

3 Ausführung der Anlage

3.1 Primärtechnik

3.1.1 Anschlussanlage

Der Anschluss der Erzeugungsanlage bzw. der Kundenanlage mit Erzeugungsanlage an das Netz des Netzbetreibers erfolgt über eine Anschlussanlage (siehe Anhang A, Bild „Begriffe“). In diesem Kapitel werden technische und organisatorische Grundsätze für die Anschlussanlage beschrieben. Einzelheiten hierzu werden jeweils zwischen dem Netzbetreiber und dem Betreiber der Erzeugungsanlage festgelegt.

Für die Errichtung der Anschlussanlage sind die BDEW-Richtlinie „Technische Anschlussbedingungen - Mittelspannung“⁸, die Anschlussbedingungen der Netzbetreiber und die allgemein gültigen Bestimmungen von Mittelspannungsanlagen (insbesondere die der DIN VDE 0101, der DIN VDE 0670 und der DIN VDE 0671) einzuhalten.

Elektrische Anlagen müssen so ausgelegt, konstruiert und errichtet werden, dass sie den mechanischen und thermischen Auswirkungen eines Kurzschlussstromes sicher standhalten können. Der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit für die gesamte Anschlussanlage ist vom Anschlussnehmer zu erbringen.

Der Netzbetreiber gibt die erforderlichen Kennwerte für die Dimensionierung der Anschlussanlage am Netzanschlusspunkt vor (z.B. Bemessungsspannungen und Bemessungs-Kurzzeitstrom). Ferner stellt der Netzbetreiber dem Anschlussnehmer nach Anfrage zur Dimensionierung der anschlussnehmer-eigenen Schutzeinrichtungen und für Netzurückwirkungsbetrachtungen folgende Daten zur Verfügung:

- Anfangskurzschlusswechselstrom aus dem Netz des Netzbetreibers am Netzanschlusspunkt (ohne den Beitrag der Erzeugungsanlage)
- Fehlerklärungszeit des Hauptschutzes aus dem Netz des Netzbetreibers am Netzanschlusspunkt

⁸ Siehe Technische Richtlinie „Technische Anschlussbedingungen Mittelspannung“, herausgegeben vom BDEW.

3.1.2 Übergabeschalteneinrichtung

Der Anschluss der Erzeugungsanlage erfolgt über eine Übergabeschalteneinrichtung. Diese muss dem Personal des Netzbetreibers jederzeit zugänglich und als Schaltstelle mit mindestens Lastschaltvermögen und Trennfunktion ausgelegt sein. Diese befindet sich in der Regel in einer Übergabestation. Die Ausführung der gesamten Übergabestation richtet sich nach den Anforderungen der vom BDEW herausgegebenen Technischen Richtlinie „Technische Anschlussbedingungen - Mittelspannung“ und der Anschlussbedingungen des Netzbetreibers.

Die Anordnung der jederzeit für den Netzbetreiber zugänglichen Trennstelle ist dabei abhängig von der Bauart sowie den Eigentums- und Betriebsverhältnissen in der Übergabestation. Näheres hierzu wird zwischen Netzbetreiber und Anschlussnehmer in einem entsprechenden Vertrag festgelegt.

Um zu vermeiden, dass Fehler im kundeneigenen Mittelspannungsnetz zu Störungen im Netz des Netzbetreibers führen, sind in der Übergabestation Schutzeinrichtungen vorzusehen, die das fehlerhafte Netz oder die gesamte Übergabestation automatisch abschalten. Die Schutzeinrichtung muss so eingestellt sein, dass sie selektiv zu den übrigen Abschalteinrichtungen im Netz des Netzbetreibers wirkt. Bei Erzeugungsanlagen größerer Leistung (ab etwa 1 MVA) ist ein Leistungsschalter erforderlich.

Bei der Bemessung der Schalteinrichtungen sind Kurzschlussströme sowohl aus dem Netz des Netzbetreibers als auch aus Erzeugungsanlagen zu berücksichtigen.

3.1.3 Kuppelschalter

Für die Verbindung der Erzeugungsanlage mit dem Netz des Netzbetreibers oder mit der übrigen Kundenanlage muss ein Kuppelschalter mit mindestens Lastschaltvermögen, auf die die Schutzeinrichtungen nach Kapitel 3.2.3 wirken, eingesetzt werden.

Hierfür eignen sich z.B.:

- Leistungsschalter,
- Sicherungslasttrennschalter,
- Motorschutzschalter,
- verschweißsicheres Schaltschütz mit Lastschaltvermögen und vorgeschaltetem Kurzschlusschutz).

Durch den Kuppelschalter muss eine dreipolige galvanische Trennung sichergestellt sein.

Anmerkung: Bei Sicherungslasttrennschaltern muss auch das Ansprechen einer Sicherung zu einer dreipoligen Ausschaltung führen. Der Ausschalt-Kraftspeicher muss beim Einschalten zwangsweise gespannt werden.

Als Kuppelschalter kann sowohl ein Schalter verwendet werden, der die gesamte Kundenanlage mit dem Netz verbindet, als auch ein Schalter, der die Erzeugungsanlage mit der übrigen Kundenanlage verbindet. Dieser Kuppelschalter kann sich sowohl auf der Niederspannungs- als auch auf der Mittelspannungsseite befinden. Sofern kein Inselbetrieb vorgesehen ist, kann dafür die Schalteinrichtung des Generators verwendet werden.

