

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	79 (1988)
<b>Heft:</b>	19
<b>Artikel:</b>	Metallgekapselte, SF6-isolierte Mittelspannungsanlage mit Vakuumleistungsschaltern und integrierter Leittechnik
<b>Autor:</b>	Bachmann, B. / Miotti, B. / Schlatter, A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-904088">https://doi.org/10.5169/seals-904088</a>

### **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:** 30.01.2026

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

# **Metallgekapselte, SF<sub>6</sub>-isierte Mittelspannungsanlage mit Vakuumleistungsschaltern und integrierter Leittechnik**

B. Bachmann, B. Miotti, A. Schlatter, H.R. Wüthrich

**Fabrikfertige, metallgekapselte Mittelspannungsanlagen mit Luftisolation sind heute noch vorherrschend. Neue Marktbedürfnisse wie Reduktion des Raumbedarfs, längere Wartungsintervalle und Einsatz unter erschwerten Umweltbedingungen sind vorhanden. Basierend auf den guten Erfahrungen mit SF<sub>6</sub>-Hochspannungsanlagen bieten sich im Mittelspannungsgebiet ebenfalls SF<sub>6</sub>-Anlagen an, die mit unterhaltsfreien Vakuumsschaltern ausgerüstet sind. Es wird ein derartiges Anlagenkonzept vorgestellt.**

**Les installations de moyenne tension à blindage métallique isolées par de l'air et fabriquées et montées en usine demeurent les plus usuelles. Toutefois, de nouvelles exigences apparaissent: réduction de l'encombrement, intervalles de service plus longs, utilisation dans de plus sévères conditions d'environnement. Vu les bonnes expériences faites avec les installations blindées SF<sub>6</sub> à haute tension, on offre également des installations SF<sub>6</sub> à moyenne tension, équipées de disjoncteurs à vide ne nécessitant pas d'entretien. Une telle installation est présentée.**

## **Adresse der Autoren**

Dr. B. Bachmann, B. Miotti, A. Schlatter, H.R. Wüthrich, Mittelspannungsanlagen Suhr, Sprecher Energie AG, 5034 Suhr.

## **1. Anforderungen an Mittelspannungsschaltanlagen**

An Mittelspannungsschaltanlagen werden zur sicheren Versorgung der Verbraucher mit elektrischer Energie verschiedenartige Ansprüche gestellt. Internationale und nationale Normen und Vorschriften enthalten in der Regel Mindestanforderungen der Bedienungs- und Betriebssicherheit. Fabrikfertige, typgeprüfte, metallgekapselte Mittelspannungsanlagen in konventioneller Bauweise mit Luftisolation, erstellt nach Publikation IEC 298, sind heute auf dem Markt vorherrschend. Es liegen nicht nur ausgezeichnete Betriebserfahrungen vor, es steht auch eine breite Palette von Bausteinen zur Verfügung, die das Projektieren sehr erleichtert. Verschiedene Ansprüche hinsichtlich der Bauform und der Schutzart gestatten, für jede Betriebsanforderung die entsprechende Schaltanlagenausführung zu realisieren. Diese konventionellen Schaltanlagen sind trotz äusserer Kapselung gewissen Umgebungseinflüssen ausgesetzt. Bei Neuentwicklungen von Schaltanlagen sind auch weitergehende Marktbedürfnisse und zusätzliche Kundenforderungen zu berücksichtigen, insbesondere:

- der Einsatz unter erschwerten Umweltbedingungen
- ein absoluter Personenschutz
- die Reduktion von Grundflächen und Raumbedarf
- eine wesentliche Verlängerung der Wartungsintervalle
- die elektrische Betätigung vor Ort unter Berücksichtigung aller Verriegelungsbedingungen.

Diese Hauptforderungen werden in Zukunft vermehrt an die Schaltanlagen gestellt werden. Um sie zu erfüllen, sind grössere Innovationen im Schaltanlagenbau unumgänglich; dies nicht nur auf der Primärseite, auch se-

kundärseitig müssen ganz neue Leitsysteme auf der Basis von Mikroprozessoren entwickelt werden.

## **2. Gasisolierte Schaltanlagen**

Der Lösungsweg ist durch die metallgekapselten, SF<sub>6</sub>-isierten Hochspannungsschaltanlagen vorgezeichnet, die vor etwa 20 Jahren eingeführt wurden. Im Vergleich zu konventionellen Anlagen haben diese einen immer grösseren Marktanteil erobert und auch den Beweis für ihre Betriebssicherheit voll erbracht. Es war daher naheliegend, die Technik der Metallkapselung und SF<sub>6</sub>-Isolation auch auf dem Mittelspannungsgebiet anzuwenden und damit Anlagensysteme zu entwickeln, die bezüglich Umweltunabhängigkeit, erhöhten Personenschutzes und Raumreduktion neue Massstäbe setzen.

Die Umweltunabhängigkeit ist durch die hermetisch gekapselte SF<sub>6</sub>-Isolation gegeben, die verhindert, dass feuchte oder salzhaltige Umgebungsluft, Staub oder Kleintiere die Isolationsfestigkeit in irgendeiner Weise mindern können. Die konstante Gasdichte und das Fehlen jeglicher Luftisolation dank der Kapselung bis über die Kabelanschlüsse hinaus gewährleisten einen Einsatz in jeder beliebigen Aufstellungshöhe ohne Einschränkung des Isolationsniveaus.

Der gegenüber konventionellen Anlagen erhöhte Personenschutz ist zweifacher Art. Einerseits wird dank der konsequent bis über die Anschlusspartie hinaus verwirklichten metallischen Kapselung ein vollständiger Berührungsschutz erreicht. Andererseits sorgen im - äusserst unwahrscheinlichen - Falle eines internen Lichtbogens vor bestimmte Entlastungsöffnungen dafür, dass eine Personengefährdung ausgeschlossen ist.

Die Raumreduktion schliesslich wird dank der SF<sub>6</sub>-Isolation erreicht,

die gegenüber Luftisolation wesentlich geringere Leiter- und Erdabstände erlaubt. In wesentlichem Masse mitbestimmend für den Raumbedarf ist aber auch die konstruktive Gestaltung, d.h. die gewählte Felddisposition. Darunter fallen Fragen der Kapselungsart, die Wahl der Kabelanschlusspunkte, der Wegfall eines Kabelkellers, usw., konstruktive Massnahmen, auf die noch eingegangen wird.

