

# Umspannwerke in Zusi - Grundlagen

Umspannwerke sind Knotenpunkte im elektrischen Energieversorgungsnetz. Sie dienen der Übertragung elektrischer Energie zwischen unterschiedlichen Spannungsebenen und der Verbindung verschiedener elektrischer Leitungen. Anlagen, die nur der Kopplung mehrerer Leitungen einer Spannungsebene dienen werden auch als Schaltwerk oder Lastverteilwerk bezeichnet.

Es gibt Umspannwerke als Freiluft- und als Innenraumanlagen sowie Kombinationen aus beidem. Während sich Innenraumumspannwerke optisch nicht wesentlich von anderen Industriegebäuden unterscheiden und daher in Zusi vergleichsweise einfach nachzubilden sind, stellen Freiluftanlagen in Gleisnähe höhere Ansprüche an die Detaillierung. Diese Beschreibung ist eine grundlegende Erklärung des Aufbaus, um dem Zusi-Landschaftsbauer eine Handhabe zum Verständnis der Struktur und Komponenten eines Umspannwerks zu geben. Die nachfolgenden Beschreibungen sind so weit vereinfacht, dass sie ohne tiefgreifendes energietechnisches Fachwissen verständlich sind. Fachleute bitte ich, über dadurch entstehende, für den Zusi-Landschaftsbau aber unwichtige Unschärfen sowie nicht genau den Normen entsprechende, dafür allgemeinverständliche Begriffe hinwegzusehen.

## 1 Begriffsdefinitionen

### **Höchstspannung**

Spannungsebenen 220 kV und 380 kV, die vor allem im Übertragungsnetz verwendet werden.

### **Hochspannung**

Spannungsebene 110 kV, vereinzelt noch 60 kV im Verteilnetz.

### **Mittelspannung**

Spannungsebenen 10 kV bis 30 kV im kleinräumigen Verteilnetz.

### **Niederspannung**

Spannungsebenen mit Nennspannung bis maximal 1 kV Wechselspannung oder 1,5 kV Gleichspannung. Insbesondere fällt darunter die für die häusliche Stromversorgung verwendete Spannungsebene 230/400 V.

### **Primärtechnik**

Die Komponenten einer Umspannanlage, die unmittelbar der Übertragung des elektrischen Energieflusses dienen.

### **Sekundärtechnik**

Die Komponenten, die der Steuerung, Überwachung und dem Schutz der Primärtechnik sowie der zugehörigen Kommunikation dienen.

### **Übertragungsnetzbetreiber**

Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB), englisch Transmission System Operator (TSO) betreiben die überregionalen Höchstspannungsnetze, die der Fernübertragung der elektrischen Energie dienen. In Deutschland sind das derzeit die 4 Firmen Amprion, Tennet TSO, 50Hertz Transmission und TransnetBW.

## Verteilnetzbetreiber

Verteilnetzbetreiber (VNB), englisch Distribution Network Operator (DNO) betreiben das regionale bzw. lokale Netz auf Hoch-, Mittel- und Niederspannungsebene. Dies sind die regionalen Energieversorger, wie z.B. Bayernwerk, E-Netz Südhessen, E.DIS sowie die Stadtwerke.

## Einliniendiagramm

Die Energieversorgungsnetze sind weitgehend als Drehstromnetze (dreiphasig) aufgebaut. Da alle drei Phasen gleichartig aufgebaut und mit Geräten ausgestattet sind, hat sich zur besseren Übersicht eine einphasige Darstellung eingebürgert. Diese wird als Einliniendiagramm, englisch Single-line Diagram, bezeichnet. Jede der dargestellten Komponenten ist also dreifach vorhanden. Diese Darstellung wird auch nachfolgend in der Beschreibung verwendet.

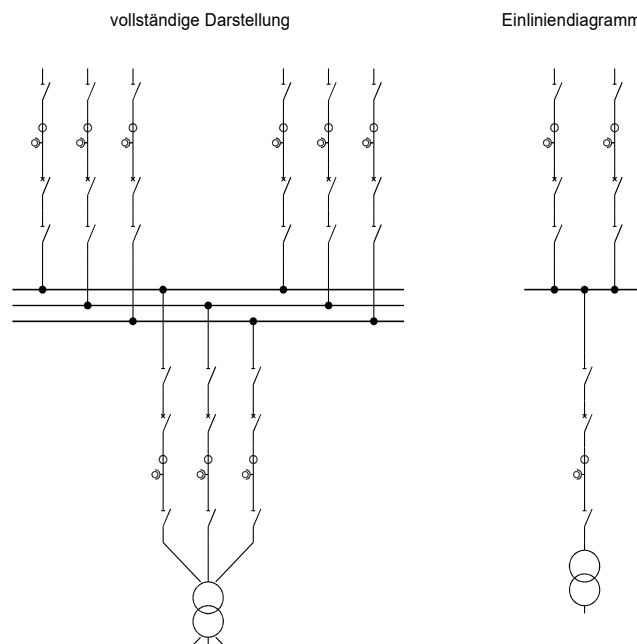


Abbildung 1.1: Vergleich zwischen vollständiger Darstellung und Einliniendiagramm

## 2 Beschreibung der Hauptkomponenten

### 2.1 Felder, Verbindungen

#### 2.1.1 Schaltfeld

Das Schaltfeld ist der komplette Strang mit Schaltgeräten, der eine ankommende Leitung mit der Sammelschiene oder die Sammelschiene mit dem Transformator verbindet. Man unterscheidet begrifflich oft nach Leitungsfeld und Transformatorfeld, was den beschriebenen Anordnungen entspricht.

Die einzelnen Schaltgeräte des Schaltfeldes sind üblicherweise linear hintereinander angeordnet. Die Geräte der drei Phasen stehen nebeneinander, oftmals sind die drei Geräte auf einem gemeinsamen Traggerüst mit gemeinsamem Antrieb angeordnet.

#### 2.1.2 Querungsfeld

Ein Querungsfeld wird benötigt, wenn eine Leitung auf der „falschen“ Seite der Schaltanlage ankommt und zum Beginn des Schaltfeldes die Schaltanlage queren muss. Es besteht aus zwei ausreichend hohen Abspannportalen, so dass der elektrische Sicherheitsabstand zur darunter befindlichen Schaltanlage gewahrt ist. Diese Portale sind mittels Leiterseilen verbunden.

Falls der Endmast der Freileitung ausreichend hoch ist und geeignet steht, kann auf diese Anordnung verzichtet und die Leitung direkt zum Abspannportal am Beginn des Schaltfeldes geführt werden.