Bei Erzeugungsanlagen mit Wechselrichtern ist der Kuppelschalter auf der Netzseite des Wechselrichters vorzusehen. Ist dieser Schalter im Gehäuse des Wechselrichters untergebracht, darf er durch einen Kurzschluss im Wechselrichter in seiner Schaltfunktion nicht beeinträchtigt werden.

Der Kuppelschalter muss für den am Einbauort auftretenden maximalen Kurzschlussstrom ausgelegt (siehe Kapitel 3.1.1) und unter Berücksichtigung der nach Kapitel 3.2.3 erforderlichen Schutzeinrichtungen unverzüglich auslösbar sein. Bei der Bemessung des Kuppelschalters ist hierbei zu berücksichtigen, dass der Kurzschluss im Fehlerfall sowohl aus dem Netz des Netzbetreibers als auch aus Erzeugungsanlagen gespeist werden kann.

Werden bei Niederspannungs-Generatoren Schmelzsicherungen als Kurzschlusschutz verwendet, so ist das Schaltvermögen des Kuppelschalters mindestens gemäß dem Ansprechbereich der vorgeschalteten Schmelzsicherung zu bemessen.

Bei nicht inselbetriebsfähigen Erzeugungsanlagen kann der Generatorschalter sowohl zur Kupplung und Synchronisierung, d. h. als Kuppelschalter, als auch zur Abschaltung bei Auslösung der Schutzeinrichtungen nach Kapitel 3.2.3 verwendet werden.

Bei inselbetriebsfähigen Anlagen (siehe Anschlussbeispiele in Anhang C) dient ein synchronisierbarer Kuppelschalter der Abschaltung der Erzeugungsanlage bei Auslösung der Schutz- einrichtungen nach Kapitel 3.2.3. Der synchronisierbare Kuppelschalter ist zwischen der Übergabeschalteinrichtung nach Kapitel 3.1.2 und der als Insel zu betreibenden Kundenanlage anzuordnen. Der Generatorschalter übernimmt in diesem Fall lediglich den Schutz des Generators selbst und wird hierfür von den Generatorschutzeinrichtungen angesteuert.

Die Funktion der Kupplung und Synchronisierung der Erzeugungsanlage mit dem Netz des Netzbetreibers ist im Rahmen der Betriebsführung vertraglich zu vereinbaren.

Beispiele für Anschlussanlagen sind in Anhang C aufgeführt.

3.1.4 Verriegelungen

Gegenseitige Verriegelungen von Schaltgeräten sind entsprechend der VDE-Normen (Normenreihe VDE 0670/0671) sowie den Vorgaben des Netzbetreibers auszuführen. Anlagenspezifische Verriegelungen sind entsprechend zu berücksichtigen. Die Verriegelung muss sowohl bei Fernsteuerung der Anlage als auch bei einer Bedienung vor Ort wirksam sein.

Die Steuerung der Schaltgeräte der Mittelspannungs-Übergabestation ist grundsätzlich so zu gestalten, dass auch bei Ausfall von Verriegelungs- und Steuerungskomponenten eine Betätigung der Schaltgeräte gemäß DIN VDE 0105 sichergestellt ist (insbesondere Schutz gegen Störlichtbogen).

3.2 Sekundärtechnik

Neben den nachfolgend aufgeführten Anforderungen sind bei Aufbau und Betrieb der Sekundärtechnik auch die Richtlinien „Technische Anschlussbedingungen - Mittelspannung“⁹ sowie die netzbetreiber-spezifischen Technischen Anschlussbedingungen einzuhalten.

Der Platz für Einrichtungen des Netzbetreibers, die für den Anschluss der Erzeugungsanlage erforderlich sind (z.B. Sekundärtechnik), wird vom Anschlussnehmer zur Verfügung gestellt.

3.2.1 Fernsteuerung

Für den sicheren Netzbetrieb ist die Erzeugungsanlage auf Anforderung des Netzbetreibers in die Fernsteuerung des Netzbetreibers einzubeziehen. Beispiele hierfür sind: Steuerung des Leistungsschalters (insbesondere die Ausschaltung des Schalters bei kritischen Netzzuständen – „Fern-Aus“), Begrenzung der Wirkleistungserzeugung, Bereitstellung von Blindleistung. Auf der Grundlage der geltenden Fernsteuerkonzepte des Netzbetreibers sind vom Anschlussnehmer die für die Betriebsführung notwendigen Daten und Informationen zur Verarbeitung in der Leittechnik im Umspannwerk (im Falle von Anschlüssen an die Sammelschiene des Netzbetreibers) bzw. in der Übergabestation bereitzustellen.

⁹ Siehe Technische Richtlinie „Technische Anschlussbedingungen Mittelspannung“, herausgegeben vom BDEW.

Anschlussanlagen mit Fernsteuerung verfügen über Fern-/ Ort-Umschalter, die bei einer Ortsteuerung die Fernsteuerbefehle unterbinden.

3.2.2 Hilfsenergieversorgung

Die Anschlussanlage muss über eine Eigenbedarfsversorgung verfügen. Wenn die Funktion der Schutzeinrichtungen oder die Auslösung der Schaltgeräte eine Hilfsspannung erfordert, muss zudem eine von der Netzspannung unabhängige Hilfsenergieversorgung (z.B. Batterie, Kondensator, Wandlerstrom) vorhanden sein. Im Falle einer Fernsteuerung ist diese ebenfalls mit einer netzunabhängigen Hilfsenergie zu realisieren.

