

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 38 (1947)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Der Bau von Freiluftanlagen  
**Autor:** Howald, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056732>

### **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:** 25.12.2024

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

# ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

# BULLETIN

RÉDACTION:  
Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens  
Zurich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:  
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 23 77 44  
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

38<sup>e</sup> Année

N<sup>o</sup> 8

Samedi, 19 Avril 1947

## Der Bau von Freiluftanlagen

Von W. Howald, Thalwil

621.316.26 - 742

*Nachdem nun 25 Jahre Erfahrung im Bau und Betrieb von Freiluftanlagen vorliegen und diese auch den Anforderungen, welche die Neuerungen im Schalterbau stellen, angepasst worden sind, wird ein Ueberblick über die Entwicklung gegeben. Die für die einzelnen Länder charakteristischen Formen werden besonders betrachtet.*

*L'auteur présente un aperçu du développement des installations en plein air, dont les premières datent de quelque 25 ans. Les installations modernes comportent de nombreuses innovations. Leurs formes ont évolué différemment selon les pays.*

Der Bau von Freiluftanlagen hat schon bald mit der intensiveren Entwicklung der Elektrizitätsverteilung eingesetzt. Es sei in dieser Beziehung nur an die Mastschalter erinnert, welche zur Unterteilung von Freileitungsnetzen verwendet werden. Aus der Gruppierung solcher Schalter entwickelten sich die ersten Freiluftschaltposten, die dann folgerichtig auch der Entwicklung von wetterfesten Leistungsschaltern, Messeinrichtungen und Transformatoren riefen.

Die Disposition dieser Anlagen lehnte sich anfänglich eng an die Prinzipien des Baus von Innenanlagen an, das heisst, die schweren Apparate, z. B. Schalter und Transformatoren, wurden unten angeordnet und entweder direkt am Boden oder dann auf Gestellen so montiert, dass sie gut zugänglich waren. In einer oberen Etage kamen die Trenner zur Aufstellung, für deren Betätigung bald Gestängeantriebe verwendet wurden. Die Sammelschienen, welche am wenigsten Aufsicht beanspruchten, ordnete man zu oberst an.

Zur Befestigung aller Apparate wurde ein kubisches, überall geschlossenes Eisengerüst aus Gitterträgern, später auch aus Profileisen, aufgestellt. Bald aber wurde versucht, die Disposition den Verhältnissen und dem Material besser anzupassen, und daraus entwickelte sich ein eigener Baustil, der interessanterweise trotz den gleichen Tendenzen in den verschiedenen Ländern eigene Richtungen einschlug. Dabei waren nicht nur die gesetzlichen Vorschriften massgebend, sondern wohl ebenso sehr das Temperament als auch die wirtschaftlichen Verhältnisse des Landes.

### I. Trenner, Messeinrichtungen und Transformatoren

Bevor die Gesamtdisposition besprochen werden kann, ist es nötig, auf die Konstruktion einiger Einrichtungen einzugehen, welche auf den Bau der Freiluftanlagen grossen Einfluss haben. Hiezu ge-

hören vor allem die Trenner, dann aber auch die Strom- und Spannungswandler.

Bei den *Trennern* zeigte sich rasch, dass die in Innenanlagen gebräuchliche Form für die Montage im Freien nicht genügte, sondern sie wurden ähnlich den Mastschaltern mit einem mittleren, beweglichen Isolator versehen, welcher die Messerbewegung ermöglicht (Fig. 1a). Bei höheren Spannungen wird aber das Isolatorgewicht und damit der Kraftaufwand zur Betätigung zu gross. Die Amerikaner ordneten daher zwei Stützen nahe beieinander an, von denen die äussere durch Drehbewegung und Kurbel das auf dem inneren Isolator befestigte Messer bewegt. Diese Konstruktion wird seit einiger Zeit in den USA auch für die höchsten Spannungen vorgezogen. So sind auch die meisten Anlagen der bekannten 287-kV-Uebertragung mit solchen Trennern ausgerüstet (Fig. 1b).

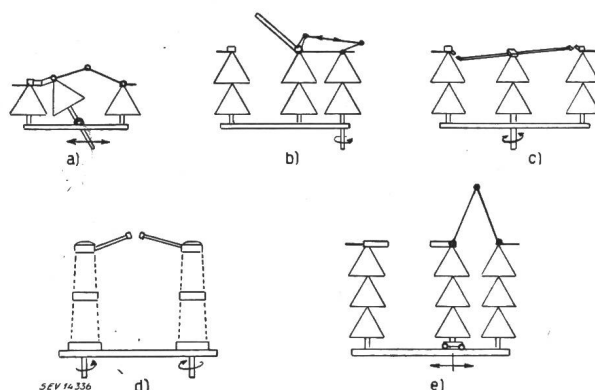


Fig. 1

#### Freilufttrenner

- |                              |              |
|------------------------------|--------------|
| a) Schwenktyp                | ... 60 kV    |
| b) amerikanischer Schwenktyp | 100...287 kV |
| c) dreisäuliger Hochtrenner  | 100...220 kV |
| d) zweisäuliger Hochtrenner  | 100...220 kV |
| e) dreisäuliger Rolltrenner  | 220 kV       |

Für die höheren Spannungen entwickelte sich überall zuerst der Drehtrenner, z.T. verbunden mit

einer vorgängigen Hebung (BKW), und mit doppelter Unterbrechung (Fig. 1c). Wenn dabei auch der seitliche Ausschlag, welcher die Poldistanz beeinflusst, geringer ist, so beanspruchen diese Trenner doch eine beträchtliche Länge; sie wurden daher besonders in Deutschland durch einen zweisäuligen Trenner abgelöst (Fig. 1d), welcher die Unterbrechungsstelle in der Mitte aufweist, somit zwei drehbare Säulen besitzt.

