Wiedereinschaltung von Anspeisungen bei Spannungsrückkehr
- Lastabwurfprogramme (Last – Frequenz – Kontrolle)
- Zurückschaltung von Verbrauchern nach vorausgegangenem Lastabwurf
- Sammelschienenwechsel von Leitungen und Transformatoren
- Folgerichtiges Schalten in Trenner – Schalter – Anlagen

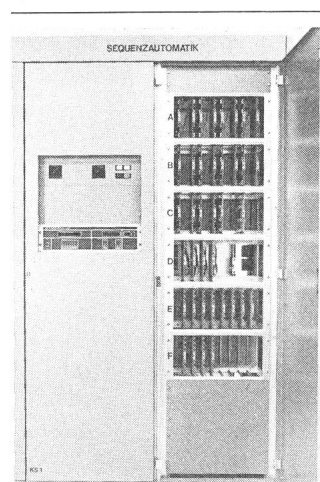


Fig. 2  
Sequenzautomatik eingebaut  
in Schrank

Die Aufzählung zeigt, dass die Sequenzautomatik im allgemeinen eine Ergänzung der Schaltsteuerung und nicht deren Ersatz bedeutet (Fig. 2).

Die Schaltbedingungen der Anlage (Betriebsvorschriften) bilden die Grundlage der Struktur der Schaltsequenzen. Bei

Ablauf einer Schaltsequenz werden sie in Beziehung zum augenblicklichen Anlagezustand gesetzt. Die Sequenzautomatik trifft die notwendigen logischen Entscheidungen und führt die entsprechenden Schalthandlungen aus. Ein fehlerfreies Abbild des momentanen Anlagenzustandes in der Sequenzautomatik ist deshalb eine Voraussetzung für dieses Verfahren, was z. B. durch Doppelmeldungen aller Gerätestellungen der Anlage gesichert wird. Eine Eigenfunktionskontrolle (watch-dog) überwacht ferner den richtigen Ablauf jeder Sequenz und trennt die Sequenzautomatik bei Versagen von der Anlage.

Vom Standpunkt der Steuerbefehle aus ist die Sequenzautomatik parallel mit der Handsteuerung geschaltet. Ein Betriebswahlschalter ordnet die Steuerungsart eindeutig zu. Die Handsteuerung wird vorwiegend zur Einwirkung auf das einzelne Schaltfeld ausgelegt, währenddem sich die Sequenzautomatik mit der Gesamtanlage befasst.

Kontrollsequenzen überprüfen in festgelegten Zeitintervallen die Funktionstüchtigkeit der Automatik und sichern ein rechtzeitiges Abschalten derselben im Störfalle. Vorteilhafterweise wird in die Funktionskontrolle auch die Software einbezogen, um die Überwachung der Sequenzautomatik als Gesamtsystem (Hard- und Software) sicherzustellen. Laufend kontrolliert wird insbesondere die Antivalenz aller Doppelmeldungen, unabhängig von Einzelschaltungen und Schaltsequenzen. Antivalenzfehler blockieren Einschaltungen, lassen jedoch in beschränktem Masse Ausschaltungen zu.

Diese kurze Zusammenstellung der wichtigsten Eigenschaften automatischer Schaltsequenzsysteme zeigt einige grundsätzliche Möglichkeiten auf. Eine Anpassung an die spezifischen Bedingungen jedes Unterwerkes ist dank der Dezentralisierung einfach möglich.

## 2.2 Automatische Ereignisprotokollierung

Die automatische Ereignisprotokollierung stellt gewissermassen die Minimalstufe der Unterwerksautomatisierung dar; sie kann im Extremfalle für sich allein bestehen. Sie leistet insbesondere bei der Suche nach Störungsursachen zufolge des hohen zeitlichen Auflösungsvermögens und der Zeitfolgerichtigkeit wesentliche Hilfe. Das ausgedruckte Protokoll gibt Auskunft über Schalthandlungen (Schalter, Trenner, Sequen-

| Datum     | Grobzeit | Feinzeit  | Alarmnummer                     | Klartext          |
|-----------|----------|-----------|---------------------------------|-------------------|
| 27/02/75  | 12:15H   | SEITE 003 | PROTOKOLLIERGERAET SESPRINT 710 |                   |
| 27/02/75  | 13H      |           |                                 |                   |
| 27/02/75  | 14H      |           |                                 |                   |
| 12M05.195 | 413      | 1         | DRUCKLUFT ANLAGE                | THERMO AUSLOESUNG |
| 12M05.375 | 469      | 1         | GLEICHSTROM NETZ                | ERDSCHLUSS        |
| 12M05.595 | 470      | 1         | GLEICHSTROM NETZ                | SPANNUNG MINIMUM  |
| 19M11.225 | 469      | 0         | GLEICHSTROM NETZ                | ERDSCHLUSS        |
| 19M52.095 | 470      | 0         | GLEICHSTROM NETZ                | SPANNUNG MINIMUM  |
| 27/02/75  | 15H      |           |                                 |                   |
| 57M10.135 | 015      | 1         | KUEHLWASSER PUMPE               | 1 STOERUNG        |
| 27/02/75  | 16H      |           |                                 |                   |
| 05M19.525 | 116      | 1         | SPRUENANLAGEDRUCK               | MINIMAL           |
| 28M01.135 | 015      | 0         | KUEHLWASSER PUMPE               | 1 STOERUNG        |
| 27/02/75  | 17H      |           |                                 |                   |