Oftmals wird auch der Begriff Überspannung eingesetzt, den ich hier wegen der Verwechslungsgefahr mit der elektrischen Überspannung vermeide.

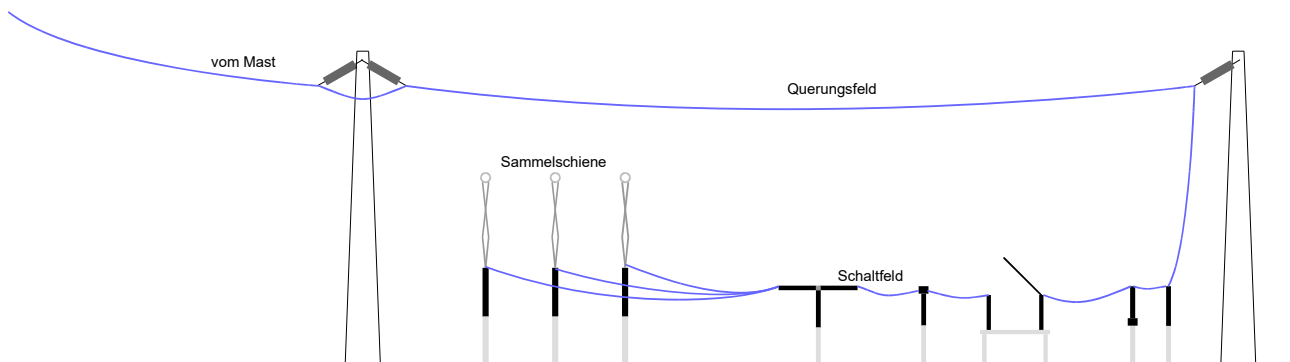


Abbildung 2.1: Querungs- und Schaltfeld

#### 2.1.3 Sammelschiene

Die Sammelschiene stellt die Verbindung mehrerer Schaltfelder innerhalb des Umspannwerkes dar. Sie verläuft orthogonal zu den Schaltfeldern und ermöglicht den Stromfluss von einem Schaltfeld zum anderen.

Je nach Spannungsebene, benötigter Stromtragfähigkeit und Art des Anschlusses der Schaltfelder wird die Sammelschiene entweder aus zwischen Gerüsten gespannten Seilen oder auf Stützern getragenen Rohren errichtet.

## **2.1.4 Sammelschienenkupplung**

Eine Sammelschienenkupplung ist eine Sonderform eines Schaltfeldes, das der wahlweisen Verbindung zweier Sammelschienen in einer Mehrfachsammschienenanlage dient. Es hat üblicherweise die Breite zweier „normaler“ Schaltfelder.

## **2.1.5 Sammelschientrennung**

Im Gegensatz zur Sammelschienenkupplung, die es erlaubt, zwei Sammelschienen miteinander zu verbinden, erlaubt es die Sammelschientrennung, eine einzelne Sammelschiene in mehrere Segmente aufzuspalten. Sie ist üblicherweise als Trennschalter ausgeführt und darf daher nur geschaltet werden wenn die Sammelschiene insgesamt abgeschaltet ist. Sie dient dazu, bei einem Schaden in einem Teil der Sammelschiene nach kurzzeitiger Abschaltung zumindest den unbeschädigten Abschnitt wieder einschalten und weiterbetreiben zu können. Eine typische Anwendung ist im Abschnitt 3.2 zu sehen.

## **2.1.6 Portal, Abspanngerüst**

Zum Abfangen der ankommenden Leitungen oder dem Halten von Seilsammelschienen werden Konstruktionen errichtet, die üblicherweise aus zwei vertikalen Säulen und einer verbindenden Traverse bestehen und die so stark ausgeführt sind, dass sie alle statischen und dynamischen Kräfte aus den angeschlossenen Leiterseilen aufnehmen können. An dieser Konstruktion werden Isolatoren angebracht, die wiederum die Leiterseile tragen.

Sie werden je nach Größe als Stahlgitter oder -profilkonstruktion, seltener aus Beton errichtet.

# **2.2 Schaltgeräte**

## **2.2.1 Leistungsschalter**

Leistungsschalter dienen dem Ein- und Ausschalten eines Stromkreises im Betriebs- und Fehlerfall. Sie sind in der Lage, ohne Last, mit betrieblicher Last und auch unter vollem Kurzschlussstrom den Stromkreis aufzutrennen und den Stromfluss zu unterbrechen. Sie bieten allerdings keine sichtbare Trennstrecke und sind nicht vollständig sicher gegen Überschläge bei Überspannung. Daher sind in Reihe dazu fast immer Trennschalter angeordnet.

Leistungsschalter bestehen aus in einem Isolator eingebauten Schaltkammer, die senkrecht auf einem Stützisolator steht und von der ein Anschluss am oberen, der andere am unteren Ende abgeht. Im Höchstspannungsbereich sind die Schaltkammern oft T-förmig horizontal auf dem Stützisolator angeordnet und die Leitungen gehen von den jeweils äußeren Enden ab. Es existieren auch andere Bauformen, die in Mitteleuropa allerdings sehr selten sind.

## **2.2.2 Trennschalter**

Trennschalter dienen zur sichtbaren und elektrisch sicheren Auftrennung eines Strompfades. Die hergestellte Trennstrecke ist so lang, dass es auch bei den der Spannungsebene entsprechenden möglichen Überspannungen nicht zum Überschlag kommt.

Im Gegensatz zu Leistungsschaltern dürfen Trennschalter nur stromlos geschaltet werden. Schaltet man sie, während ein Strom fließt, so kommt es zur Zerstörung der Kontakte.

In Umspannwerken gängige Ausführungen sind Schwenktrenner und Scherentrenner.

**Schwenktrenner** bestehen aus zwei Stützisolatoren, an deren oberem Ende Schwenkarme angebracht sind. Diese schwenken horizontal, im Höchstspannungsbereich auch vertikal nach oben, um die Trennstelle herzustellen. Es gibt Ausführungen mit zwei Schwenkarmen, die in der Mitte zwischen den Stützisolatoren ineinander greifen oder mit einem Schwenkarm, der in einen Kontakt am gegenüberliegenden Stützisolator greift.

**Scheren-, Pantographen- oder Greifertrenner** bestehen aus einer zangenartigen Konstruktion auf einem Stützisolator, die beim Schließen nach oben wandert, wobei sich die beiden Kontaktstücke einander annähern und den oben befindlichen Gegenkontakt von beiden Seiten greifen. Diese werden vor allem zum Verbinden eines Schaltfeldes mit einer Sammelschiene in Höchstspannungsschaltanlagen verwendet.