Das grosse Isolatorgewicht bei den 220-kV-Anlagen führte noch zu einer weiteren, in den USA und Deutschland entwickelten Konstruktion (Fig. 1e), bei welcher der Mittelisolator, der das bewegliche Kontaktstück trägt, auf Rollen verschiebbar ist.

Die *Messwandler* wurden zuerst in der konventionellen, mit Oel isolierten Form verwendet. Die Oelgewichte nahmen dabei mit den höheren Spannungen beträchtliche Werte an; ebenfalls waren die Preise prohibitiv, so dass wo immer möglich wenigstens die Stromwandler durch Stabwandler an den Oelschalter- und Transformatorendurchführungen ersetzt wurden. Die Amerikaner bauten auch gewickelte Stromwandler in die Oelschalterkessel oberhalb der Schalttraverse ein. Eine andere Anordnung waren die sog. Messkisten, bei denen sich Strom- und Spannungswandler zusammengebaut in einem kleinen Transformatorkessel befanden.

Die Entwicklung der modernen Schalter hat aber auch hier neue Wege gewiesen und zu den Stützwandlern<sup>1)</sup> geführt, bei denen die aktiven Teile in einem Isolierkörper eingebaut sind und das Oelvolumen entsprechend reduziert werden konnte. Die Wandler können zugleich als Leitungsträger verwendet werden und erleichtern dadurch die Disposition der Leitungsführung. Bei den ölarmen Schaltern ist auch der Einbau in den Schalterunterteil möglich.

Die weitere Entwicklung dürfte dazu führen, in einer einphasigen Stützergruppe einen Strom- und einen Spannungswandler zu vereinigen, wozu bereits Ansätze vorhanden sind.

Diese Tendenzen machen sich auch in den USA bemerkbar, wo ebenfalls in letzter Zeit ölarme Konstruktionen für die Wandler in Erscheinung traten.

Bei den *Transformatoren* ist zwischen den europäischen und den amerikanischen Anlagen ein grosser Unterschied zu konstatieren. Auf dem europäischen Kontinent wurde von jeher der Dreiphasentransformator vorgezogen, wobei stets versucht wurde das Bahnprofil einzuhalten, um den Transformator fertig montiert oder wenigstens mit getrockneten Wicklungen zum Versand bringen zu können, so dass am Aufstellungsort nur noch die Durchführungen und der Konservator aufgesetzt werden mussten. Dies führte z. T. zu eigenartigen Anordnungen der Klemmen an der Schmalseite, wie bei den sog. Wandertransformatoren. Erst in letzter Zeit ist man dazu übergegangen, für Gruppen grosser Leistung die Unterteilung in drei Einphasentransformatoren vorzunehmen (Brown, Boveri).

<sup>1)</sup> Berichte Messwandlertagung des SEV, Bull. SEV Bd. 36 (1945), Nr. 8, S. 233...251; Nr. 9, S. 268...273; Nr. 11, S. 339...346; Nr. 14, S. 427...431, u. Nr. 17, S. 519...522.

In den USA legte man weniger Wert auf die Transportfähigkeit und auf die geringeren Verluste des Dreiphasentransformators. So finden wir denn meistens sehr hochgebaute Einphasen-Einheiten, die zusammengeschaltet werden, wobei eine vierte Einheit in Reserve steht.

Nach diesen Bemerkungen soll nun zu der Besprechung des Baues der Freiluftschaltanlagen übergegangen werden. Zum Vergleich werden solche der hohen Spannungen herangezogen, da sich hier die Unterschiede am deutlichsten zeigen.

## 2. Amerikanische Anlagen

Die erste Freiluftanlage wurde 1908 erstellt und lehnte sich, wie bereits bemerkt wurde, ganz an die Ideen des Baues von Innenanlagen an. Die Traggerüste bestanden aus schweren Gittern, hinter denen die Leitungsführung ganz verschwand. Bei den Verteilnetzen findet man noch häufig solche Ausführungen auch mitten in Wohnquartieren, wo sie allerdings meistens hinter Mauern etwas versteckt werden.

Bei den Anlagen höherer Spannung dienten die Gitterträger auch als Laufgänge zur Kontrolle der Trennermechanismen, besonders an den Abspanngerüsten der Leitungseinführungen. Diese Hochbauform hat sich bei verschiedenen Gesellschaften bis in die letzte Zeit gehalten. Dabei werden allerdings die Träger etwas leichter gestaltet und die Anordnung ist übersichtlicher. Fig. 2a zeigt eine solche 150-kV-Anlage aus dem Jahre 1936, welche auf begrenzter Grundfläche errichtet werden musste. Sie weist die für die USA typische Zweischalterbauart auf. Als Trenner werden bereits solche des dreisäuligen Schwenktyps in hängender Anordnung verwendet. Die Disposition weist aber infolge der stark gewinkelten Leitungsführung eine grosse Zahl von Abspannungen und Klemmstücken auf, die zu Störungen Anlass geben können und vermieden werden sollten. Zu beachten ist ferner die Anordnung des Ueberspannungsableiters am Reflexpunkt der Wellen vor dem Transformator, eine Disposition, die nun sehr häufig zu treffen ist.