Wenn eine Hilfsenergieversorgung über eine längere Dauer erforderlich ist, ist deren Kapazität so zu bemessen, dass die Anschlussanlage bei fehlender Netzspannung mit allen Schutz-, Sekundär- und Hilfseinrichtungen mindestens acht Stunden lang betrieben werden kann. Die Gleichspannungskreise sind erdfrei zu betreiben und auf Erdschluss zu überwachen. Eigenbedarf und Hilfsenergie für sekundärtechnische Einrichtungen des Netzbetreibers werden vom Anschlussnehmer zur Verfügung gestellt.

Die Funktionsfähigkeit der Hilfsenergieversorgung ist durch entsprechende Maßnahmen dauerhaft zu sichern sowie in bestimmten Zeitabständen nachzuweisen und in einem Prüfprotokoll zu dokumentieren.

3.2.3 Schutzeinrichtungen

3.2.3.1 Allgemeines

Der Schutz ist für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb der Netze, der Anschlussanlage und der Erzeugungseinheiten von erheblicher Bedeutung. Gemäß DIN VDE 0101 müssen für elektrische Anlagen selbsttätige Einrichtungen zum Abschalten von Kurzschlüssen vorgesehen werden. Der Anlagenbetreiber ist für den zuverlässigen Schutz seiner Anlagen (z. B. Schutz bei Kurzschluss, Erdschluss, Überlast, Schutz gegen elektrischen Schlag usw.) selbst verantwortlich. Hierzu hat der Anlagenbetreiber Schutzeinrichtungen in angemessenem Umfang zu installieren. Bei Inselbetriebsfähigen Anlagen sind diese Schutzmaßnahmen auch für den Inselbetrieb zu gewährleisten.

Die Verantwortung für Konzeption und Einstellung der Schutzeinrichtungen liegt bei dem Partner, für dessen Betriebsmittel die Schutzeinrichtungen den Hauptschutz darstellen. Die Verantwortung für den ordnungsgemäßen Betrieb der Schutzeinrichtungen liegt beim jeweiligen Betreiber der Schutzeinrichtungen. Konzepte und Schutzeinstellungen an den

Schnittstellen zwischen Netzbetreiber und Anlagenbetreiber/Anschlussnehmer sind auf der Grundlage dieser Richtlinie so zu realisieren, dass eine Gefährdung der aneinander grenzenden Netze und Anlagen ausgeschlossen werden kann.

Die in dieser Richtlinie angegebenen Einstellwerte für die Entkopplungsschutzeinrichtungen sind Richtwerte. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Summe aus Eigenzeit von Schutzeinrichtung und Schalteinrichtung 100 ms nicht überschreitet. Ggf. ist diesbezüglich eine Anpassung erforderlich. Darüber hinaus kann eine Anpassung je nach Anlagen- bzw. Netzkonfiguration erforderlich sein. Der Netzbetreiber gibt dann diese Werte vor.

Wesentliche Änderungen an den Schutzeinrichtungen (Entkopplungsschutzeinrichtungen, Kurzschlusschutzeinrichtung am Übergabepunkt) bzw. deren Einstellung werden zwischen dem Netzbetreiber und dem Anlagenbetreiber rechtzeitig abgestimmt. Wenn erforderlich, kann der Netzbetreiber nachträglich andere Einstellwerte für die Schutzeinrichtungen vorgeben.

Der Netzbetreiber gibt vor, ob und welche Schutzeinrichtungen plombiert oder auf andere Weise gegen Veränderung geschützt werden sollen.

Der Netzbetreiber ist berechtigt, am Übergabepunkt Einrichtungen zu installieren oder installieren zu lassen, die die Erzeugungsanlage automatisch vom Netz trennen, wenn die vorgegebenen netzverträglichen Grenzen im stationären Betrieb wie z.B. die vereinbarte Anschlussleistung S_{AV} oder die maximale Scheinleistung einer Erzeugungsanlage S_{Amax} überschritten werden.

Zur Sicherung der dauerhaften Funktionsfähigkeit sind die Schutzsysteme vor Inbetriebnahme und in regelmäßigen Abständen zu prüfen. Die Ausführung der Schutzprüfungen und deren Ergebnisse sind vom Anlagenbetreiber durch Prüfprotokolle zu dokumentieren und dem Netzbetreiber auf Verlangen vorzulegen.

Für Schutzprüfungen sind Einrichtungen wie z.B. Prüfklemmenleisten oder Prüfsteckdosen vorzusehen, um Schutzprüfungen ohne Ausklemmen von Drähten zu ermöglichen. Ein Beispiel hierfür ist im Kapitel 3.2.4 aufgeführt.

Die eingestellten Werte müssen an den Schutzeinrichtungen einfach und ohne zusätzliche Hilfsmittel ablesbar gemacht werden können. Dies gilt auch für den Fall, dass die Schutzfunktionen in der Anlagensteuerung integriert sind.

Schutzeinrichtungen, die an Wandler in der Spannungsebene des Netzanschlusses angeschlossen werden, müssen der VDN-Richtlinie „Richtlinie für digitale Schutzsysteme“¹⁰ genügen.