### 2.2.3 Erdungsschalter

Erdungsschalter sind dafür vorgesehen, abgeschaltete Anlagenteile zur Herstellung elektrischer Sicherheit (Sicherstellung der Spannungsfreiheit) mit Erde zu verbinden. Häufig sind sie mit Trennern in einem Bauteil vereinigt (**Trenner-Erder-Kombination**).

Erdungsschalter bestehen aus einer am unteren geerdeten Ende des zugehörigen Stützisolators angeordneten Schaltstange, die nach oben zum zu erdenden Leiter schwenkt.

## 2.3 Transformatoren, Wandler

### 2.3.1 Leistungstransformator

Leistungstransformatoren dienen der Übertragung der elektrischen Energie von einer Spannungsebene auf eine andere. Die höhere Spannungsebene wird als Oberspannung, die niedrigere als Unterspannung bezeichnet, die entsprechenden Wicklungen im Transformator entsprechend als Oberspannungs- und Unterspannungswicklung.

In Umspannwerken werden üblicherweise **Öltransformatoren** eingesetzt. Bei diesen befinden sich die Wicklungen in einem ölgefüllten Transformatorkegel. Das Öl dient zusammen mit der Wicklungsisolierung (meist aus Papier) der elektrischen Isolation und außerdem der Kühlung. Für letzteren Zweck wird es zwischen dem Transformatorkegel und angebauten oder frei daneben stehenden Radiatoren umgewälzt, entweder durch natürliche Konvektion oder mittels Pumpe. Zur Verbesserung der Kühlung bei hoher Leistung können die Radiatoren temperaturgesteuert durch Gebläse mit einem verstärkten Luftstrom umspült werden. Die Anschlüsse sind über Durchführungsisolatoren nach außen geführt, deren Länge und gegenseitiger Abstand von der Spannungsebene abhängt.

Um bei einer Beschädigung des Kessels, der Ölleitungen oder der Radiatoren eine Umweltgefährdung auszuschließen werden die Transformatoren auf einer Transformatorwanne aufgestellt, die so groß bemessen ist dass sie den kompletten Ölinhalt des Transformators aufnehmen kann.

Besonders im Bereich kleinerer Leistung und niedrigerer Spannung werden auch **Gießharztransformatoren** eingesetzt, bei denen die Wicklungen in einem Gießharzblock als Isolierung eingebettet sind.

Insbesondere für die Umspannung von 110 kV auf die Mittelspannungsebenen 10 – 30 kV ermöglicht es die vergleichsweise kleine erforderliche Leistung in Verbindung mit den geringen Schutzabständen, sogenannte **Wandertransformatoren** einzusetzen. Deren Abmessungen und Masse erlauben es, den kompletten Transformator inklusive Anbauteilen und Ölfüllung auf Straße oder Schiene an einen anderen Einsatzort zu befördern.

## 2.3.2 Wandler

Aufgrund der hohen Spannungen und Ströme in Umspannwerken sind diese Größen nicht zur direkten Verarbeitung in Schutz- und Messgeräten geeignet. Daher sind Einrichtungen erforderlich, welche diese Größen proportional auf ein Niveau umwandeln, das von den Schutz- und Meßgeräten verarbeitet werden kann. Durch die Proportionalität der Wandlung kann eindeutig auf den ursprünglichen Wert geschlossen werden.

**Stromwandler** sind als Transformator aufgebaut, dessen Primärwicklung vom zu erfassenden Strom durchflossen wird. Die Sekundärwicklung muss im Betrieb immer Bestandteil eines niederohmigen Stromkreises sein. Würde der Wandler sekundärseitig offen betrieben, so würde er durch die dann dort entstehende hohe Spannung zwangsläufig zerstört. Inzwischen gibt es auch andere Stromwandlerprinzipien, z.B. magnetooptische Wandler. Stromwandler können, anstatt als einzelnes Bauteil aufgestellt zu werden, auch in andere Bauteile integriert werden, wie z.B. in Durchführungsisolatoren an Transformatoren.

**Spannungswandler** dienen der Erfassung der an einem Leiter anliegenden Spannung. Sie sind entweder als Transformatoren (induktiver Spannungswandler) oder als kapazitiver Spannungsteiler ausgeführt. In Hochspannungsanlagen werden überwiegend kapazitive Spannungswandler eingesetzt.

Werden Strom- und Spannungswandler in einem Bauteil kombiniert, so spricht man von einem **Kombiwandler**.

Abhängig von ihrer Aufgabe unterscheidet man Schutz- und Messwandler.

Schutzwandler müssen in der Lage sein, die Messgrößen im Betriebs- sowie im Fehlerfall zu übertragen, z.B. Betriebsstrom in der Größenordnung bis 4 kA, aber auch Kurzschlussstrom bis zu 80 kA, manchmal mehr. Dafür nimmt man weniger große Genauigkeit als bei Messwandlern in Kauf.

Messwandler müssen im Normalbetrieb eine hohe, exakt definierte Genauigkeit aufweisen, da sie zur Tarifzählung und der damit verbundenen Abrechnung des Energiebezugs verwendet werden. Es ist aber nicht erforderlich, dass sie im Kurzschlussfall noch zuverlässig übertragen.

## 2.4 Sonstige Komponenten

### 2.4.1 Überspannungsableiter

In elektrischen Netzen können kurzzeitig Spannungswerte auftreten, die weit über der betrieblichen Spannung der Anlage liegen. Überspannungen können in Folge von Blitzeinschlägen oder Schaltvorgängen auftreten. Solche transienten Überspannungen können, wenn ihre Höhe nicht auf ein zulässiges Maß begrenzt wird, zu einer Beschädigung von Komponenten führen.

Zur Begrenzung der Überspannungen werden Überspannungsableiter eingesetzt. Diese sind hochohmig, so lange die anliegende Spannung kleiner als ihre Ansprechspannung ist und werden sehr niederohmig, sobald diese überschritten wird. Überspannungsableiter in Umspannwerken sind üblicherweise in einen Isolatorkörper eingebaut und können leicht mit einem Stützer verwechselt werden. Sie können oft neben ihrer eigentlichen Funktion dessen Aufgabe mit übernehmen.