Nach der gleichen Bauform wurden auch die Anlagen der 287-kV-Uebertragung vom Boulder-Damm erstellt, wobei die Gerüste bis 35 m Höhe aufweisen.

Bereits 1925 wurden aber auch schon Anlagen entworfen, bei denen versucht wurde, die schweren, zusammenhängenden Gerüste zu vermeiden (Fig. 2b) und in Einzelkonstruktionen aufzulösen, was der nun in Europa gebräuchlichen Halbhochbauart entspricht. Dabei ergab sich nur in der Mitte zwischen den beiden Sammelschienen ein durchlaufender Träger für die beidseitige Abspannung der Ueberführungen, während für die Leitungsabspannungen etwas verstärkte Maste der Uebertragungsleitung verwendet wurden, die zugleich den Trenner für den Ableiter trugen. Die für die Anlage erforderliche Breite wuchs dabei von rund 35 m auf rund 55 m und bei zweiseitigem Abgang auf 70 m.

Zur rascheren Montage und Verbilligung der Konstruktion wurde in den letzten Jahren besonders

für die Grossprojekte an der Nordwestküste eine neue Bauart entwickelt, bei der selbsttragende Rohrkonstruktionen für die Sammelschienen und die Verbindungen benützt werden (Fig. 2c). Dabei werden zur Isolation einzelne Stützen verwendet, die im Grundriss gestaffelt angeordnet sind. Je nach Spannung werden dazu, wie übrigens auch bei den Trennsäulen, 3...6 mehrteilige Weitschirmisolatoren übereinander gestellt. Die Stützweite beträgt dann bis über 12 m. Zum Ausgleich der Temperaturdehnungen und für den flexiblen Anschluss an die Apparateklemmen sind die erforderlichen Vor-

wird nicht mehr ausgeführt. Statt dessen baut man nun durchwegs ein eigenes Kuppelfeld zwischen beiden Sammelschienensystemen ein, besonders dann, wenn aus Ersparnisgründen die Leistungsschalter vorerst nur auf einem System vorhanden sind, wobei das andere als Hilfsschiene dient. Die Anlagebreite wächst erneut auf zirka 100 m bei beidseitigem Abgang (rund 130 m bei 230 kV).

Die grossen Leistungen und beträchtlichen Distanzen machen bei allen amerikanischen Netzen die Zuschaltung von Blindleistungskompensatoren in diesen Schaltstationen erforderlich. Diese wurden

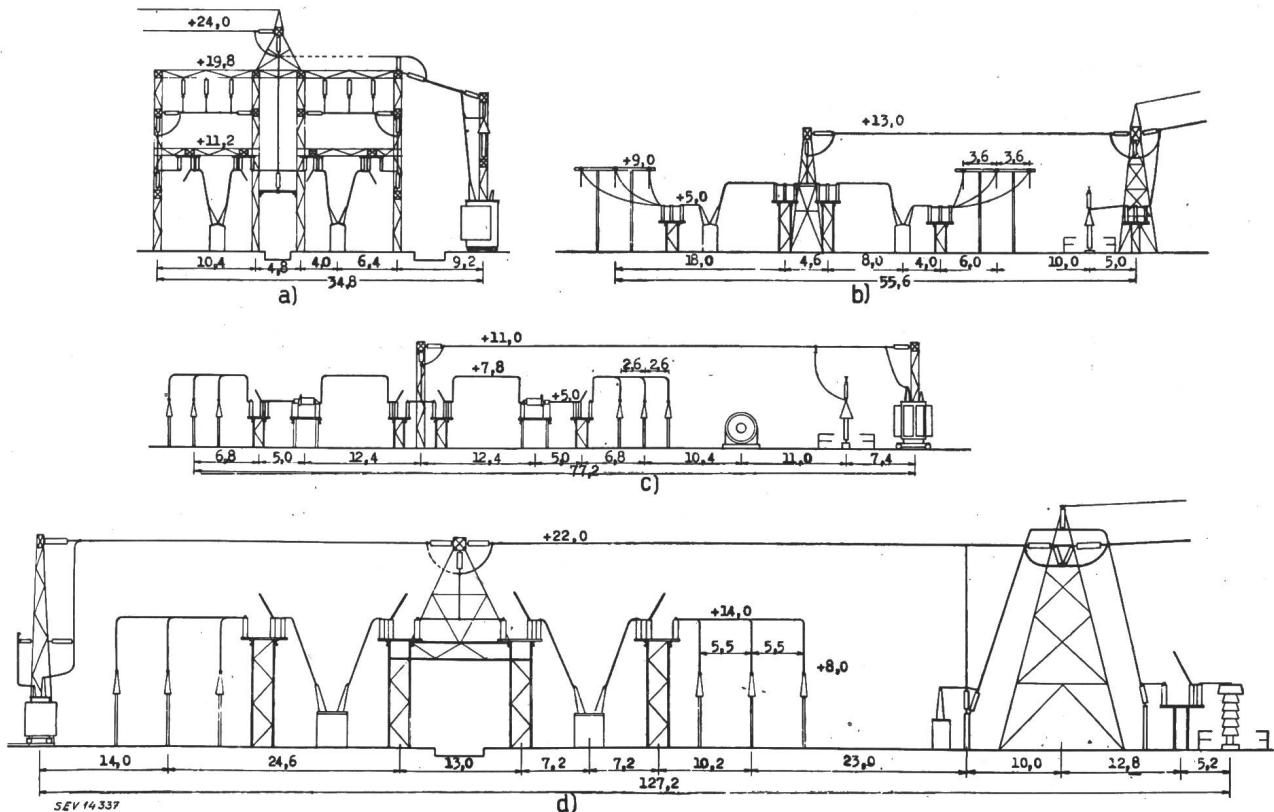


Fig. 2  
Amerikanische Freiluftanlagen  
a) 150-kV-Hochbauanlage 1936  
b) 150-kV-Halbhochanlage, Entwurf 1925  
c) 150-kV-Rohranlage 1942  
d) 230-kV-Rohranlage 1936

kehrten getroffen, damit keine unzulässigen Beanspruchungen auftreten.