Bis hieher wurde auf Vorteile eingegangen, deren Ursprung ausschliesslich in der SF<sub>6</sub>-Isolation begründet liegt. Als weiterer äusserst wichtiger Vorteil ist die Wartungsfreiheit zu erwähnen, die unter einem doppelten Aspekt zu sehen ist. Zum einen ergibt die durch die Metallkapselung und durch die Verwendung von SF<sub>6</sub>-Gas erreichte Umweltunabhängigkeit eine völlige Wartungsfreiheit auf Seite Isolation. Zum anderen ist die Wartung der Leistungsschalter zu betrachten. Da diese innerhalb der Kapselung fest eingebaut und nur mit einem Aufwand zugänglich sind, ist die Wunschvorstellung ein Schalter, der keinen Unterhalt erfordert. Diesem Wunsch entspricht der Vakuumleistungsschalter in idealer Weise. Seit seiner Markteinführung in den siebziger Jahren hat er weltweit einen eigentlichen Marktdurchbruch erzielt und unter Beweis gestellt, dass er wortungsfrei ist. Dieser Umstand erlaubt es, durch die Kombination von SF<sub>6</sub>-Isolation und Vakumschaltertechnik ein Anlagenkonzept zu schaffen, das ebenfalls nahezu wortungsfrei ist und für die Betreiber eine Art «black box» darstellt.

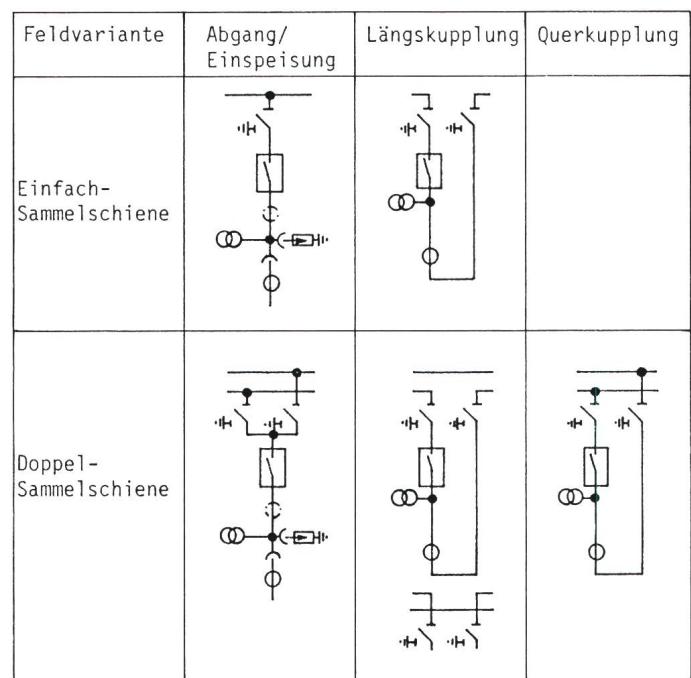
### 3. Beispiel einer gasisolierten Schaltanlage

Nachfolgend wird ein ausgeführtes Anlagenkonzept der beschriebenen Art vorgestellt. Es handelt sich dabei um die metallgekapselte, SF<sub>6</sub>-isierte Anlage Typ PG 100 für 12...36 kV mit festeingebauten Vakumschaltern (Sprecher Energie AG). Ihre Nenndaten sind in Tabelle I festgehalten. Die Anlage wurde sowohl für Einfachsammelschienen- als auch für Doppelsammelschienenausführung entwickelt. Für den ganzen Spannungsbereich von 12...36 kV werden baugleiche Einzelteile mit identischen Dimensionen verwendet, einzig die Gasdrücke und unter Umständen die Vakumschaltrohren sind den verschiedenen Nennspannungen angepasst. In Figur 1 sind die Grundschaftfeldvarianten aufgezeichnet. Auffallend ist der bei derartigen Anlagen gebräuchliche 3-Stellungs-Schalter zwischen Sammelschiene und Schalter. Er dient einerseits als Zusammenfassung des Sammelschienentrenners und des Abgangserders in einem einzigen Apparat, wodurch eine kompakte Bauweise resultiert. Andererseits wird vermieden, dass beim versehentlichen Einlegen eines normalen Abgangserders bei anstehender Spannung auf dem Kabel ein stromstarker Einschaltlichtbogen entsteht, der die SF<sub>6</sub>-Isolation mit Zersetzungprodukten kontaminiieren würde. Bei der vorliegenden Anlage wird zum Erden zuerst der 3-Stellungs-Schalter bei geöffnetem Vakumschalter in die Stellung «Erden» gebracht und anschliessend die Erdung des Abganges durch Einschalten des Vakuumle-

Typ PG	104	105	106	107
Nennspannung	12 kV	15 kV	24 kV	36 kV
Nennstehwechselspannung	28 kV	36 kV	50 kV	70 kV
Nennstehblitzstossspannung	75 kV	95 kV	125 kV	170 kV
Nennstrom der Sammelschiene		1250...2500 A		
Nennstrom der Abzweige		630...2500 A		
Nennausschaltstrom	16...31,5 kA		16...25 kA	
Nennstossstrom	40...80 kA		40...63 kA	
Nennkurzzeitstrom	16...31,5 kA		16...25 kA	
Betriebsdruck bei 20 °C		1,75 bar abs.		2,5 bar abs.
IEC-Publikationen		694,298		
Feldbreite		600 mm		