Spannungsschutzeinrichtungen für den Entkupplungsschutz müssen dreiphasig ausgeführt werden. Bei Messung auf der Mittelspannungsebene ist die Spannung zwischen den Außenleitern zu messen. Dadurch wird gewährleistet, dass die Erzeugungsanlage bei einem stehenden Erdschluss in einem isolierten oder kompensierten Mittelspannungsnetz bestimmungsgemäß nicht durch die Schutzeinrichtung abgeschaltet wird. Bei Messung auf der Niederspannungsseite hat die Messung bei Dy-Maschinentransformatoren zwischen Außenleiter und Sternpunkt, bei Yd-Maschinentransformatoren zwischen den Außenleitern zu erfolgen.

Die drei Messglieder einer Spannungsschutzeinrichtung sind logisch ODER zu verknüpfen. Logische ODER-Verknüpfung bedeutet dabei:

- Bei Spannungssteigerungsschutzrelais führt das Überschreiten des Ansprechwertes in einer Messspannung zur Anregung.
- Bei Spannungsrückgangsschutzrelais führt das Unterschreiten des Ansprechwertes in einer Messspannung zur Anregung.

Die drei Messglieder des Blindleistungs-Unterspannungsschutzes Q_{r} & $U <$ (siehe Kapitel 3.2.3.2) sind dagegen logisch UND zu verknüpfen. Dies bedeutet, dass bei dem Spannungsrückgangsschutzrelais alle Messspannungen den Ansprechwert unterschritten haben müssen, damit es zur Anregung kommt.

Wenn im folgenden Text keine logische Verknüpfungen der drei Messglieder angegeben ist, handelt es sich immer um eine logische ODER-Funktion.

Das Rückfallverhältnis der Spannungssteigerungsschutzeinrichtungen darf 0,98 nicht unterschreiten, das des Spannungsrückgangsschutzes darf 1,02 nicht überschreiten.

Spannungsschutzeinrichtungen für den Entkupplungsschutz sollten den Halbschwingungseffektivwert auswerten. Hierbei reicht die Auswertung der 50-Hz-Grundschiwingung aus.

¹⁰ „Richtlinie für digitale Schutzsysteme“, 1. Ausgabe November 2003, herausgegeben vom VDN

Frequenzrückgangs- und Frequenzsteigerungsschutzeinrichtungen können einphasig ausgeführt werden. Als Messgröße ist die Spannung zwischen zwei Außenleitern zu wählen.

Bei Frequenzen zwischen 47,5 Hz und 51,5 Hz ist eine automatische Trennung vom Netz auf Grund der Frequenzabweichung nicht zulässig, es sei denn, vom Netzbetreiber werden andere Werte vorgegeben. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Erzeugungseinheit in einem Lastabwurfgebiet des 5-Stufenplanes ¹¹ liegt. Bei Unterschreiten von 47,5 Hz bzw. bei Überschreiten von 51,5 Hz muss dagegen eine unverzögerte automatische Trennung vom Netz erfolgen.

Nach Abschaltung eines Fehlers im Netz des Netzbetreibers bzw. bei einer Automatischen Wiedereinschaltung (AWE) muss der Anlagenbetreiber damit rechnen, dass die wiederkehrende Spannung am Netzanschlusspunkt asynchron zu der Spannung der Erzeugungsanlage sein kann. Der Anlagenbetreiber hat selbst Vorsorge dafür zu treffen, dass Schalthandlungen, Spannungsschwankungen, Automatische Wiedereinschaltungen oder andere Vorgänge im Netz des Netzbetreibers nicht zu Schäden an seinen Anlagen führen.

Für den Schutz der Erzeugungsanlage bzw. der Erzeugungseinheiten ist der Anschlussnehmer verantwortlich (Sicherstellung des Eigenschutzes). Insofern ist die in dieser Richtlinie beschriebene Schutzkonzeption durch den Anschlussnehmer der Erzeugungsanlage entsprechend zu erweitern. Der Eigenschutz darf aber die in dieser Richtlinie beschriebenen Anforderungen hinsichtlich der statischen Spannungshaltung und der dynamischen Netzstützung der Erzeugungsanlage bzw. der Erzeugungseinheiten nicht unterlaufen. Ab dem 01. Januar 2010 dürfen in neu errichteten Erzeugungsanlagen bzw. Erzeugungseinheiten keine Vektorsprungrelais mehr eingesetzt werden (siehe Kapitel 1.1; es gilt das Datum der Antragstellung).

¹¹ TransmissionCode 2007 „Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber“, August 2007, herausgegeben vom VDN

3.2.3.2 Entkopplungsschutzeinrichtungen

Aufgabe der hier beschriebenen Entkopplungsschutzeinrichtungen ist es, zum Schutz der Erzeugungsanlage und anderer Kundenanlagen am Netz, die Erzeugungsanlage bzw. die Erzeugungseinheiten bei gestörten Betriebszuständen vom Netz zu trennen. Beispiele hierfür sind Netzfehler, Inselnetzbildung oder ein langsamer Aufbau der Netzspannung nach einem Fehler im Übertragungsnetz. Für den zuverlässigen Schutz seiner Anlagen ist der Anlagenbetreiber selbst verantwortlich.

Der Entkopplungsschutz kann sowohl in einem autarken Gerät realisiert werden, als auch in der Anlagensteuerung der Erzeugungseinheit integriert sein. Der Ausfall der Hilfsspannung der Schutzeinrichtung bzw. der Anlagensteuerung muss zum unverzügerten Auslösen des Schalters führen. Die Schutzauslösung des integrierten Schutzes darf durch sonstige Funktionen der Steuerung nicht unzulässig verzögert werden.