Die Skizze zeigt auch die Verwendung der für die 287-kV-Uebertragung entwickelten ölarmen G. E.-Schalter, welche bis 150 kV mit einem, über 150 kV mit zwei Unterbrechungsarmen ausgerüstet sind. Diese werden bis zu den höchsten Spannungen und auch in Gebieten, wo keine Schneefälle auftreten, erhöht montiert, so dass nirgends Abschränkungen erforderlich sind. Als Trenner werden nun ausschliesslich solche des Schwenktyps in stehender Anordnung verwendet. Die Ueberspannungsableiter sind ebenfalls vor dem Transformator angeordnet und nicht mehr abtrennbar.

Die früher öfters angewandte Ueberbrückung des Leistungsschalters durch einen weiteren Trenner

früher in eigenen Gebäuden aufgestellt, während sie nun auch als Freilufttypen gebaut werden. Sie werden bis zu Einheitsleistungen von 30 000 kVA bei 600 U./min betrieben und in einem walzenförmigen Gehäuse aus Eisenblech untergebracht und durchwegs mit Wasserstoffkühlung versehen. Dabei sind auch die Lager zur Vermeidung von Kühlmittelverlusten nicht mehr zugänglich. Der Anlauf erfolgt asynchron mit verminderter Spannung von einer dritten Wicklung des Transformators aus. Ueber diese wird auch umgekehrt die Blindleistung auf das System übertragen.

Fig. 3 zeigt die 115-kV-Seite einer solchen Rohr-Anlage in der Nähe von Seattle. Auf die durchgehende Ueberführung der Erdseile sei besonders aufmerksam gemacht. Diese findet sich nun bei den meisten amerikanischen Freiluftanlagen.

Was die Aufstellung der Transformatoren anbelangt, so werden diese auf Schienen etwas erhöht montiert, wobei ein Quergeleise mit Wagen für den Transport in die Montagehalle dient. Oelfangvorrichtungen werden im allgemeinen nicht mehr erstellt,

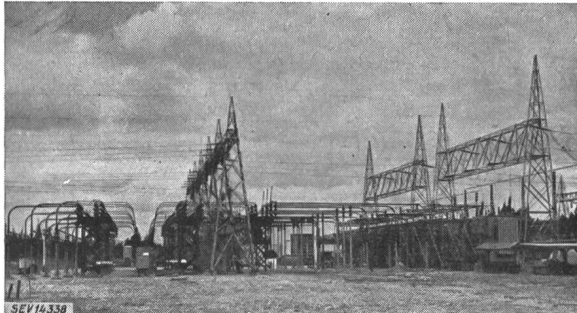


Fig. 3  
115-kV-Seite einer modernen 230/115-kV-Rohranlage (USA, 1942)

sondern der Zwischenraum zwischen den Fundamenten wird mit grobem Kies ausgefüllt. Dagegen finden sich nun sehr oft Brandmauern zwischen den einzelnen Gruppen oder sogar zwischen den einzelnen Einheiten der gleichen Gruppe. In diesem Fall wird auch ein Sprinkler-System für die Brandbekämpfung fest eingebaut.

Abweichend von den europäischen Gewohnheiten werden weder die Dreikesselölschalter, noch die modernen Schalter und Wandler transportabel gemacht,

sondern fest mit dem Fundament verbunden. Sie werden aber so disponiert, dass jederzeit darüber ein Dreibein mit Flaschenzug aufgestellt werden kann.

### 3. Deutsche Anlagen

Die bauliche Entwicklung der deutschen Freiluftanlagen bietet besonderes Interesse, da sich die deutschen Konstrukteure bald vom amerikanischen Vorbild frei machten und eigene Wege gingen. Auch hier war zuerst die Hochbauform im Gebrauch (Fig. 4a). Allerdings wurde statt eines Gittergerüsts eine weitverspannte Profilkonstruktion erstellt (1922), auf deren oberster Etage die Sammelschienen aufgestellt wurden. Für die bessere Querschnittsausnutzung wurde dabei die U-Form gewählt, welche in der gleichen Teilung beidseitig Abgänge ermöglicht. Die Sammelschienen konnten dabei von Laufstegen aus beobachtet werden.

Eine untere Etage enthielt die ebenfalls stehenden, dreisäuligen Drehtrenner, deren Antriebe senkrecht nach unten geführt waren. Auf niedrigen Fundamenten am Boden standen Dreikesselschalter, Messwandler und Transformatoren. Die ganze Anlage beanspruchte nur zirka 30 m in der Breite.