**Tabelle I** Technische Daten der Schaltanlage PG 100

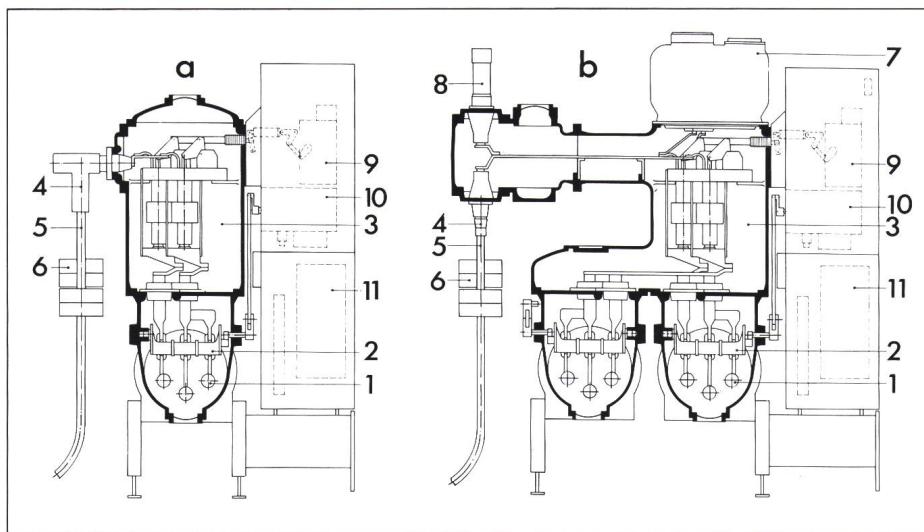
**Figur 1**  
Schaltfeldvarianten



gen Anlagen gebräuchliche 3-Stellungs-Schalter zwischen Sammelschiene und Schalter. Er dient einerseits als Zusammenfassung des Sammelschienentrenners und des Abgangserders in einem einzigen Apparat, wodurch eine kompakte Bauweise resultiert. Andererseits wird vermieden, dass beim versehentlichen Einlegen eines normalen Abgangserders bei anstehender Spannung auf dem Kabel ein stromstarker Einschaltlichtbogen entsteht, der die SF<sub>6</sub>-Isolation mit Zersetzungprodukten kontaminiieren würde. Bei der vorliegenden Anlage wird zum Erden zuerst der 3-Stellungs-Schalter bei geöffnetem Vakumschalter in die Stellung «Erden» gebracht und anschliessend die Erdung des Abganges durch Einschalten des Vakuumle-

istungsschalters vorgenommen. Dieser Vorgang erfolgt auf Grund des vollen Einschaltvermögens des Leistungsschalters auch bei versehentlich anstehender Spannung völlig sicher und ohne Bildung irgendwelcher SF<sub>6</sub>-Zersetzungprodukte. In Figur 1 sind im weiteren die für das Grundkonzept der Anlage notwendigen Längs- und Querkuppfeldern enthalten, die aus analogen Elementen wie die Grundschaftfeldern aufgebaut sind.

Beim konstruktiven Aufbau (Fig. 2) sind die unten angeordneten Sammelschienen mit aufgesetztem Schalter charakteristisch. Oben auf der Rückseite des Schalterkessels befindet sich das Anschlussgehäuse. Auf Grund der guten Erfahrungen bei Hochspannungsanlagen besteht die ganze Kap-



Figur 2 Querschnitte durch eine SF<sub>6</sub>-isiolerte Anlage PG 100, 12...36 kV

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| a Einfachsammelschienengehäuse           | 6 Stromwandler                        |
| b Doppelsammelschienengehäuse            | 7 Spannungswandler                    |
| 1 Sammelschienen                         | 8 Überspannungsableiter               |
| 2 Dreistellungsschalter                  | 9 Antrieb für Vakuumleistungsschalter |
| 3 Schaltraum mit Vakuumleistungsschalter | 10 Antrieb für Dreistellungsschalter  |
| 4 Kabelstecker                           | 11 Sekundärausrüstung                 |
| 5 Hochspannungskabel                     |                                       |

selung aus Aluminiumguss. Sie ist 3phasig ausgeführt, was eine äusserst kompakte Disposition ergibt.

### 3.1 Anschlusstechnik

Da bei einer Feldbreite von 600 mm konventionelle Kabelendverschlüsse nicht in Frage kommen und auch der Kapselungsphilosophie widersprechen würden, mussten Alternativen geschaffen werden. So stehen für Kunststoffkabel heute berührungs-sichere Kabelstecker in Innen- und Aussenkonustechnik zur Verfügung. Weitere Möglichkeiten sind berührungs-sichere Massekabelanschlüsse für Bleikabel sowie Duresca-Schienen. Die Anschlussgehäuse können bis zu drei Kabel pro Phase aufnehmen. Ferner lassen sich auch Leerbuchsen vor- sehen, die im Normalbetrieb ver- verschlossen sind. Sie dienen zum An- bringen einer steckbaren Arbeits- erdung oder zur Verwendung bei Ka- belprüfungen. Dabei wird die Prüf- spannung mittels eines steckbaren Prüfadapters auf die Leerbuchse gege- ben und dadurch das Ausziehen des Kabelsteckers vermieden. Schliesslich lassen sich in Zusatzbuchsen auf dem Anschlussgehäuse auch steckbare ZnO-Überspannungsableiter plazieren, die ebenfalls metallgekapselt und damit berührungsicher ausgeführt sind.

Die Anordnung des Anschlussge-

häuses lässt grundsätzlich Abgänge nach unten, in horizontaler Richtung und nach oben zu. Die Hauptvorteile des sich auf zirka 1,50 m ab Boden be- findlichen Anschlussgehäuses liegen in der guten Zugänglichkeit und be- quemen Bedienbarkeit der Stecker und vor allem in der Tatsache, dass bei Ab- gangsrichtung abwärts genügend Platz für den Biegeradius der Kabel vorhan- den ist, um die Kabel auf dem An- lagenboden oder in einem Kabelkanal auszulegen. Dadurch kann ein Kabel- keller oder Stelzenboden entfallen, und dank der schmaleren Zellen lässt sich das Bauvolumen drastisch redu- zieren, in Extremfällen auf weniger als 40% verglichen mit konventionellen Anlagen.

Zusammenfassend kann festgehal- ten werden, dass mit dem gewählten Konzept am Anschlussgehäuse die verschiedenartigsten Kundenwünsche als periphere Baugruppe des Primär- teiles (Hochspannungs- bzw. Mittel- spannungsteil) erfüllt werden können.

### 3.2 Messwandler

Als Spannungswandler sind 3phasige induktive Wandler vorgesehen mit einer kombinierten Folien-SF<sub>6</sub>-Isola- tion. Es sind zwei Messwicklungen und eine Erdchlusswicklung möglich. Die Plazierung des Wandlers erfolgt oberhalb des Schalterkessels anstelle des Schalterdeckels. Für die Kabelprü-

fung mit Gleichspannung ist der Wandler von aussen ohne Gasablas- sen galvanisch abtrennbar. Eine weite- re Anordnungsmöglichkeit der Span- nungswandler besteht auf den Sammelschienengehäusen, unter Zwi- schenschaltung eines Trenners oder di- rekt am Sammelschienenende.