Für die Anordnung der Überspannungsableiter in der Schaltanlage gelten keine festen Regeln. Sie wird je nach der Struktur der Anlage so festgelegt, dass mit einer möglichst geringen Anzahl in allen möglichen Schaltzuständen die gefährdeten Anlagenteile geschützt werden.

## 2.4.2 Stützer

Ein Stützer ist ein isolierendes Bauteil, dessen Funktion einzig darin besteht, eine Stromschiene oder ein Seil in seiner Position zu halten. Stützer finden Verwendung wenn eine größere Strecke mit einer Stromschiene oder einem Seil zu überbrücken ist oder an der Stelle, an der zwischen Seil und Schiene gewechselt wird.

Eine typische Anwendung ist auch das Tragen von Rohrsammelschienen.

## 2.4.3 Kabelabschlussgerüste

Wird eine Leitung in Form von erdverlegten Starkstromkabeln in die Freiluftschaltanlage eines Umspannwerks eingeführt, so wird ein Kabelabschlussgerüst errichtet, das die Kabelendverschlüsse trägt. Am oberen Ende der Kabelendverschlüsse werden dann die Stromschienen oder Leiterseile des Schaltfeldes angeschlossen.

## 2.4.4 Kompensationsanlagen

Aufgrund der Induktivitäten und Kapazitäten im Stromnetz und bei den Verbrauchern kommt es mit zunehmender Leitungslänge zu einer immer größeren Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Ein gewisses Maß an Phasenverschiebung ist für einen stabilen Netzbetrieb erforderlich, zu viel ist aber kontraproduktiv. Zur Regelung werden daher in einigen über das Netz verteilten Umspannwerken Kompensationsanlagen eingesetzt. Diese bestehen je nach Regelrichtung aus Induktivitäten und/oder Kondensatoren, welche über Schaltfelder ähnlich wie die Transformatoren mit der Sammelschiene verbunden werden.

## 2.4.5 Schutz, Steuerung, Messung, Kommunikation

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Einrichtungen gehören zur Sekundärtechnik des Umspannwerks.

**Schutz**einrichtungen dienen der Erkennung von Fehlerzuständen (Kurzschlüsse, Erdschlüsse, Überlast etc.) und dem möglichst kleinräumigen, gezielten, selektiven Abschalten der betroffenen Netzabschnitte. Dem Zweck dienen Strom- und Spannungs-Schutzwandler und zugehörige Schutzgeräte.

Steuerung bedeutet die Möglichkeit, geplante Schaltvorgänge durchzuführen. Dies erfolgt auf der Ebene der **Feldsteuerung** für ein einzelnes Schaltfeld, der **Stationssteuerung** für das gesamte Umspannwerk und der **Fernsteuerung** für das gesamte Netz. Während die Fernsteuerung aus einer zentralen Leitstelle erfolgt, besteht die Möglichkeit der Stationssteuerung über einen Bedienplatz in einem Betriebsgebäude des Umspannwerks und die Feldsteuerung an einem direkt dem Schaltfeld

zugeordneten Bedientableau. Letzteres befindet sich häufig zusammen mit den Schutzgeräten des Schaltfeldes häufig in einem direkt am Schaltfeld angeordneten kleinen Modulgebäude. Zur Steuerung gehört auch die Überwachung des aktuellen Betriebszustandes.

Messung bedeutet die Erfassung des Energieflusses zum Zwecke der Überwachung und der Tarifaufrechnung. Dazu sind Messwandler und zugehörige Erfassungsgeräte vorhanden.

Zur Verbindung der verschiedenen Ebenen der Steuerung, Überwachung und des Schutzes sind Kommunikationsverbindungen innerhalb des Umspannwerks sowie zwischen diesem und benachbarten Umspannwerken sowie zur Leitstelle vorhanden.

Da die hier beschriebenen Einrichtungen, mit Ausnahme der Wandler, sich in Gebäuden befinden, ist nur die Nachbildung der Gebäude erforderlich.

## 2.4.6 Mittel- und Niederspannungsanlagen

Die Schaltanlagen für Mittel- und Niederspannung sind nahezu immer als Innenraumanlagen ausgeführt, so dass die Nachbildung des zugehörigen Betriebsgebäudes ausreicht.