Schon 1925 gingen die Sächsischen Werke zum gegenteiligen Extrem über (Fig. 4b), wobei alle Apparate nur zirka 50 cm erhöht über dem Boden aufgestellt wurden. Sie mussten deshalb durch eine Umzäunung gegen die zufällige Berührung geschützt werden. Die Sammelschienen und Verbindungen bestanden nun aus gespannten Seilen, zu deren Ab-

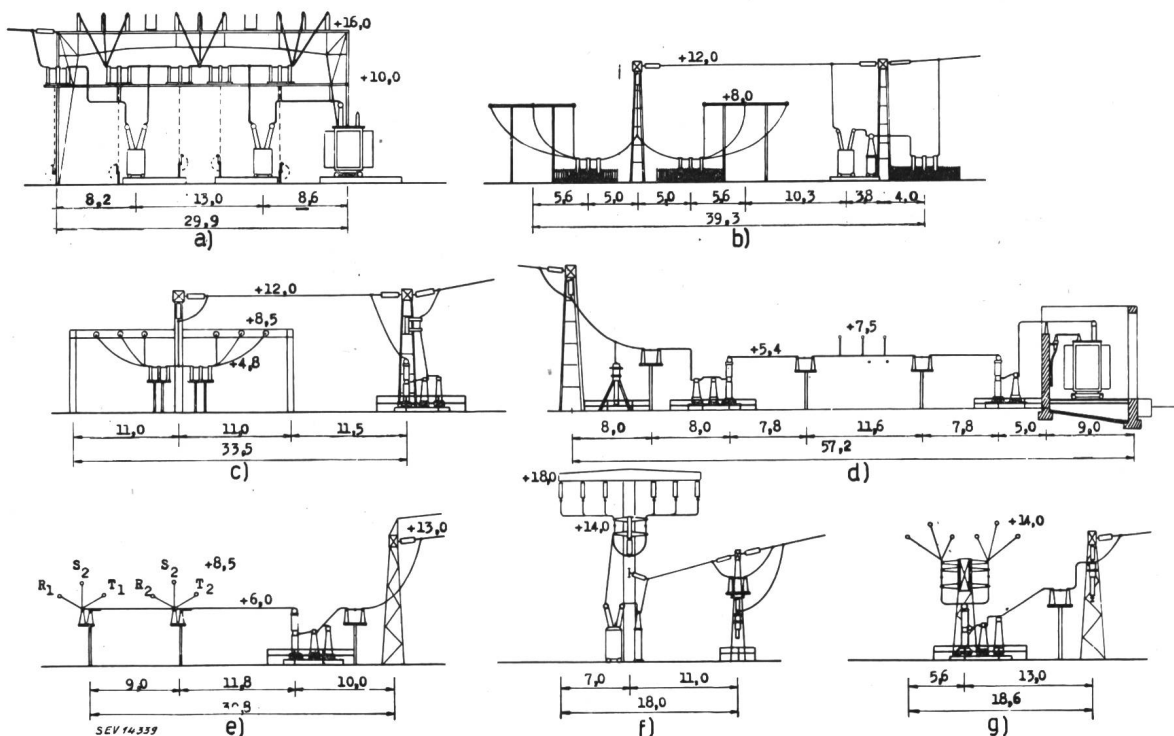


Fig. 4  
Die Entwicklung der deutschen Freiluftanlagen

- a) Hochbauanlage mit U-Sammelschiene 1922
- b) Flachbauanlage der ASW 1925
- c) Normale Halbhochanlage mit Vollwandträgern 1935
- d) Selbsttragende Konstruktion 1935
- e) Kiellinienubauart mit Rohrschiene 1942
- f) T-Bauform mit aufgehängter Sammelschiene 1938
- g) T-Bauform mit Rohrschiene 1942

spannung leichtere Einzelgerüste erforderlich wurden. Die Breite wuchs dabei auf zirka 40 m, bei zweiseitigem Abgang auf 60 m.

Es zeigte sich aber, dass die vielen Einzäunungen doch ein etwas unruhiges Bild brachten und die Aufstellung auch der Trenner am Boden in schnee-reichen Gegenden nicht vorteilhaft war, so dass die Zwischenlösung der Halbhochbauart weiter entwickelt und zur Standardkonstruktion wurde (Figur 4a). Die Sammelschienenträger wurden dabei meistens mit dem mittleren Mast zu einem gemeinsamen festen Portal verbunden, für dessen Bau neben schweren Profileisen auch geschweisste Blechträger oder sogar Schleuderbetonmasten zur Anwendung kamen. Die vertikale Montage des Leitungstrenners am Abspannmast ist wegen der Beanspruchung der Isolatoren auf Biegung nicht zu empfehlen.

Bei Einfachsammelschienen wurde mit Rücksicht auf Tarnung und Materialersparnis die Gerüstkonstruktion bald noch weiter verringert und z. T. ganz weggelassen, wie Fig. 4d zeigt. Die Verbindungsstücke zwischen den einzelnen Apparaten wurden aus selbsttragenden Röhren hergestellt, die auch die Sammelschienen trugen. Für die Transformatoren traten wieder grosse Oelbecken und dann besonders Splitterschutzwände auf, welche die Auswirkung von Beschädigungen bei Luftangriffen vermindern sollten.

Für die 220-kV-Anlagen war unterdessen noch die Tandembauform entwickelt worden (siehe Kapitel 5), bei der die Trenner hintereinander im Zuge der Abzweigung standen. Dies brachte wohl einige Vorteile, dagegen grössere Flächenmasse, so dass kurz vor dem Krieg die gegenteilige Kiellinie zur Anwendung kam, bei der die Trenner in Richtung der Sammelschiene hintereinander liegen. Diese wurde vorerst in den Anlagen mit Seilleitern ausgeführt, dann aber in konsequenter Folgerung auch mit selbsttragenden Rohren (Fig. 4e), wodurch die Gesamtdisposition sehr klar und übersichtlich wurde, und auch der Platzbedarf wieder sank.