Fig. 3 Beispiel eines Protokollausdrucks mit Datum, Grobzeit, Feinzeit, Alarmnummer und Klartext

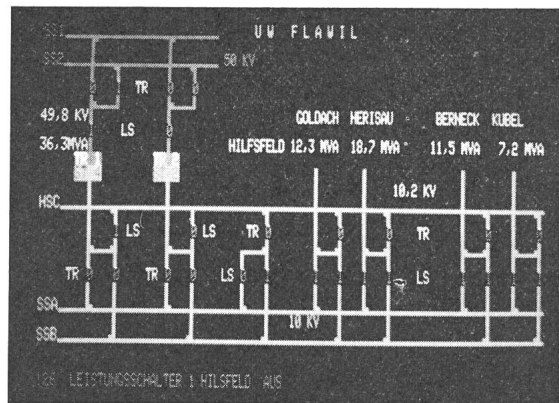


Fig. 4 Einpolige Darstellung eines Unterwerkschemas, mit eingeblendeten Messwerten und aktuellen Schalterstellungen. Die verschiedenen Spannungsebenen sind verschiedenfarbig dargestellt. Alarme werden in das Bild eingeblendet

zen), Störungen, Messwerte, Zählerstände. Die Auswahl der Peripheriegeräte (Schreibmaschinen, Matrix- und Zeilendrucker, Sichtgeräte) richtet sich nach dem Informationsbedürfnis (Fig. 3).

## 2.3 Zustandsdarstellung auf Sichtgerät

Unter der Kontrolle eines Prozessrechners erlaubt ein Farbfernsehmonitor die dynamische Darstellung des Anlagenzustandes mit grosser Wirksamkeit und Flexibilität. Die Bilder können den Bedürfnissen des Anwenders angepasst werden. Der Operateur erhält einen überblickbaren Teil der nach Wichtigkeitsgrad sortierten Gesamtinformation und wird dadurch weniger belastet. Durch gezielte Datenverdichtung wird ein Beitrag zu der sehr wünschenswerten Datenreduktion geleistet (Fig. 4).

Die Steuerung des Sichtgerätes mit einem Mikroprozessor führt zu sehr kompakter Software, auch ohne Massenspeicher, und erlaubt dem Anwender, seine Bilder auf einfache Art selber zu definieren.

## 3. Das automatisierte Unterwerk im Gesamtsystem

Die bisherigen Ausführungen beschränken sich auf die Automatisierung von einzelnen Unterwerken. Die starke Verknüpfung und Vermaschung der Netze lassen eine zentrale Information oder Einflussnahme oft als nützlich oder notwendig erscheinen. Zu diesem Zweck müssen alle wichtigen Informationen über den aktuellen Betriebszustand der einzelnen Unterwerke einer oder mehrerer Zentralen übermittelt und auf Übersichtsschaltbildern oder Bildsichtgeräten dargestellt werden.

Die Lösung dieser Aufgabe wird durch die möglichst autonome Ausbildung der Automatisierung im einzelnen Unterwerk wesentlich vereinfacht.

Um die Übersichtlichkeit, die Sicherheit und die Zuverlässigkeit der diversen Lösungen auch bei fortschreitendem Netzausbau und damit komplexer werdenden Aufgaben auf einem wünschbaren Niveau zu halten, kommt der Modularität sowohl der Hardware als auch der Software und der Struktur des Gesamtsystems grosse Bedeutung zu. Dabei werden die verschiedenartigen Aufgaben des Gesamtsystems in einzelne autonome Subsysteme aufgeteilt, welche nach Bedarf in jeder Stufe der hierarchischen Organisation untereinander kombi-