Für die Strommessung werden nor- malerweise Ringkernwandler auf den Kabeln oder im Anschlussgehäuse un- ter SF<sub>6</sub> verwendet, in Sonderfällen, d.h. für sehr kleine Nennströme, auch steckbare, metallisch gekapselte Giess- harzwandler neben der Anlage, im Zuge des Kabels.

### 3.3 Sicherheitskonzept

Einen wesentlichen Einfluss auf die konstruktive Gestaltung hatte das ge- wählte Sicherheitskonzept, das folgen- de Punkte umfasst:

- Allfällige Störungen jeglicher Art, wie z.B. Gasverluste zufolge eines Lecks, interne Störlichtbögen, me- chanische Störungen, usw., sollen in ihren Auswirkungen auf möglichst kleine Abschnitte innerhalb der An- lage begrenzt bleiben.
- Nach einer eingetretenen Störung soll der Betrieb rasch möglichst mit den nicht betroffenen Anlageteilen wieder aufgenommen werden kön- nen.
- Nach erfolgter Vorbereitung soll die Reparatur rasch und auf einfache Art und Weise durchgeführt werden können.

Um diese Forderungen zu erfüllen, wurden auf der konstruktiven Seite folgende Massnahmen getroffen:

1. Neben den üblichen Druckentla- stungsmembranen für jeden Gasraum und den gasdichten und druckfesten Schottungen aus Giessharz zwischen Sammelschienengehäusen und Schal- terkesseln weist die Anlage feldweise geschottete Sammelschienen auf. Die- se Schottungen sind ebenfalls gasdicht und druckfest und bestehen aus Giess- harzplatten, die gleichzeitig Träger der Sammelschienen sind.
2. Die Sammelschienengehäuse sind dank einer Schiebeflanschkonstruk- tion feldweise einzeln austauschbar. Der Schalterkessel muss dazu nicht de- montiert werden, und bei einer Dopp- elsammelschienenanlage kann die zweite Sammelschiene während dieses Austausches in Betrieb bleiben, ein Merkmal, das überdies bei einer Anla- generweiterung auch gültig ist und ein Ausschalten der Anlage unnötig macht.

3. Die Spannungswandler stellen ebenfalls autonome Gasräume dar mit Schottungen gegenüber ihren Nachbargasräumen.

4. Der Aktivteil des Schalters, eine 3polige Einheit, lässt sich nach dem Entfernen des Schalterdeckels nach oben ausbauen, ohne dass der Schalterkessel demontiert werden muss.

5. Muss aus irgendeinem Grund der gesamte Schalterkessel demontiert werden, so kann er abgehoben werden, wobei die Sammelschienengehäuse nicht tangiert werden und die Sammelschienen unter Spannung bleiben können.

6. Ein allfälliger Austausch von Schalter- und Trennerantrieb lässt sich ohne Eingriffe in Gasräume, wie Gasblasen oder Öffnen, auf einfache Art durchführen.

Dieses umfassende Sicherheitskonzept mit konstruktiven Massnahmen hat zur Folge, dass Störungsauswirkungen und Reparaturen gering ausfallen. Dadurch und wegen der bei derartigen Anlagen ohnehin extrem kleinen Störungswahrscheinlichkeit ist die Verfügbarkeit der Anlage maximal.

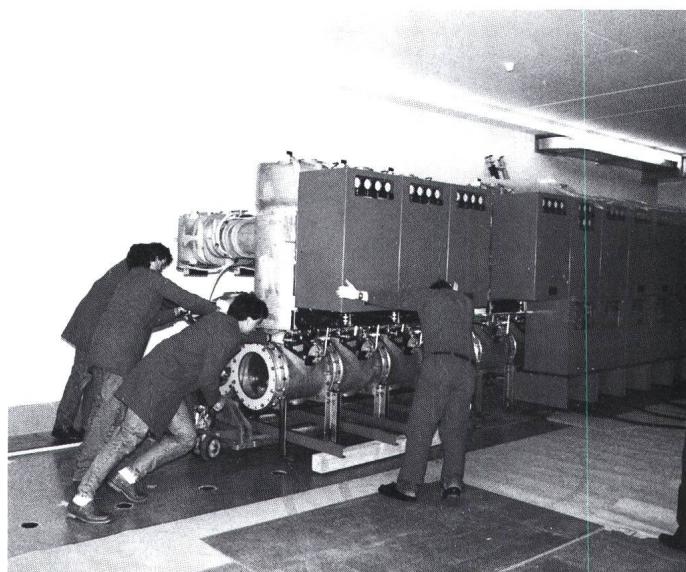
### 3.4 Versuche und Prüfungen

Im Laufe der Entwicklungsarbeiten wurden an Baugruppen und Versuchsmustern zahlreiche Entwicklungsversuche durchgeführt, um möglichst früh den Nachweis zu besitzen, dass der Entwurf in mechanischer und elektrischer Hinsicht den Anforderungen genügt. Als Abschluss der Entwicklungsarbeiten wurde eine Prototypserie gebaut, die alle Schaltfeldtypen mit ihren Ausführungsvarianten umfasste. An diesen Prototypen wurden die in der IEC-Publikation 298 geforderten umfangreichen Typprüfungen vorgenommen, wie dielektrische Prüfungen, Erwärmungsversuche, Prüfungen mit Stossstrom und Kurzzeitstrom, Kurzschlusschaltversuche sowie mechanische Dauerschaltversuche, um nur die wichtigsten zu nennen.

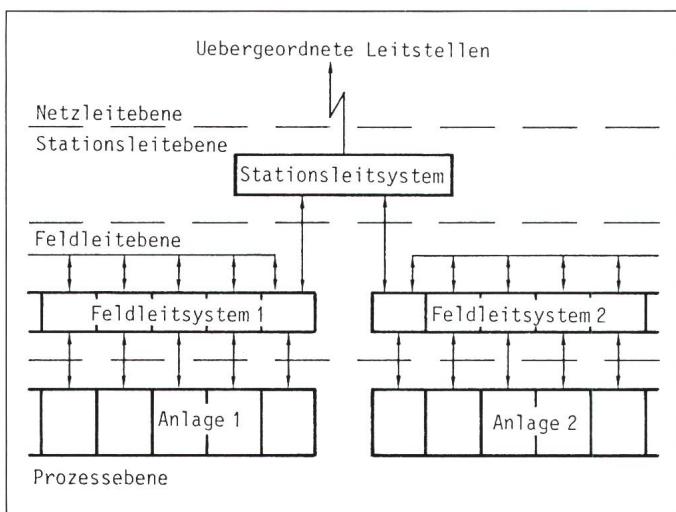
### 3.5 Herstellung, Montage

Mittlerweile gelangte eine erste Anlage mit insgesamt 23 Doppelsammelschienenfeldern zur Auslieferung, bestimmt für das Unterwerk Cornaredo der Aziende Industriali Lugano. Herstellungsmässig traten dank dem von den SF<sub>6</sub>-Hochspannungsanlagen vorhandenen Know-how keine Schwierigkeiten auf. Für die Werksmontage