Die Kiellinie ermöglichte auch eine systematische Aufteilung in die 3 Baugruppen: Sammelschiene, Schalter, Abgang (Leitung, Kabel oder Transformator), wodurch ausfallende Geräte leicht überbrückt werden konnten. Diese Gedanken waren übrigens schon 1925 beim Entwurf der in Fig. 2b gezeigten amerikanischen Anlagen massgebend.

Aber auch die Hochbauweise erfuhr eine Weiterentwicklung, damit bei beschränktem Platz doch eine übersichtliche Anlage geschaffen werden konnte. Es entstand die T-Form nach Fig. 4f, bei der beide Schienen gemeinsam an einem T-förmigen Träger aufgehängt sind. Auch die T-Form lässt sich noch weiter vereinfachen, wenn die selbsttragende Rohrschiene verwendet wird (Fig. 4g). Es sei übrigens bemerkt, dass ähnliche Dispositionen in den USA schon früher entstanden, wo die Oberspannungsschaltanlagen oft auf dem Dach der Kraftwerke oder zwischen Maschinenhaus und Stauwehr angeordnet wurden, wo wenig Platz zur Verfügung steht.

Bei den neueren Anlagen fällt die allgemeine Verwendung der stehenden, zweisäuligen Dreh-

trenner auf, deren Isolatoren aus 1...2teiligen gerippten Zylindern bestehen. Ferner werden auch die ölarmen Schalter direkt auf den Boden gestellt, wo sie der Kontrolle gut zugänglich sind, jedoch durch ein Schutzgeländer eingeschlossen werden müssen.

#### 4. Schweizerische Anlagen

Die schweizerischen Anlagen höherer Spannung sind nicht sehr zahlreich. Doch lassen sich auch hier zwei ganz verschiedene Tendenzen erblicken. Die anfangs der zwanziger Jahre begonnenen Anlagen der BKW lehnen sich noch stark an die amerikanische Hochbauform an, wenn auch die Verwendung starker Gitterträger möglichst vermieden wurde. Diese finden sich nur zur Versteifung der Abspanngerüste an den Aussenseiten (Fig. 5a). Entgegen der üblichen Bauart wurden dagegen die Sammelschienen tief neben den Trennern gelagert und die Verbindungen darübergelegt, so dass die Gesamthöhe nur etwa 12 m statt 16...30 m betrug, dafür die Breite grösser wurde.

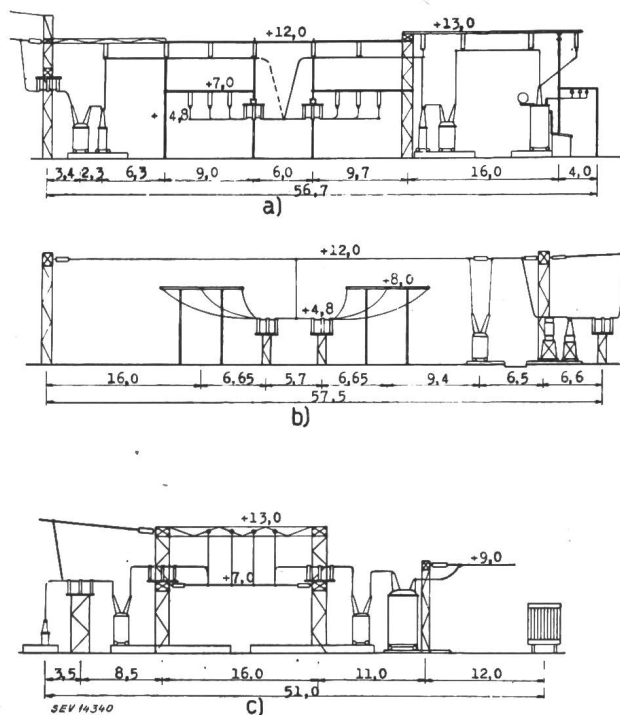


Fig. 5  
Schweizerische Freiluftanlagen  
a) Hochbauform 1922  
b) Halbhochbau 1932  
c) aufgelöster Gitterträgerbau 1926

Spätere Anlagen zeigen dagegen die Merkmale der leichten und aufgelösten Halbhochbauart (Figur 5b), jedoch mit zwei durchgehenden Abspanngerüsten beidseitig der Sammelschienen. Für den Schalter ist dabei in der Ueberspannung ein Zwischenisolator erforderlich, der bei hohen Spannungen besser durch eine Rohrüberführung nach der Messgruppe vermieden würde.

Die Montage der neuzeitlichen Schalter ist noch uneinheitlich. Bei einigen Werken werden diese erhöht auf Gestellen errichtet (Totalhöhe 8...9 m!),

während andere der Flachaufstellung den Vorzug geben und wo nötig die Umzäunung in Kauf nehmen.

Als interessante Zwischenlösung sei noch eine mit 132 kV betriebene Bahnanlage in Fig. 5c gezeigt, welche leichte, grossmaschige Gitterträger mit halbhochliegenden Trennern aufweist, wobei aber für die nicht zur Sammelschiene gehörenden Apparate bereits die Auflösung der Tragkonstruktion angestrebt ist.

### 5. Französische Anlagen

Der französische Schaltanlagebau ist ebenfalls seine eigenen Wege gegangen. Sehr verbreitet ist immer noch die Hochbauart, wobei allerdings ganz schlanke Gittersäulen zur Verwendung kommen, die an die normannische Gotik erinnern. Das unterste Mittelfeld bleibt dabei leer und die Schalter und Wandler werden in die angebauten Nebenfelder verwiesen (Fig. 6a). Die Sammelschienen sind wieder in zwei Stockwerken verteilt.