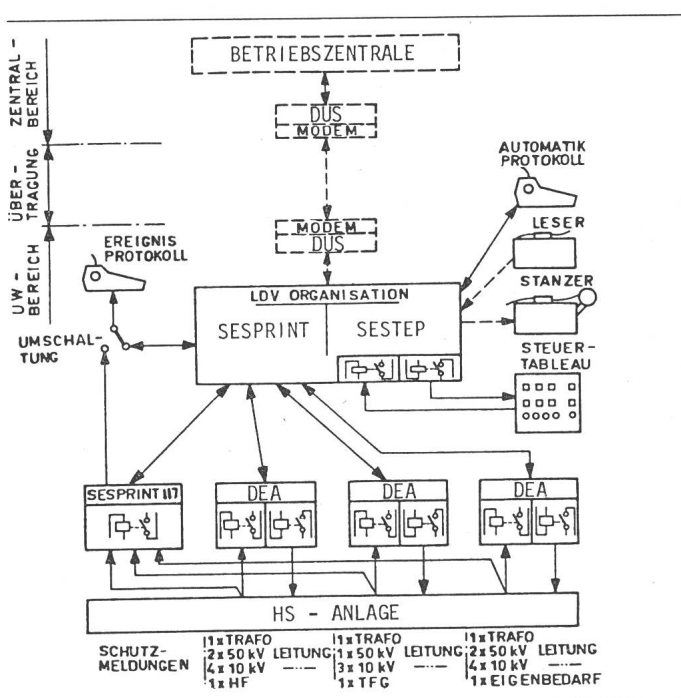


Fig. 5 Blockschema einer typischen Unterwerksautomatisierung mit Protokollierung und Sequenzsteuerung  
Ein zweites Kleinstprotokolliersystem (SESPRINT 117) dient als Redundanz

niert werden können. Die Selbständigkeit jedes Moduls erlaubt eine übersichtliche Dezentralisierung und flexible Lösungen von individuellen Problemen.

Die allgemeine Aufgabe eines Leitsystems besteht in der Erfassung und Ausgabe von Daten der Anlage, in deren Verarbeitung, im Austausch von Informationen mit dem Menschen und, weil das letztere auch räumlich getrennt erfolgen kann, in deren Übertragung auf kleinen bis grossen Distanzen. Dementsprechend entstehen im Konzept eines modularen Automatisierungssystems drei funktionell trennbare Einheiten (Fig. 5):

1. Der Daten-Ein- und -Ausgabe-Modul (DEA) übernimmt den Austausch von Daten zwischen der zu führenden Anlage (inbegriffen konventionelle Blindschaltbilder und Steuerpulte) und dem Leitsystem. Er führt Routineaufgaben wie periodisches Abfragen und Ansteuerung der Interface-Einheiten, Glaubwürdigkeitsprüfungen und einfache Aufgaben wie Messwertüberwachung, Summierung von Zählimpulsen, Antivalenzkontrolle usw. selbständig aus.

2. Der Daten-Übertragungs- und -Sicherungsmodul (DUS) bewirkt den zuverlässigen und anwendungsunabhängigen Austausch über grössere Distanzen von Daten und Befehlen im

Telegrammformat. Er organisiert die Übermittlung der Telegramme, schützt gegen Datenverlust, prüft deren Inhalt gegen Datenverfälschung und sorgt für periodische Kontrollen der Leitung.

3. Der Modul der lokalen Datenverarbeitung (LDV) beinhaltet Programme variablen Umfanges für die örtliche, in den zwei anderen Modulen nicht enthaltene Verarbeitung der Daten und Informationen. In einfachen Systemen mit Einzelbefehlsteuerung beschränken sich solche Aufgaben auf Vorverarbeitung und Informationsverdichtung. Der LDV-Modul kann aber auch zur Sammelbefehlsteuerung und weiter bis zur Sequenzaufrufsteuerung ausgebaut werden.

Der Einsatz eines LDV-Moduls in der unteren Ebene ist auch bei übergeordneten Leitstellen vorteilhaft, denn er ermöglicht eine bessere Anpassung des Automatisierungsgrades an die lokalen Bedürfnisse.

#### 4. Zusammenfassung

Durch Automatisierung von Unterwerken mit Prozessrechnern lässt sich die Sicherheit der Energieversorgung beachtlich steigern. Die aktive Sicherheit des Leitsystems kann durch ständig ablaufende Testsequenzen, welche Rechnerfunktionen, Eingabe- und Ausgabeeinheiten überprüfen, sichergestellt werden. Beim Einsatz moderner Bausteine und Einbau umfassender Sicherheiten lassen sich mit vertretbarem Aufwand hohe Verfügbarkeiten der Automatiksysteme erreichen. Die MTBF (Mean Time between Failure) derartiger Systeme liegt heute bei 12...15 Monaten. Fehlschaltungen im Störfall werden ihrerseits durch eine Reihe von Sicherheitsmassnahmen verhindert.

Die Kosten der dezentralisierten Unterwerksautomatisierung betragen etwa 5% der Kosten einer konventionellen Gesamtanlage.

Die Automatisierung bringt im Unterwerksbetrieb wesentliche Fortschritte insbesondere durch

- rasche Störungsbehebung,
- Vermeidung von Unterbrüchen durch Bedienungsfehler,
- exakte Störungsabklärung durch vollständige und zeitgerechte Protokollierung,
- Schaffung der Möglichkeit der Ferninformation und Fernsteuerung.

Die Zusammenfassung mehrerer Unterwerke unter eine zentrale Leitstelle wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen, wobei jedoch die weitgehende Dezentralisierung der «Intelligenz» in vielen Fällen grosse Vorteile bietet.

#### Adresse der Autoren

J. Haiböck und H. W. Lerch, Sprecher & Schuh AG, 5001 Aarau.