Entkopplungsschutzeinrichtungen werden am Übergabepunkt und/oder an den Erzeugungseinheiten installiert. Der Anschluss der Entkopplungsschutzeinrichtungen an den Erzeugungseinheiten kann ober- oder unterspannungsseitig vom Maschinentransformator erfolgen. In den nachfolgenden Bildern und Anschlussbeispielen werden die Entkopplungsschutzeinrichtungen auf der Unterspannungsseite des Maschinentransformators dargestellt. Unabhängig vom Anschluss der Entkopplungsschutzeinrichtungen an der Erzeugungseinheit gelten die gleichen Einstellempfehlungen.

Folgende Funktionen des Entkopplungsschutzes sind zu realisieren:

1. Spannungsrückgangsschutz $U<$ und $U<<$
2. Spannungssteigerungsschutz $U>$ und $U>>$
3. Frequenzrückgangsschutz $f<$
4. Frequenzsteigerungsschutz $f>$
5. Blindleistungs-Unterspannungsschutz Q_{\rightarrow} & $U<$

Der *Blindleistungs-Unterspannungsschutz* (Q_{\rightarrow} & $U<$) trennt die Erzeugungsanlage nach 0,5 s vom Netz, wenn alle drei verketteten Spannungen am Netzanschlusspunkt kleiner als $0,85 U_c$ sind (logisch UND-verknüpft) und wenn die Erzeugungsanlage gleichzeitig induktive Blindleistung aus dem Netz des Netzbetreibers aufnimmt. Für die Ermittlung der Blindleistung ist zweckmäßigerweise das Mitsystem zu verwenden.

Dieser Schutz überwacht das systemgerechte Verhalten der Erzeugungsanlage nach einem Fehler im Netz. Erzeugungsanlagen, die den Wiederaufbau der Netzspannung durch Aufnahme von induktiver Blindleistung aus dem Netz oder durch mangelnde Spannungsstützung behindern, werden vor Erreichen der Endzeit der Netzschutzeinrichtungen vom Netz getrennt.

Der Umfang der notwendigen Entkopplungsschutzeinrichtungen ist davon abhängig, ob die Erzeugungsanlage an der dynamischen Netzstützung beteiligt wird. Er wird vom Netzbetreiber vorgegeben.

3.2.3.3 Anschluss der Erzeugungsanlage an die Sammelschiene eines Umspannwerkes

Kurzschlusschutz

Der Kurzschlusschutz für die Erzeugungsanlage ist für das Abschalten von Kurzschlüssen in der Anschlussanlage erforderlich. Er dient ferner als Reserveschutz bei Fehlern in den Erzeugungseinheiten und bei Fehlern im Netz des Netzbetreibers. Als Kurzschlusschutz ist ein Distanzrelais mit U-I-Anregung oder ein UMZ-Schutz vorzusehen.

Die Kurzschlusschutzeinrichtungen des Anlagenbetreibers sind in das Gesamtschutzkonzept des Netzbetreibers zu integrieren. In der Planungsphase ist daher mit dem Netzbetreiber das Schutzkonzept abzustimmen. Die Einstellwerte für die Schutzeinrichtungen werden, soweit sie Einfluss auf das Netz des Netzbetreibers haben, von diesem vorgegeben. Die Kurzschlusschutzeinrichtungen wirken auf den Leistungsschalter am Übergabepunkt.

Anmerkung: Zur Klärung von Kurzschlüssen im 110-kV-Netz sind Leitungsschutzeinrichtungen notwendig. Hierzu setzt der Netzbetreiber in der Regel Distanzschutzeinrichtungen auf der 110-kV-Seite und - wenn erforderlich - Signalvergleichseinrichtungen, Schaltermittnahmen bzw. Spannungsrückgangsrelais ein. Das AUS-Kommando der Leitungsschutzeinrichtung des Netzbetreibers wirkt bei im Stich angeschlossenen Umspannwerken auf den entsprechenden Leistungsschalter der angeschlossenen Erzeugungsanlage (siehe Bild 3.2.3.3-1).

Entkupplungsschutzeinrichtungen

Am **Übergabepunkt** sind als übergeordneter Entkupplungsschutz folgende Einrichtungen erforderlich:

- Blindleistungs-/ Unterspannungsschutz Q_{\rightarrow} & $U<$
- Spannungssteigerungsschutz $U>>$ und $U>$
- Spannungsrückgangsschutz $U<$

Die Entkupplungsschutzeinrichtungen wirken auf den Leistungsschalter am Übergabepunkt oder auf den Kuppelschalter. Ggf. sind in der Entkupplungsschutzeinrichtung am Übergabepunkt zusätzlich ein Frequenzsteigerungs- und Frequenzrückgangsschutz zu installieren.

Anmerkung zum Blindleistungs-/Unterspannungsschutz: Bei Kundenanlagen mit Leistungsbezug und Erzeugungseinheiten ist bei Spannungseinbrüchen im vorgelagerten Netz ausschließlich der Blindleistungsbezug der Erzeugungseinheiten durch den Blindleistungs-Unterspannungsschutz ($Q-U<$) zu bewerten.