Eine andere, hauptsächlich bei geringeren Spannungen verbreitete Bauform zeigt Fig. 6b mit der polgetrennten Anlage. Diese bietet wegen der geringen, nur einpoligen Feldbreite dann grosse Vor-

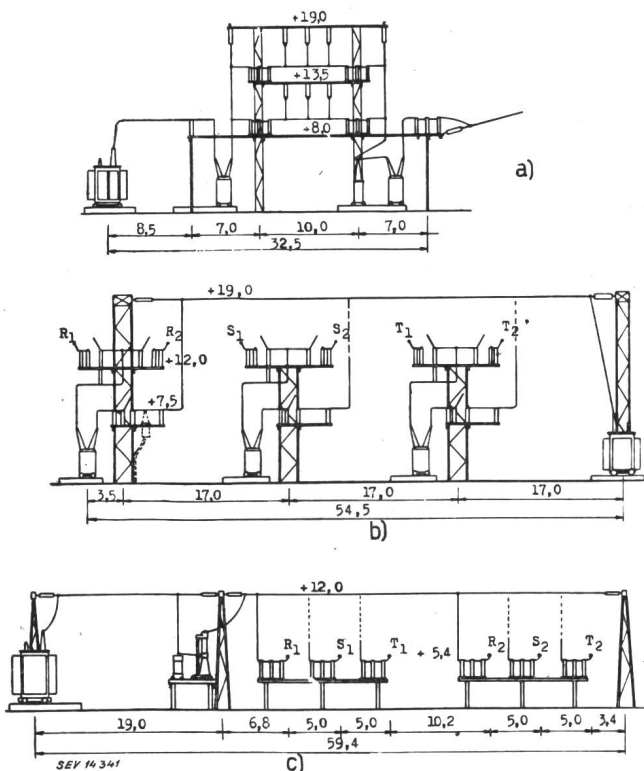


Fig. 6

#### Französische Freiluftanlagen

- a) Hochbauform
- b) Anlage mit Phasentrennung
- c) Halbhochbau in Tandemanordnung

teile, wenn die Abgänge nicht überführt, sondern als Kabel ausgebildet sind. Die Kupplung der Trennerantriebe macht aber Schwierigkeiten, auch leidet die Uebersichtlichkeit.

In Fig. 6c ist endlich eine Darstellung der ebenfalls viel verwendeten Tandembauart gezeigt. Diese eignet sich besonders dann, wenn mehr als zwei Sammelschienensysteme vorhanden sind, braucht aber eine grosse Grundfläche.

### 6. Uebrigens Europa

Hier verlief die Entwicklung in den gleichen Richtungen, wobei sich besonders in Osteuropa der deutsche Einfluss geltend machte, während der Süden mehr den französischen Tendenzen folgte. Eine Ausnahme macht England, wo neben den Hochbaufreiluftanlagen französischen Stils auch gekapselte Freiluftanlagen bis zu Spannungen von 132 kV im

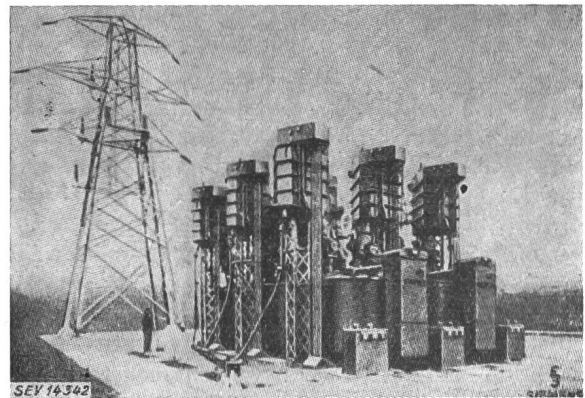


Fig. 7

#### Englische 132-kV-Freiluftanlage in gekapselter Ausführung

Betrieb stehen (Fig. 7). Das isolierende Oel dieser Schaltmaschinen ist mehrfach unterteilt und steht teilweise unter einem Ueberdruck bis zu 15 kg/cm<sup>2</sup>. Neben den grossen Kosten wirken diese Anlagen aber unschön. Auch sind sie für Revisionsarbeiten in ihrer engen Disposition ungünstig. Sie weisen jedoch einen geringen Platzbedarf auf und lassen sich fertig montiert zum Versand bringen, was besonders für den Export wichtig ist.

### 7. Anlagen geringerer Spannung

Bisher wurden Anlagen von Spannungen über 100 kV betrachtet, da sich hier die Entwicklungstendenzen am klarsten herausgebildet haben. Aber auch die Mittelspannungsanlagen und sogar die Freiluftanlagen für Verteilnetze sind von dieser Wandlung der Anschauungen nicht unberührt geblieben. So zeigt Fig. 8 die Gegenüberstellung verschiedener 50-kV-Stationen. Unter a) ist eine ältere Anlage mit schweren Gitterträgern dargestellt, bei welcher die Sammelschienen in zwei Etagen montiert sind. Durch die seitliche Anordnung der Leistungsschalter ergibt sich ein grösserer unausgenützter Raum.

b) zeigt eine neuere Konstruktion aus leichten Profileisen, bei der die Sammelschienen nebeneinander liegen. Die Leitungsführung ist damit bedeutend klarer geworden, wenn auch das Gerüstwerk noch vorherrscht.