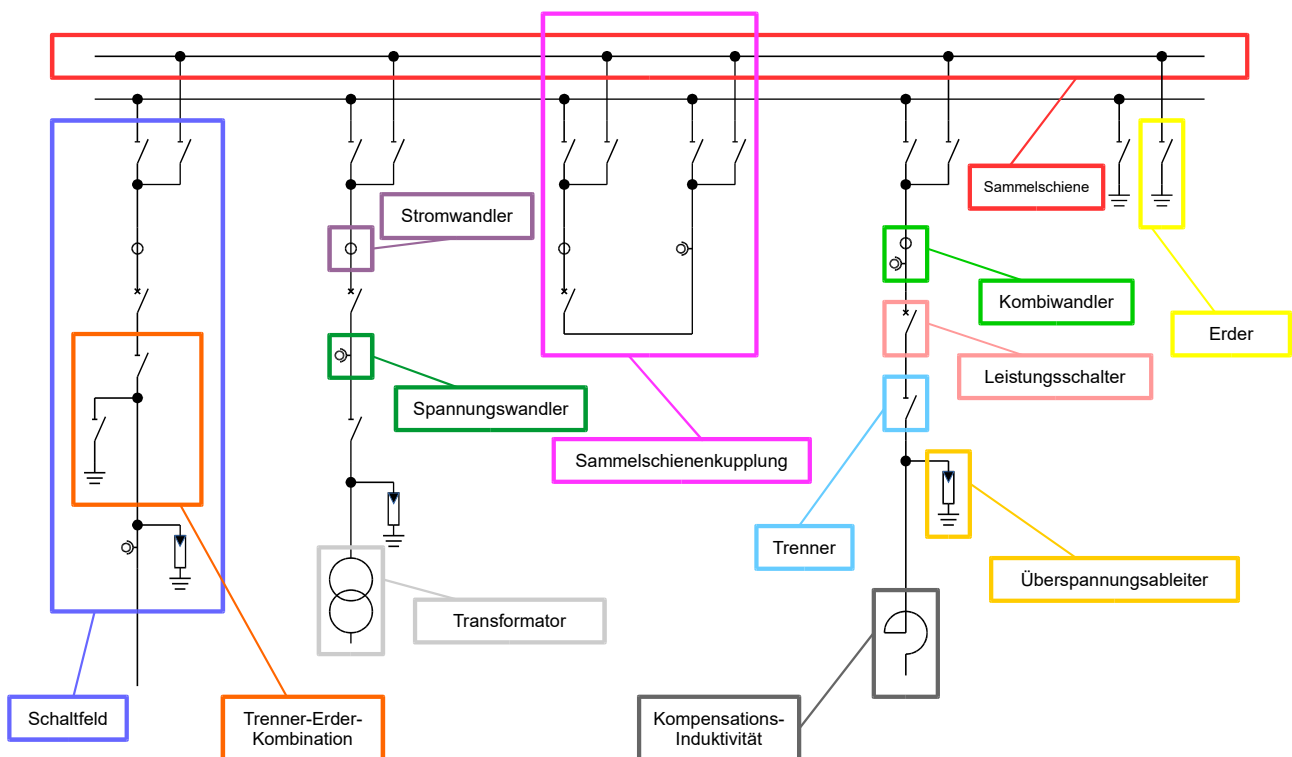


Abbildung 2.2: Umspannwerkskomponenten

## 2.5 Freileitungsmaste

Freileitungsmaste werden im Hoch- und Höchstspannungsbereich üblicherweise als Stahlgittermaste ausgeführt. Betonmaste oder Stahlrohrmaste gibt es auch, sie sind aber auf diesen Spannungsebenen selten im Einsatz. Abbildung 2.3 zeigt den grundlegenden Aufbau eines Hochspannungsmastes.



Werden grundsätzlich gleiche, aber unterschiedlich hohe Maste benötigt, so variiert man die Höhe des Maststiels, während Mastfuß und -kopf gleich bleiben. Bei kleinen Masten entfällt manchmal der Mastfuß, der Stil sitzt dann direkt auf dem Fundament.

Die Maste können auch mit einer V-förmig gegabelten Erdseilspitze zur Mitführung zweier Erdseile ausgeführt sein. Manchmal wird auch auf die Erdseilspitze verzichtet, dann werden Erdseile an den Spitzen der obersten Traverse mitgeführt. Die Anzahl der Isolatoren einer Isolatorkette ist ein Hinweis auf die Spannungsebene (110 kV ein Isolator, 220 kV zwei Isolatoren, 380 kV drei Isolatoren). In Bereichen, in denen mit starker Schmutzablagerung zu rechnen ist (z.B. Küstennähe, Industrie mit hohem Staubausstoß) werden die Isolatorketten manchmal um einen Isolator halber oder ganzer Länge vergrößert.

Anstatt einzelner Leiterseile kommen besonders bei höheren Spannungen Bündelleiter aus zwei, drei oder vier Seilen zum Einsatz. Auf der 110kV-Ebene werden gelegentlich Zweierbündel verwendet, wenn besonders hohe Leistungsanforderungen bestehen, ansonsten sind einzelne Leiterseile üblich.

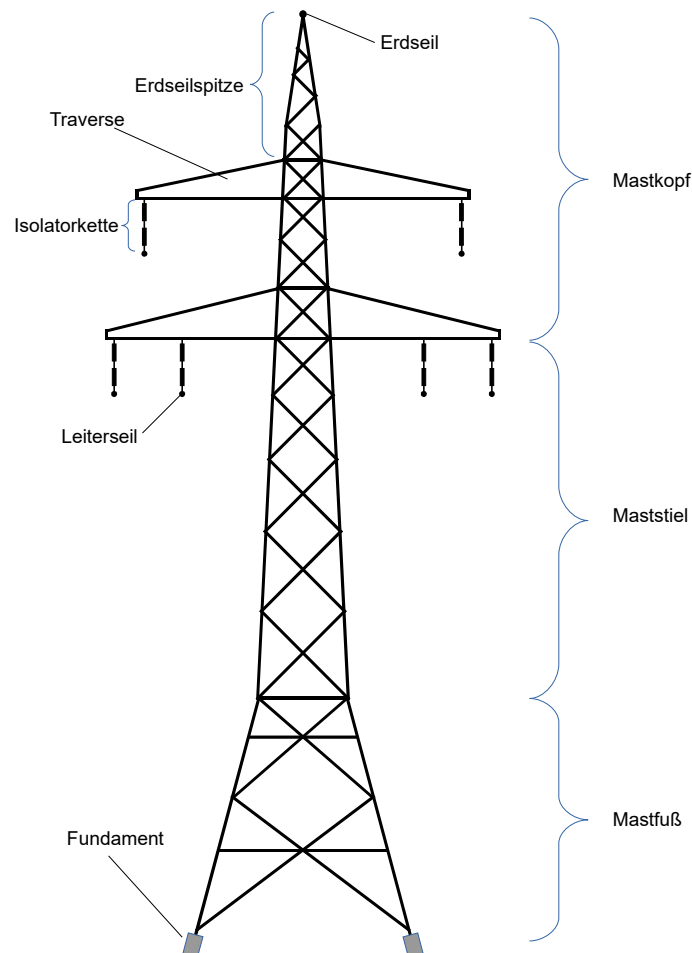


Abbildung 2.3: Mastkomponenten (Gitterwerk vereinfacht)

Man unterscheidet Tragmaste und Abspannmaste.

**Tragmaste** weisen senkrecht hängende Isolatorketten auf. Sie sind im Wesentlichen darauf ausgelegt, die Masse der Seile zu tragen und die zusätzlichen Kräfte durch Wind- und Eislast aufzunehmen.

**Abspannmaste** kommen dann zum Einsatz, wenn zusätzlich Zugkräfte aufzunehmen sind. Das ist immer dann der Fall, wenn die Freileitung sich nicht in weitgehend gerader Linie fortsetzt. Abspannmaste sind kräftiger als Tragmaste, häufig mit breiterem Fundament, ausgeführt. Die Isolatorketten hängen nicht senkrecht sondern sind in Richtung der abgehenden Seile geneigt. Entlang der Trasse gibt es *Winkelabspannmaste*, wenn sich die Richtung der Leitung ändert. Endet eine Leitung, z.B. beim Übergang auf eine Kabelstrecke, werden *Endabspannmaste* eingesetzt, bei denen nur in einer Richtung Freileitungen abgehen. Der letzte Mast vor dem Unterwerk ist häufig auch als Abspannmast ausgeführt. Auch auf gerader Trasse können Abspannmaste vorkommen, wenn z.B. breite Flüsse oder Autobahnen zu überspannen sind und dabei ein besonders hoher Mastabstand erforderlich ist.