Die Spannungsschutzeinrichtungen haben sowohl die Aufgabe, Kundenanlagen bei einem Inselbetrieb vor unzulässigen Spannungszuständen zu schützen, als auch bei Fehlern im Netz eine Abschaltung der Erzeugungsanlage sicherzustellen. Aus diesem Grund müssen die Spannungsrückgangs-Schutzeinrichtungen auch auf unsymmetrische Fehler reagieren. Die Auslöseentscheide der drei Messglieder der Spannungsrückgangs-Schutzeinrichtungen sind daher logisch ODER zu verknüpfen.

Als Grundparametrierung des Entkupplungsschutzes am Netzanschlusspunkt werden folgende Einstellwerte empfohlen:

Funktion	Einstellbereich des Schutzrelais	empfohlene Schutzrelais-Einstellwerte	
Spannungssteigerungsschutz $U>>$	1,00 – 1,30 U_n	1,15 U_c	≤ 100 ms
Spannungssteigerungsschutz $U>$	1,00 – 1,30 U_n	1,08 U_c *)	1 min
Spannungsrückgangsschutz $U<$	0,10 – 1,00 U_n	0,8 U_c	2,7 s
Blindleistungs-/ Unterspannungsschutz (Q_{\rightarrow} & $U<$)	0,70 – 1,00 U_n	0,85 U_c	t = 0,5 s

Tabelle 3.2.3.3-1: Empfohlene Einstellwerte für den Schutz am Netzanschlusspunkt einer Erzeugungsanlage bei Anschluss an die Sammelschiene eines Umspannwerkes.

Anmerkungen: Die Einstellwerte beziehen sich auf die vereinbarte Spannung U_c im Mittelspannungsnetz. Diese sind entsprechend der Wandlerübersetzung auf die Sekundärspannung umzurechnen. U_n ist die sekundäre Wandlernennspannung und damit die Bezugsspannung der Schutzeinrichtung. Zu beachten ist, dass sich die Abschaltzeiten aus der Summe der Einstellzeiten und der Eigenzeiten von Schaltgerät und Schutz ergeben.

*) Höhere Werte als $1,1U_c$ sollten im Hinblick auf die Einhaltung der Spannungsqualität nicht eingestellt werden.

An den **Erzeugungseinheiten** sind folgende Schutzeinrichtungen erforderlich:

- Spannungssteigerungsschutz $U >>$
- Spannungsrückgangsschutz $U <$ und $U <<$
- Frequenzsteigerungsschutz $f >$
- Frequenzrückgangsschutz $f <$

Diese Entkuppelungsschutzeinrichtungen sind auf der Ober- oder Unterspannungsseite des Maschinentransformators anzuschließen.

Als Grundparametrierung der Schutzeinrichtungen der Erzeugungseinheiten werden folgende Einstellwerte empfohlen:

Funktion	Einstellbereich des Schutzrelais	empfohlene Schutzrelais-Einstellwerte	
Spannungssteigerungsschutz $U >>$	$1,00 - 1,30 U_n$	$1,20 U_{NS}$	$\leq 100 \text{ ms}$
Spannungsrückgangsschutz $U <$	$0,10 - 1,00 U_n$	$0,80 U_{NS} *$	$1,5 - 2,4 \text{ s} **)$
Spannungsrückgangsschutz $U <<$	$0,10 - 1,00 U_n$	$0,45 U_{NS} *$	300 ms
Frequenzsteigerungsschutz $f >$	$50,0 - 52,0 \text{ Hz}$	$51,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$
Frequenzrückgangsschutz $f <$	$47,5 - 50 \text{ Hz}$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$

Tabelle 3.2.3.3-2: Empfohlene Einstellwerte für den Schutz an der Erzeugungseinheit bei Anschluss der Erzeugungsanlage an die Sammelschiene eines Umspannwerkes.

Anmerkungen: U_n ist die sekundäre Wandlernennspannung und damit die Bezugsspannung der Schutzeinrichtung.

U_{NS} ist die Spannung auf der Niederspannungsseite des Maschinentransformators der Erzeugungseinheit ($U_{NS} = U_c / \ddot{u}$ mit $\ddot{u} = \text{Übersetzungsverhältnis des Maschinentransformators}$). Zu beachten ist, dass sich die Abschaltzeiten aus der Summe der Einstellzeiten und der Eigenzeiten von Schaltgerät und Schutz ergeben.

* Bei Einstellung dieses Wertes gelten die Anforderungen aus Kapitel 2.5.1.2 als erfüllt.

Unter Berücksichtigung der Impedanzen der Anschlussanlage und der Maschinentransformatoren ergeben sich die Einstellwerte für die Spannungsrückgangsschutz-Einrichtungen $U <<$ an den Erzeugungseinheiten vereinfacht zu 45 %.

***) Die Einstellzeiten werden vom Netzbetreiber vorgegeben. Üblicherweise sollen je Hochspannungsnetz ein Viertel der Erzeugungsanlagen nach 1,5s und je ein weiteres Viertel nach 1,8s, 2,1s und nach 2,4s vom Netz getrennt werden.

Im Folgenden ist das Schutzkonzept am Netzanschlusspunkt und in den Erzeugungseinheiten bei Anschluss von Erzeugungsanlagen an die Sammelschiene eines Umspannwerkes dargestellt.