**Figur 3**  
Eine 3feldige  
Transporteinheit wird  
im Unterwerk  
montiert



**Figur 4**  
Hierarchischer  
Aufbau der  
Leittechnik in einem  
Umspannwerk



wurde eine neue Montagehalle mit Vorrichtungen für die Komponentenmontage und Endmontage ausgerüstet. Im Montageablauf eingebettet sind zahlreiche Prüfungen für die Qualitätssicherung sowie die Stückprüfungen gemäss IEC-Publikation 298. Der Primärteil der Anlage, ohne Schränke für die Sekundärausrüstung, wurde bereits im Werk zu 3feldrigen Transporteinheiten zusammengebaut, so dass die Endmontage vor Ort in erstaunlich kurzer Zeit erfolgte (Fig. 3). Die Sekundärausrüstung wurde separat montiert und ausgeprüft, und die Sekundärschränke nachträglich vor Ort an die Antriebskästen angebaut.

### 3.6 Feldleitsystem auf Mikroprozessorbasis

Moderne Leitsysteme für Umspannwerke sind hierarchisch sauber getrennt aufgebaut (Fig. 4). Um einer-

seits im Bedarfsfall rasch und sicher eingreifen und andererseits die Kommunikation entlasten zu können, wird der dem Prozess nächstgelegenen Feldleitebene genügend Rechnerintelligenz zugeteilt (dezentralisierte Intelligenz). So werden im KASAM benannten Steuerteil eines Feldleitsystems im einzelnen folgende Funktionen wahrgenommen:

- Elektrische Betätigung der einzelnen Schaltgeräte vor Ort unter Einhaltung der feldbezogenen Verriegelungsbedingungen
- Überwachung der Schalt- und Laufzeiten
- Anzeige der Gerätstellungen auf einem kleinen Blindschaltbild
- Erfassung und Anzeige von Einzelstörmeldungen, mit oder ohne Datierung
- Anzeige von Messwerten direkt oder ab Messumformer sowie Weiterleitung dieser Messwerte in digitaler Form
- Auslösung der Schaltsequenzen (Feederautomatik)

- Stromversorgung mit Pufferung für etwa 2 s
- Systemeigenüberwachung.

Die serielle Schnittstelle zum Stationsleitsystem befindet sich im KASAM-Master (Fig. 5). Diese Ausrüstung wird vorzugsweise in einem Kuppelfeld untergebracht und übernimmt zusätzlich zu den aufgeführten Funktionen noch folgende Aufgaben:

- Leiten des Datenaustausches zwischen den «Slave»-Ausrüstungen
- Führen eines Schaltstellungsabbildes der ganzen Anlage zwecks Sicherstellung der feldübergreifenden Anlagen-Verriegelungsbedingungen
- Weitere serielle Schnittstellen, z.B. für Betriebs- und Störmeldeprotokollierung.

Die Master-Ausrüstung auf der Feldleitebene erlaubt unter anderem, bei Doppelsammelschienenanlagen

auf einfache Befehle ab Stationsleitsystem hin automatisch unterbrechungslose Sammelschienenwechsel vorzunehmen.

Die Kommunikation zwischen Master und Slave erfolgt im Master-Polling-Verfahren (fortlaufende zyklische Abfrage durch den Master) über je eine 20-mA-Stromschlaufe für Anfrage/Befehle beziehungsweise Antworten/Rückmeldungen (Fig. 5). Die Übertragungsrate ist zwischen 2400...9600 Baud wählbar.

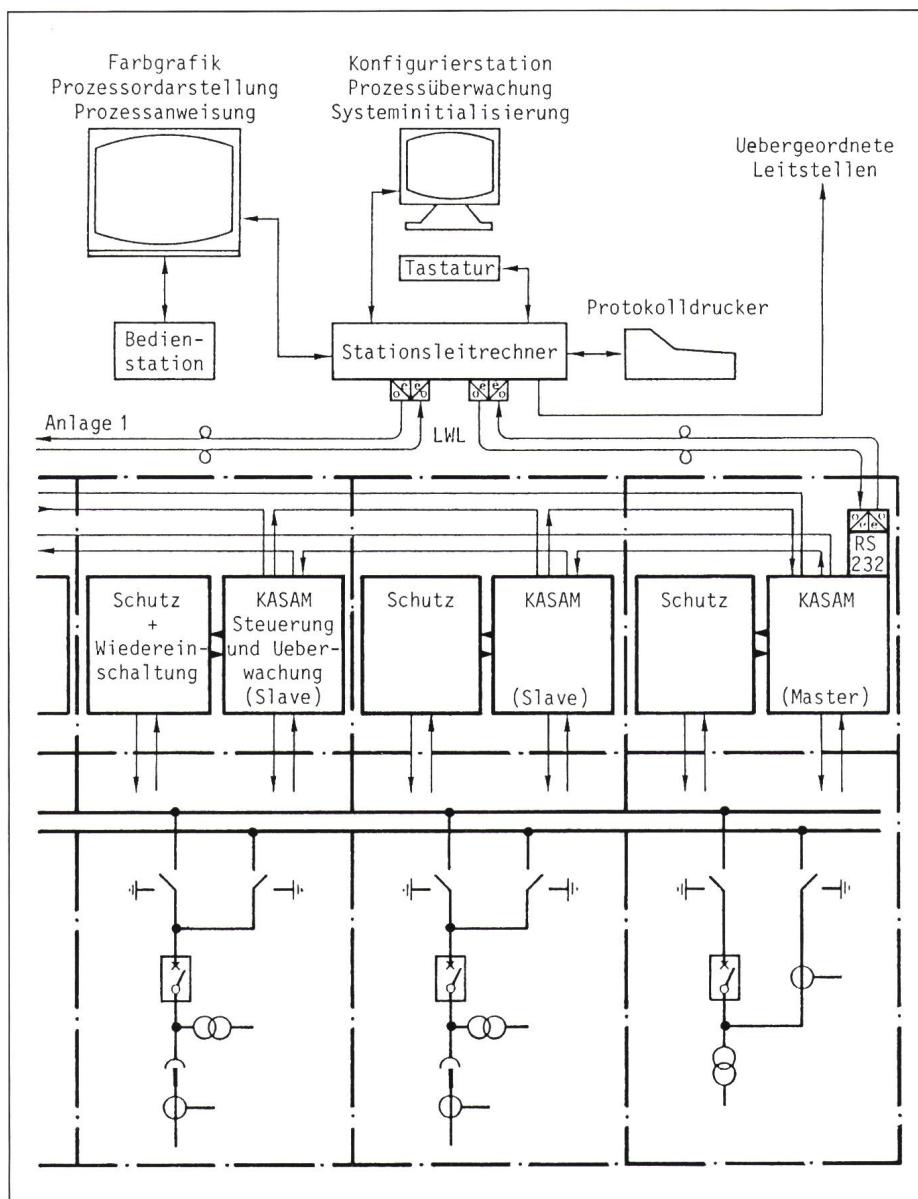
Der modulare Aufbau der KASAM-Ausrüstung erlaubt eine optimale Anpassung der Steuerung und Überwachung an die anlagenspezifischen Bedürfnisse. Neben den Rechner-, Kommunikations- und Speisemodulen bilden verschiedene digitale und analoge Ein-/Ausgangsmodule mit Potential-