Unter c) ist die Anwendung von abgestützten Rohrschienen dargestellt, welche relativ tief liegen, wodurch die Breite der Anlage merklich wächst. Bei geringerem Platz wäre es auch möglich, die Sammelschienenenträger hoch zu stellen und damit näher an die Trenner zu bringen oder gespannte Seile zu verwenden, wodurch sich die Breite von 39 um zirka 8 auf 31 m reduzieren und damit derjenigen der Ausführung b) angleichen würde. Die normale Halbhochbauart mit Seilschienen wird denn auch in steigendem Mass für diese Anlagen angewandt.

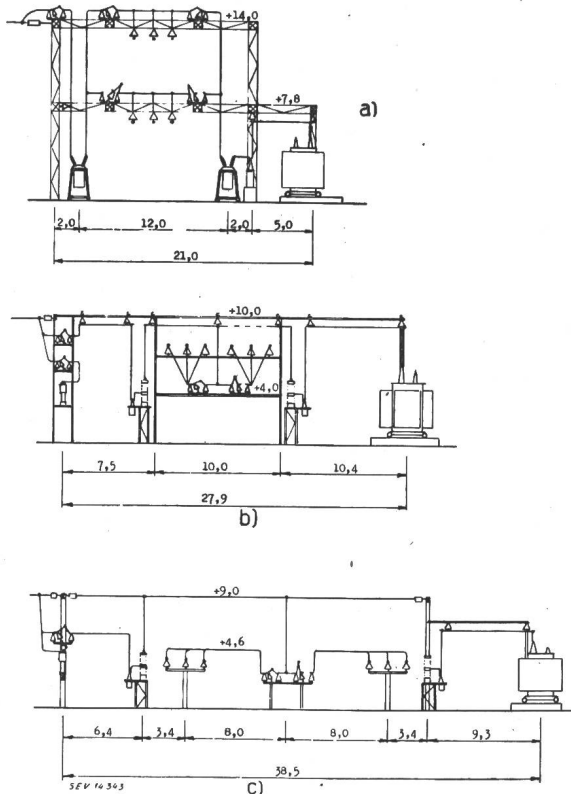


Fig. 8  
 Bauformen von 50-kV-Anlagen  
 a) Hochbauanlage 1922  
 b) Profileisenbau 1930  
 c) aufgelöster Rohrbau 1940

Die Erfahrungen der SBB haben gezeigt, dass sogar die Flachbauart sich bewähren kann, wenn, wie im Bahnbetrieb, genügend Leitungsreserven zur Verfügung stehen, so dass immer ganze Feldereinheiten gemeinsam eingezäunt und bei Revisionen spannungslos gemacht werden können.

8. Zusammenfassung

Es wurde ein Ueberblick über die Entwicklung des Baues von Freiluftanlagen in den verschiedenen Ländern gegeben. Dabei hat sich gezeigt, dass überall die gleichen Bestrebungen massgebend waren, dass aber ihre Auswirkungen doch verschieden sind und von lokalen Verhältnissen abhängen. Allgemein bemühen sich die Konstrukteure darum, die früher üblichen schweren Gerüste möglichst aufzulösen und in eine dem Auge gefällige Konzeption zu bringen, oder sie überhaupt zu vermeiden. Die Gegenüberstellung der dabei erreichten Dimensionen (Tabelle I) ergibt das folgende Resultat:

Tabelle I

Anlage	Breite b. Abgang		Höhe m	Querschnittsfläche	
	1seitig m	2seitig m		1seitig m <sup>2</sup>	2seitig m <sup>2</sup>
<b>150-kV-Anlagen</b>					
USA:					
Hochbau . . . . .	—	34,8	19,8	—	690
Halbhochbau . . . . .	55,6	70,6	13	723	918
Rohrbau . . . . .	77,2	90	11	849	990
Deutschland:					
Hochbau . . . . .	—	29,8	16	—	477
Halbhochbau . . . . .	33,5	45	12	402	540
Flachbau . . . . .	39,5	57,4	7,5	296	430
Rohrkiellinie . . . . .	30,8	52,6	8,5	263	447
T-Form, alt . . . . .	18	22	18	324	396
T-Form, Rohr . . . . .	18,6	26	14	260	363
Schweiz:					
Hochbau . . . . .	—	56,7	13	—	737
Halbhochbau . . . . .	57,5	64,1	12	690	769
Frankreich:					
Hochbau . . . . .	—	32,5	19	—	618
Tandembau . . . . .	59,4	70	12	713	840
<b>50-kV-Anlagen</b>					
Hochbaugitterträger . . . . .	—	21	14	—	294
Hochbauprofileisen . . . . .	—	27,9	10	—	297
Halbhochrohrbau . . . . .	—	38,5	9	—	346

Wie zu erwarten war, zeigt der konventionelle Hochbau mit über den Trennern liegenden Sammelschienen die beste Raumaussnutzung, wenn von der deutschen T-Form abgesehen wird. Sie wird nur noch durch die Kiellinienform mit Rohrkonstruktion übertroffen. Immerhin liegen die Verhältnisse bei der gewöhnlichen Halbhochkonstruktion nicht viel ungünstiger, was beweist, dass die Dimensionierung überall nach den gleichen Gesichtspunkten erfolgt. Einzig die Amerikaner scheinen ihre Anlagen etwas reichlicher zu dimensionieren, was teils durch die Zweischaltermethode, teils auch durch das etwas anders geartete Material bedingt ist.

Adresse des Autors:  
 W. Howald, dipl. Ingenieur, Zimmerbergstr. 18, Thalwil (ZH).