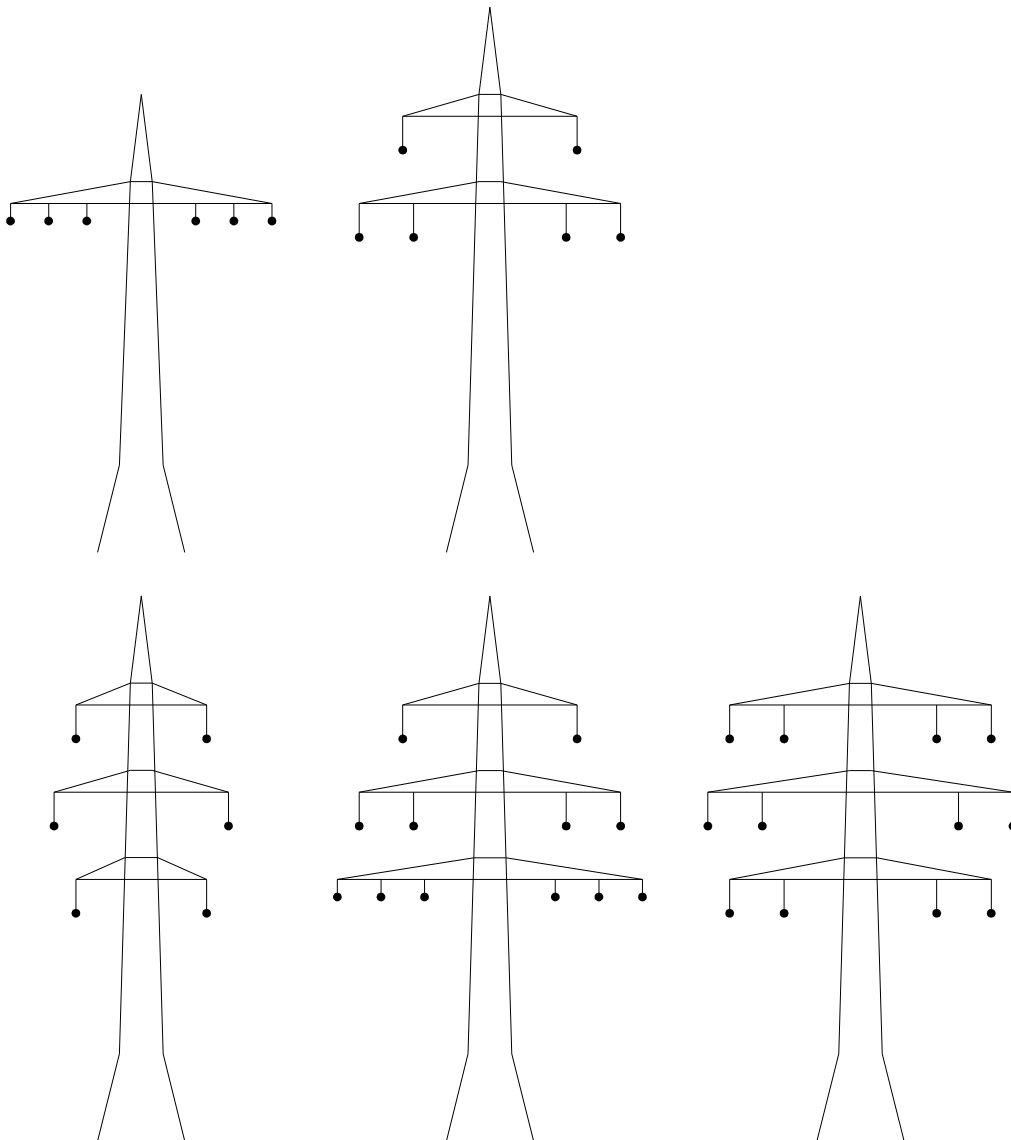


Abbildung 2.4: Mastbauformen

Abbildung 2.4 zeigt verschiedene gängige Mastbauformen:

- oben links ist ein **Einebenenmast** dargestellt. Dieser kommt sowohl mit vier Leiterseilen bei Bahnstromleitungen als auch mit sechs Leiterseilen im Drehstromnetz vor.
- oben rechts ist ein **Zweiebenenmast**, auch **Donaumast** genannt, dargestellt. Diese Bauform wird sehr häufig für zweisystemige Drehstromfreileitungen eingesetzt.
- die untere Reihe stellt verschiedene Ausführungen von **Dreiebenenmasten** dar.
  - die linke Ausführung verwendet man anstatt Donaumasten, wenn eine besonders schmale Trasse ausgeführt werden soll.
  - die mittlere Ausführung ist typisch, wenn zwei unterschiedliche Spannungsebenen auf einer Trasse geführt werden, z.B. oben 380 oder 220 kV auf zwei Traversen, unten 110 kV auf einer.
  - rechts ist eine Ausführung dargestellt, die bei Höchstspannungstrassen mit vier Drehstromsystemen Anwendung findet. Eine Aufteilung wie in der Mitte würde wegen der großen erforderlichen Leiterabstände eine sehr breite untere Traverse erfordern.

Die linke und rechte Ausführung bezeichnet man wegen der Form der Umgrenzung der Traversen auch als **Tonnenmast**, die mittlere als **Tannenbaummast**.

Es gibt viele weitere Bauformen, die speziell für Sonderanwendungen entworfen werden. Beispiele sind Abzweigmasten, die zusätzliche Traversen im 90°-Winkel zu denen der Haupttrasse für die abzweigende Trasse tragen, Endmasten mit Kabelendverschluss-traverse, Dreiebenenmasten mit Halbtraversen links/rechts/links wenn nur ein Drehstromsystem zu führen ist.

# 3 Aufbau eines Umspannwerks

## 3.1 Vereinfachtes Umspannwerk

Beim vereinfachten Umspannwerk verzichtet man auf die Errichtung einer Sammelschiene. Es wird dann angewendet, wenn der Platzbedarf und günstige Preis höher zu priorisieren ist als die Verfügbarkeit des Umspannwerks. Typische Anwendung sind Einspeisungen ins Hochspannungsnetz aus Solar- oder Windparks beschränkter Ausdehnung, wenn kein Umspannwerk in der Nähe existiert oder ein bestehendes Umspannwerk nicht mehr erweitert werden kann.