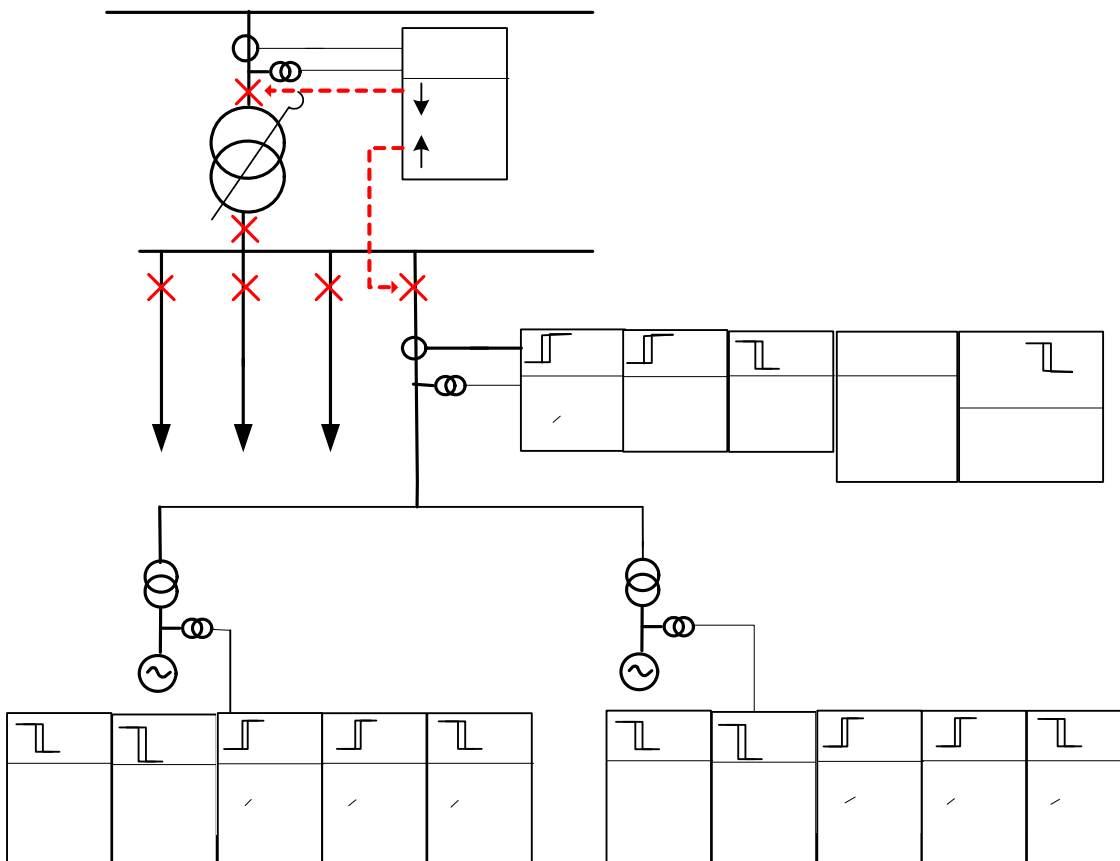


Bild 3.2.3.3-1: Schutzkonzept bei Anschluss von Erzeugungsanlagen an die Sammelschiene eines Umspannwerkes.

3.2.3.4 Anschluss der Erzeugungsanlage im Mittelspannungsnetz

Grundsätzlich müssen sich auch Erzeugungsanlagen, die im Mittelspannungsnetz angeschlossen werden, an der statischen Spannungshaltung und der dynamischen Netzstützung beteiligen können. Sofern diese Anforderung durch den Netzbetreiber zur Zeit der Netzanschlussplanung noch nicht erhoben wurde, gelten nachfolgend beschriebene Bedingungen.

Unabhängig davon müssen jedoch am Übergabepunkt die in Kapitel 3.2.3.3 aufgeführten Schutzeinrichtungen sowie die erforderlichen Wandler nachgerüstet werden können. Im Bild 3.2.3.4-2 sind diese gestrichelt dargestellt. Für den Fall, dass sich die Erzeugungsanlage an der dynamischen Netzstützung durch Einspeisung eines Blindstromes beteiligen muss, sind die entsprechenden Schutzeinrichtungen und Wandler vom Anschlussnehmer nachzurüsten und die Einstellwerte der Schutzeinrichtungen der Erzeugungseinheiten entsprechend Kapitel 3.2.3.3 (siehe Bild 3.2.3.4-2) anzupassen.

Kurzschlusschutz

Der Anschluss von Erzeugungsanlagen im Mittelspannungsnetz erfolgt – abhängig von netztechnischen Gegebenheiten, Anzahl und Größe der Erzeugungseinheiten – entweder über Leistungsschalter oder über eine Lastschalter-Sicherungs-Kombination.

Für Erzeugungsanlagen mit Anschluss über einen Leistungsschalter ist als Kurzschlusschutz mindestens ein Überstromschutz vorzusehen. Der Kurzschlusschutz von Erzeugungsanlagen mit Anschluss über eine Lastschalter-Sicherungs-Kombination erfolgt durch die Sicherung.

Der Einbau eines Distanzrelais und der zugehörigen Spannungswandler ist konzeptionell zu berücksichtigen und auf Forderung des Netzbetreibers zu realisieren. Die Option „Nachrüstung“ ist im Bild 3.2.3.4-2 gestrichelt dargestellt.

Die Distanzschutzeinrichtung muss dann auf den Leistungsschalter am Übergabepunkt bzw. im Falle einer Lastschalter-Sicherungs-Kombination auf den generatorseitigen Leistungsschalter wirken.