trennung die Schnittstellen zum Prozess.

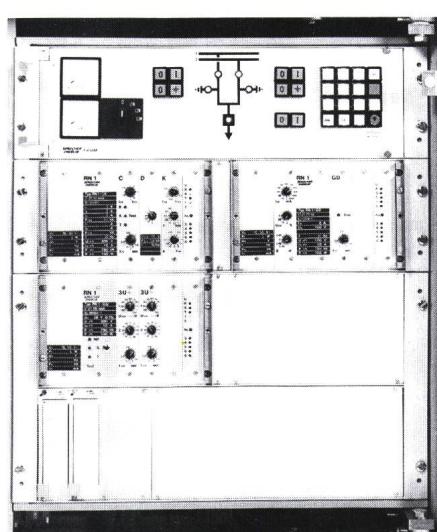
Wie aus Figur 5 und 6 hervorgeht, sind die Schutzrelais im Abzweig bewusst als unabhängige Funktion mit eigener Speisung und direktem Auslösekreis gehalten; die Signalisierung von Schutzauslösungen und die Fernblockierung von Wiedereinschaltfunktionen erfolgt jedoch über die KASAM-Steuereinheit. Damit ergibt sich eine grössere Flexibilität bei höherer Sicherheit. Geographisch sind die Schutz- und Wiedereinschaltrelais sowie weitere Geräte der Sekundärausrüstung mit dem KASAM-Steuerteil zusammengefasst.

Die erforderliche elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ist bei der Sekundärausrüstung dadurch sichergestellt, dass der ganze, im Kasten schwenkbar angeordnete Sekundärblock als HF-Käfig ausgebildet ist und sämtliche elektrischen Verbindungen zu diesem über eine Filterplatte geführt sind. Im Hinblick auf eine hohe EMV für das Stationsleitsystem, das z.B. als Bildschirmwarte ausgestaltet ist, werden bevorzugt Lichtwellenleiter (LWL) eingesetzt. Dank der seriellen Datenübertragung zwischen dem KASAM-Master und dem Stationsleitrechner werden hierfür nur zwei Fasern benötigt.

Das Stationsleitsystem selbst besteht aus einem industrietauglichen Perso-



Figur 5 Verbindungskonzept des Leitsystems mit Stationsleitsystem und Feldsystem KASAM



Figur 6 Sekundärausrüstung des PG-100-Feldes

Von oben nach unten:

Eine Etage mit KASAM-Steuerteil

Zwei Etagen mit Kurzschluss-Überlast- und Erdenschlussrelais sowie Spannungsüberwachungsrelais, Reserveplatz

Eine Etage mit Messumformer, Reserveplatz

nal Computer mit zugehöriger Tastatur und Bildschirm, einem Farbgrafik-Bildschirm mit Bedienstation (einfache Tastatur) für die Anlagensteuerung und -überwachung, einem Protokolldrucker und der Schnittstelle zum übergeordneten Leitsystem.

Der klare hierarchische Aufbau des Leitsystems, mit serieller Datenübertragung vom KASAM-Slave zum KASAM-Master und weiter zum Stationsleitrechner, bringt ganz allgemein grosse Vorteile bezüglich Vor-Ort-Montage und Verkabelung sowie Inbetriebsetzung gegenüber konventioneller Technik. Müssen bei letzterer zwischen einer Anlage und dem Kommandoraum eines Umspannwerkes

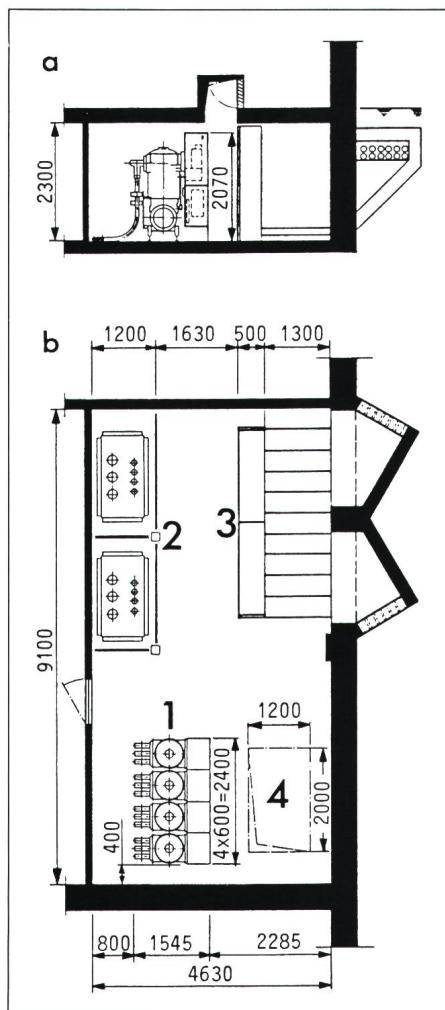
für die Steuerung und Überwachung Hunderte von Signalkabeln verlegt, angeschlossen und ausgeprüft werden, findet bei der neuen Technik die Signalverknüpfung in der Software statt. Dadurch werden die benötigte Anzahl externer Verbindungen und damit deren Kosten stark reduziert. Im Fall der KASAM-Steuerung ist zwischen den Feldern eine abgeschirmte 4-Draht-Leitung für die Kommunikation und die Hilfsspannungsversorgung der Schaltgeräte, Elektronik und Auslösekreise ausreichend.