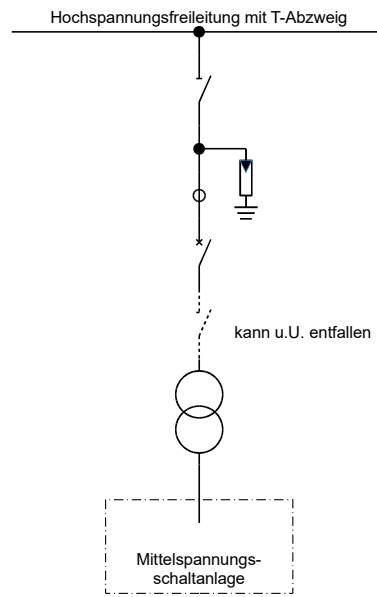


Abbildung 3.1: Vereinfachtes Umspannwerk

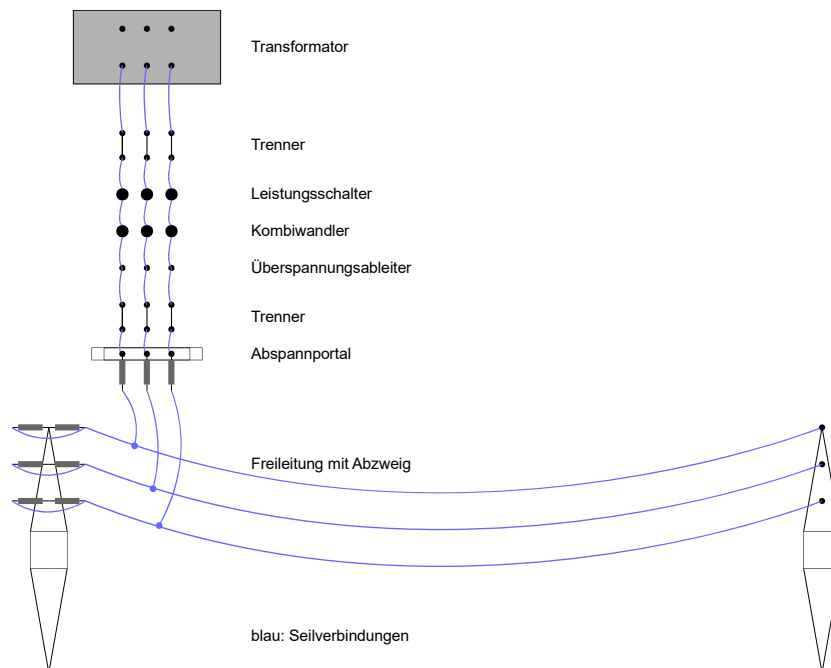


Abbildung 3.2: Vereinfachtes Umspannwerk - Draufsicht

## 3.2 Einfachsammschienenanlage

Einfachsammschienenanlagen stellen die typische Konfiguration für Umspannwerke zur Einspeisung aus Hochspannungsleitungen in Mittelspannungs- oder Regionalnetze dar, wenn das Umspannwerk keine Knotenpunktsfunktion im Hochspannungsnetz hat.

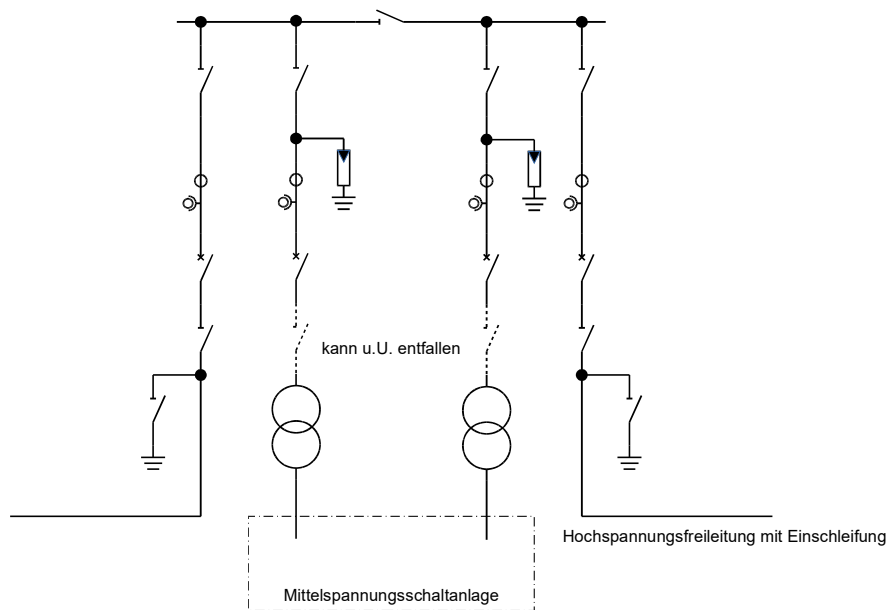


Abbildung 3.3: Hochspannungsschaltanlage mit Einfachsammschiene mit Trennung

## 3.3 Mehrfachsammschienenanlage

Mehrfachsammschienenanlagen kommen dann zum Einsatz, wenn sehr hohe Verfügbarkeit der Anlage (Fehlertoleranz) erforderlich ist und/oder die Lastverteilung zwischen mehreren Hoch-/Höchstspannungsleitungen gesteuert werden muss.

Die in den nachfolgenden Bildern nicht dargestellte Schaltanlage auf der Unterspannungsseite der Transformatoren kann je nach Aufgabe eine Einfach- oder Mehrfachsammschienenanlage sein.

Im Extremfall befindet sich jenseits des Transformators nur ein Satz Überspannungsableiter und ein Abspanngerüst zum Übergang auf eine Freileitung. Das kann dann der Fall sein, wenn aus Platz- oder Zugänglichkeitsgründen oder aufgrund der historischen Entwicklung die zugehörige Schaltanlage in einiger Entfernung steht. Als Beispiel sei das [Umspannwerk Mechlenreuth](#) (z.zt. im Umbau) mit 380-kV-Schaltanlage und 380-/110-kV-Transformatoren genannt, das über eine Freileitung die 110-kV-Schaltanlage des [Umspannwerks Münchberg](#) speist.

Die Anordnungen in den nachfolgenden Abbildungen sind ebenso wie in den beiden vorstehenden Abschnitten als Beispiele zu verstehen. Das Vorhandensein und die Abfolge einzelner Komponenten kann durchaus abweichen. Beispielsweise hängt die Positionierung der Wandler davon ab, welche Funktion sie erfüllen sollen. Spannungswandler unmittelbar an den Freileitungsabgängen, wie in den Abbildungen 3.4 und 3.5 erlauben die Messung der Spannung auf der Leitung, auch wenn das Schaltfeld getrennt ist. Braucht man diese Funktionalität nicht, wird man den Wandler erst nach dem Trenner anordnen. Ebenso entfallen vielfach die Trenner unmittelbar vor den Transformatoren.