Ein weiterer Vorteil der modernen Leittechnik liegt bei der Prüfung. Da bei der PG 100-Anlage die Sekundärausrüstung feldweise unterhalb der Antriebskasten angebaut ist, können die feldbezogenen Funktionen bereits im Werk geprüft werden. Steht dem Anlagenhersteller auch der Rechner teil mit Bildschirm des Stationsleitsystems zur Verfügung, kann grundsätzlich die ganze Anlage im Werk ausgeprägt werden. Damit sinken dann die Montage- und Inbetriebsetzungszeiten am Aufstellungsort auf einen Bruchteil des heute bekannten Aufwandes bei konventioneller Technik.

anlagen sollen den grossen Erfüllungsgrad der gestellten Forderungen illustrieren. Eine Transformatorenstation mit sehr gedrängten Platzverhältnissen zeigt die Figur 7. Eine bauliche Veränderung des Raumes war nicht möglich; insbesondere wurde der Einbau eines Kabelgrabens zur Verlegung der Hochspannungskabel aus verschiedenen Gründen ausgeschlossen. Hier bietet sich die PG 106-Anlage in idealer Weise an, können doch die Hochspannungskabel bodeneben in alle gewünschten Richtungen verlegt werden.

Das Schnittbild einer PG 106-Doppelsammelschienen-Schaltanlage, Figur 8, in einem Unterwerk zeigt eine Ausführung ohne Kabelgeschoss. Ein kleiner Kabelgraben wurde wegen des Einbaus eines Summenstromwandlers für den Erdchlussenschutz benötigt. Alle Betriebsmittel sind im Schaltanlagenraum zugänglich und haben untereinander sehr kurze Kabelverbindungen.

Das Beispiel eines kompakten und modernen Unterwerkes mit einer Leistung von  $2 \times 40$  MVA und SF<sub>6</sub>-isolierten 110- und 24-kV-Schaltanlagen ohne Kabelkeller, Figur 9, zeigt, dass die Grösse des Gebäudes in Zukunft hauptsächlich von den Transformatoren bestimmt wird. Die Dezentralisierung der Sekundärausrüstungen bei-



Figur 7 Transformatorenstation 24 kV mit Einfachsammelschiene

- a Schnitt
- b Grundriss
- 1 Metallgekapselte, SF<sub>6</sub>-isolierte Mittelspannungsschaltanlage PG 106 Einfachsammelschiene mit Vakuumleistungsschalter
- 2 Verteiltransformatoren 1250 kVA
- 3 Niederspannungs-Verteiltafel
- 4 Montageöffnung

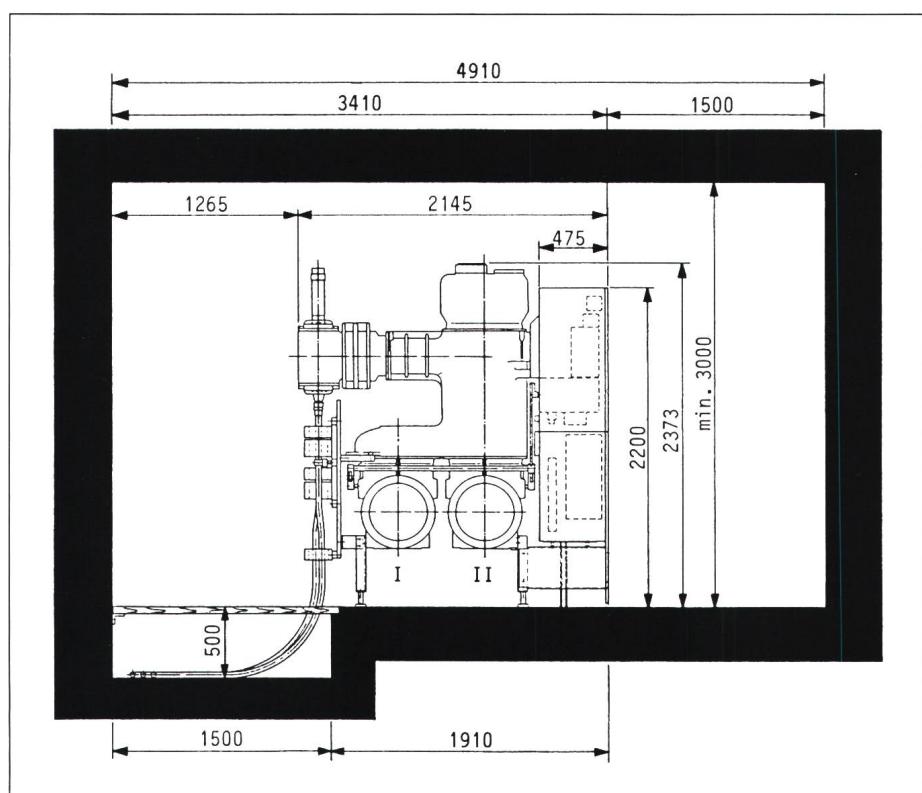
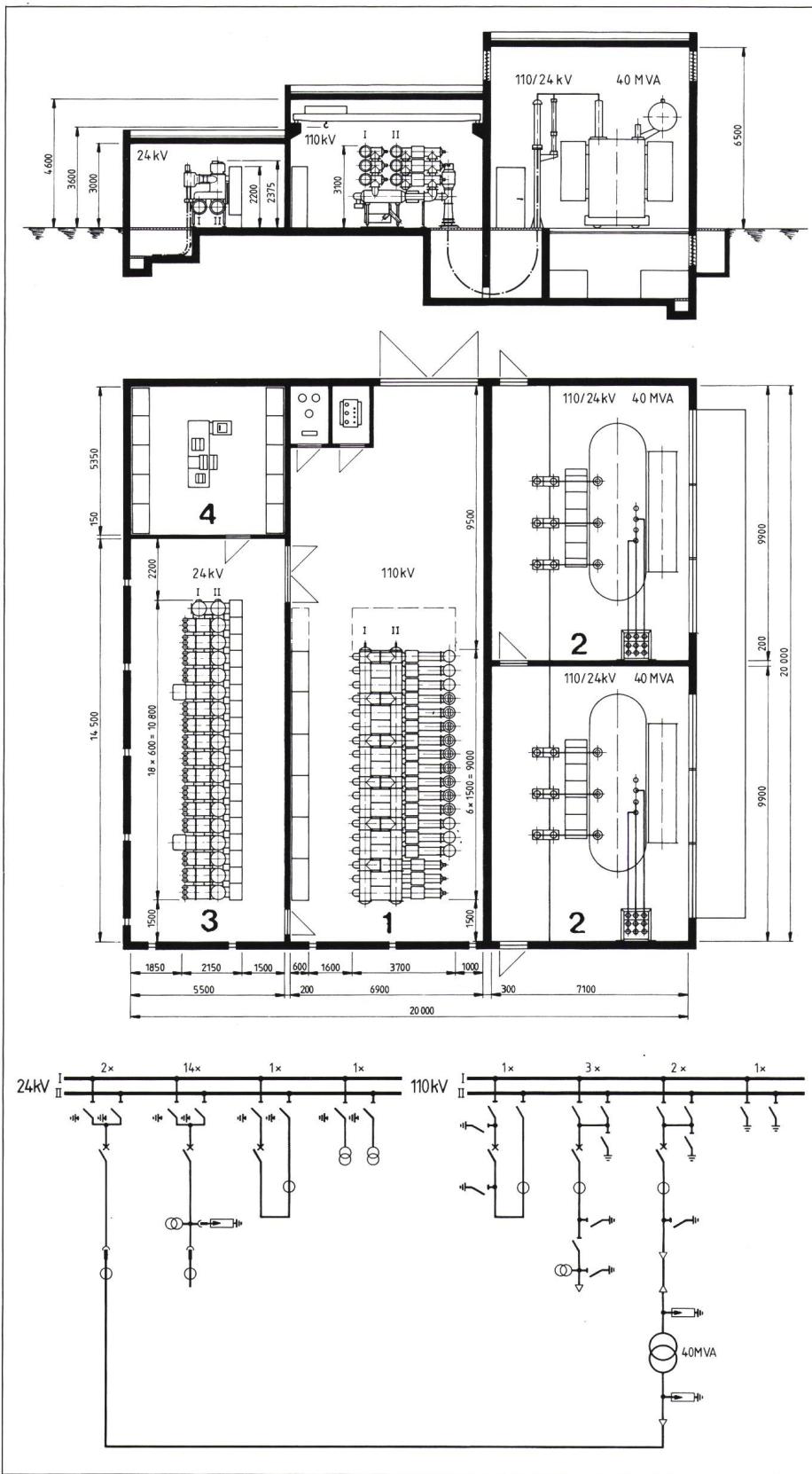


Fig. 8 Metallgekapselte SF<sub>6</sub>-isolierte Mittelspannungsanlage mit Vakuumleistungsschalter Doppelsammelschienen-Anlage PG 106 in einem Unterwerk



Figur 9 Unterwerk 110/24 kV mit SF<sub>6</sub>-isolierter Hoch- und Mittelspannungsanlage und integrierter Leittechnik

- 1 Metallgekapselte, SF<sub>6</sub>-isolierte Hochspannungsschaltanlage B212, 110 kV; 7 Felder
- 2 Transformator 110/24 kV
- 3 Metallgekapselte, SF<sub>6</sub>-isolierte Mittelspannungsschaltanlage PG 106, 24 kV, Doppelsammelschiene mit Vakuumleistungsschalter; 18 Felder
- 4 Kontrollraum mit Stationsleitrechner

der Spannungsebenen in die Schaltfelder führt dazu, dass der Kontrollraum mit dem Stationsleitrechner sehr wenig Platz beansprucht. Sekundärseitig sind nur wenige und kurze Kabelverbindungen zum Stationsleitrechner nötig.

#### 4. Ausblick

Es wurde aufgezeigt, dass es möglich ist, auch für Mittelspannungsanwendungen eine in allen Belangen echte metallgekapselte SF<sub>6</sub>-isolierte Schaltanlage zu entwickeln. Wesentlich ist auch eine integrierte, freiprogrammierbare Leittechnik, welche zusammen mit der Mittelspannungs-SF<sub>6</sub>-Anlage entwickelt und bereits angewendet wurde. Es ist hier gelungen, sowohl die Primärtechnik als auch die Sekundärtechnik in einer Konstruktion zu integrieren. Eine solche Integration ist zukunftsweisend und bietet dem Anwender die Gewähr, dass Primärtechnik und Leittechnik voll aufeinander abgestimmt sind. Die bereits vorliegenden praktischen Erfahrungen zeigen, dass mit einer solchen Systemtechnik im Mittelspannungsbereich technisch hochwertige Lösungen zur Verfügung stehen, die in allen Belangen den notwendigen Sicherheitsbedürfnissen und Verfügbarkeitsbedingungen genügen.

Es sei hier noch vermerkt, dass die konventionelle Mittelspannungsanlagentechnik, bestehend aus modular aufgebauten und technisch ausgereiften Zellsystemen, selbstverständlich noch auf Jahre hinaus ihre Bedeutung und ihren Platz haben wird. Mit den nun zur Verfügung stehenden beiden Technologien, nämlich der konventionellen Lösung und der SF<sub>6</sub>-isolierten metallgekapselten Lösung, kann mit dem Kunden die optimale Variante ausgearbeitet und vorgeschlagen werden.

Beim Kostenvergleich der beiden Schaltanlagearten sind nicht nur die Einkaufskosten der Schaltanlagen zu betrachten. Bei den SF<sub>6</sub>-isolierten Schaltanlagen sind auch insbesondere die reduzierten Gebäudekosten, die sehr kurze Montagezeit vor Ort, die geringen Wartungskosten, die wesentlich längere Amortisationsdauer usw. zu berücksichtigen. Speziell eignet sich die SF<sub>6</sub>-isolierte Mittelspannungsanlage PG 100 als Ersatz für alte Schaltanlagen, ist es doch gegebenenfalls möglich, auf der gleichen Grundfläche und ohne Veränderung des Gebäudes die Anzahl der Leitungsfelder zu verdopeln.