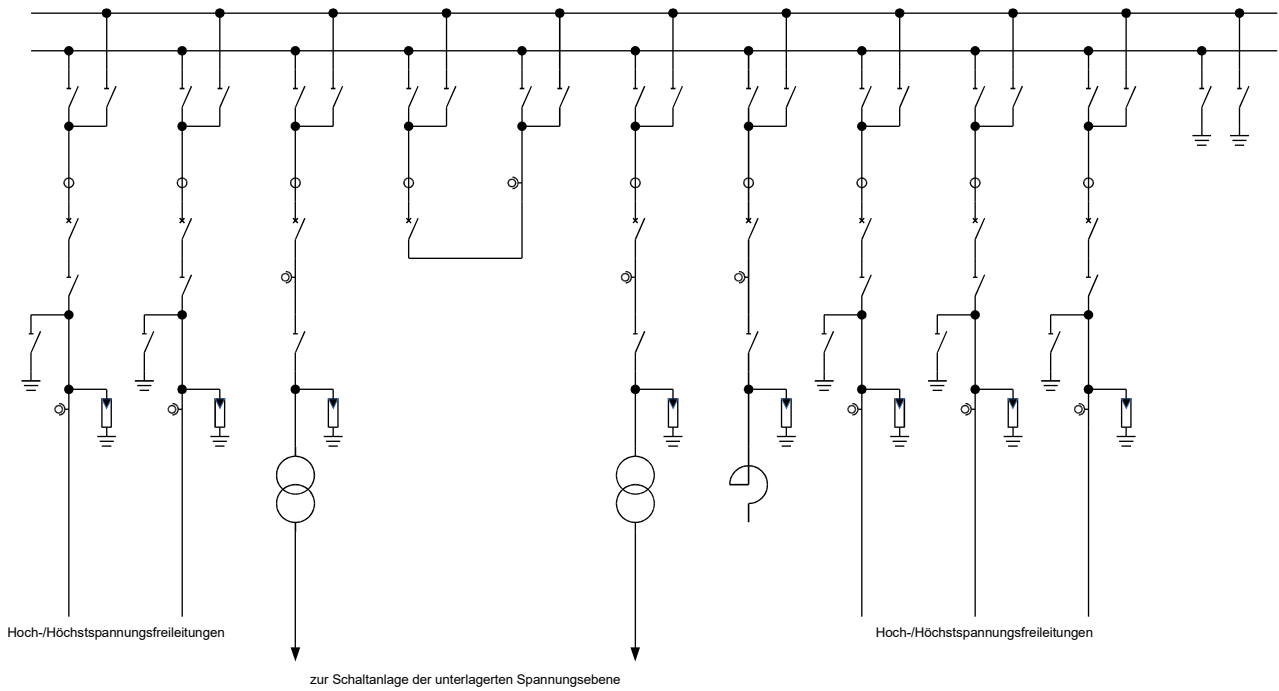


Abbildung 3.4: Hoch-/Höchstspannungsschaltanlage mit Doppelsammelschiene

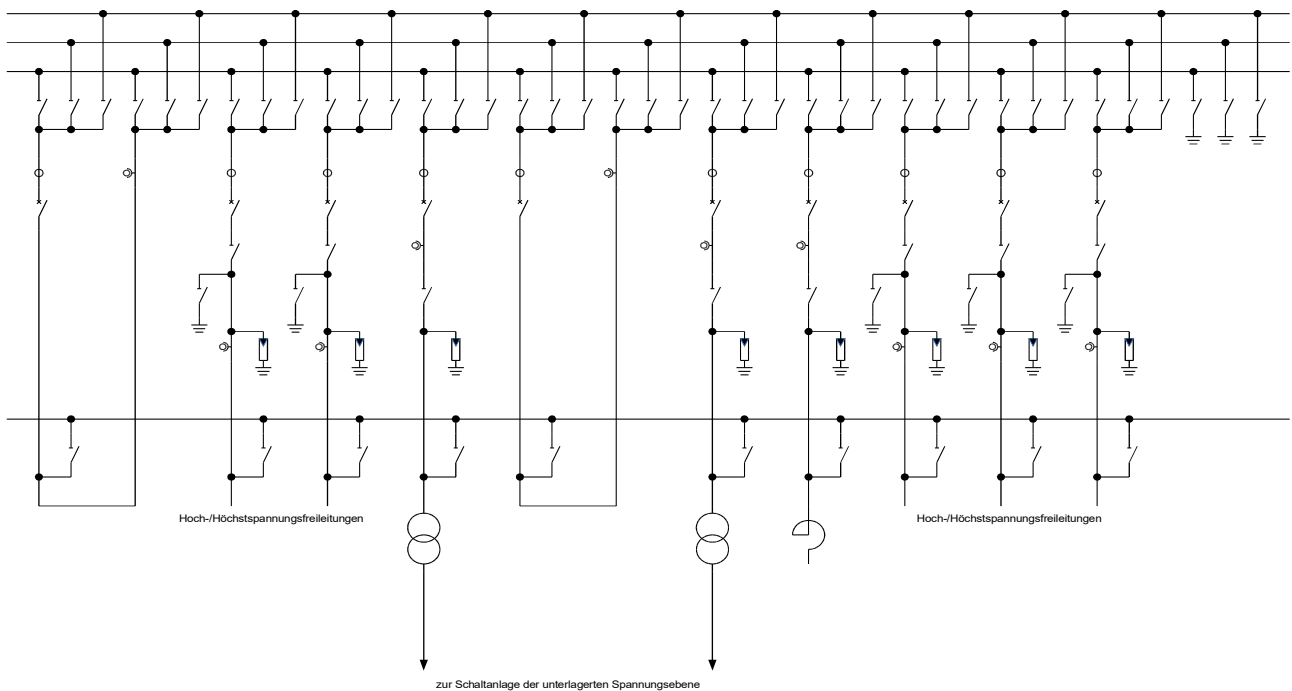


Abbildung 3.5: Hoch-/Höchstspannungsschaltanlage mit Dreifachsammelschiene, Umgehungschiene und zwei Kupplungen

### 3.4 Geometrische Anordnung

Je nach Platzverfügbarkeit und grundlegender Planungsphilosophie des Betreibers können die Schaltfelder einseitig oder beidseitig der Sammelschienen angeordnet sein. Es gibt auch Umspannwerke mit einfach oder mehrfach abgeknickten Sammelschienen (Beispiel: [UW am Kraftwerk Franken 1](#)).