Entkupplungsschutzeinrichtungen

Am **Übergabepunkt** ist der Einbau eines Entkupplungsschutzes gemäß Kapitel 3.2.3.3 konzeptionell zu berücksichtigen und auf Forderung des Netzbetreibers zu realisieren. Der Entkupplungsschutz wirkt bei Anschluss über einen Leistungsschalter auf diesen bzw. auf den Kuppelschalter, bei Anschluss über eine Lastschalter-Sicherungs-Kombination auf den generatorseitigen Leistungsschalter bzw. auf den Kuppelschalter (siehe Anhang C, Anschlussbeispiele).

An den **Erzeugungseinheiten** sind dieselben Schutzeinrichtungen erforderlich, wie bei dem Anschluss der Erzeugungsanlage an die Sammelschiene eines Umspannwerkes (vgl. Tabelle 3.2.3.3-2), nur die Einstellungen für die Spannungsschutzeinrichtungen unterscheiden sich.

Der Netzbetreiber kann bei Erzeugungsanlagen, die über ein umfangreiches Mittelspannungsnetz verfügen und durch eine Übergabestation mit dem Netz des Netzbetreibers verbunden sind, einen übergeordneten Entkupplungsschutz verlangen. Dieser hat die Aufgabe, bei Störungen im Netz des Netzbetreibers oder bei Verletzung der Grenzwerte von Netzspannung oder Netzfrequenz die gesamte Erzeugungsanlage vom Netz zu trennen. Für die Netztrennung ist in diesem Falle generell ein Leistungsschalter vorzusehen.

Die Entkupplungsschutzeinrichtungen der Erzeugungseinheiten sind auf der Ober- oder Unterspannungsseite des Maschinentransformators angeschlossen. Als Grundparametrierung werden folgende Einstellwerte empfohlen:

Funktion	Einstellbereich des Schutzrelais	empfohlene Schutzrelais-Einstellwerte	
Spannungssteigerungsschutz $U >>$	$1,00 - 1,30 U_n$	$1,15 U_{NS} *$)	$\leq 100 \text{ ms} *$)
Spannungsrückgangsschutz $U <$	$0,10 - 1,00 U_n$	$0,80 U_{NS} **)$	$1 \text{ s} **)$
Spannungsrückgangsschutz $U <<$	$0,10 - 1,00 U_n$	$0,45 U_{NS} **)$	$300 \text{ ms} **)$
Frequenzsteigerungsschutz $f >$	$50,0 - 52,0 \text{ Hz}$	$51,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$
Frequenzrückgangsschutz $f <$	$47,5 - 50 \text{ Hz}$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$

Tabelle 3.2.3.4-1 Empfohlene Einstellwerte für den Schutz an der Erzeugungseinheit bei Anschluss der Erzeugungsanlage im Mittelspannungsnetz.

U_n ist die sekundäre Wandlernennspannung und damit die Bezugsspannung der Schutzeinrichtung.

U_{NS} ist die Spannung auf der Niederspannungsseite des Maschinentransformators der Erzeugungseinheit ($U_{NS} = U_c / \ddot{u}$ mit \ddot{u} = Übersetzungsverhältnis des Maschinentransformators). Zu beachten ist,

dass sich die Abschaltzeiten aus der Summe der Einstellzeiten und der Eigenzeiten von Schaltgerät und Schutz ergeben.

*) und **) siehe Anmerkungen zum Bild 3.2.3.4-1.

Im Folgenden ist das Schutzkonzept in der Übergabestation und in den Erzeugungseinheiten bei Anschluss von Erzeugungsanlagen im Mittelspannungsnetz dargestellt.

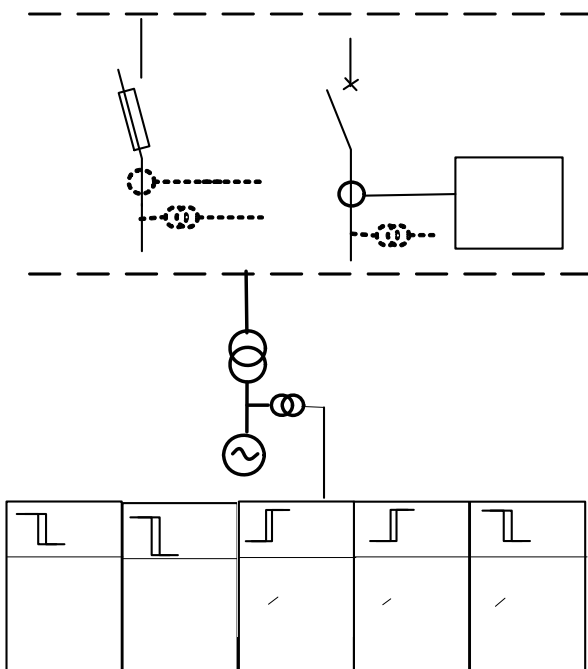


Bild 3.2.3.4-1: Schutzkonzept bei Anschluss von Erzeugungsanlagen im Mittelspannungsnetz

Anmerkungen zu den Schutzeinstellungen

*) Für den Spannungssteigerungsschutz können je nach Netzbetreiber und Netzgegebenheiten anstelle des Wertes $1,15 U_{NS}$ auch z.B. $1,06 U_{NS}$ bzw. $1,10 U_{NS}$ eingestellt werden. Um jedoch die geforderte Blindleistungseinspeisung im Fehlerfall für mindestens 300 ms zu ermöglichen, ist die Verzögerungszeit für das $U >>$ -Relais entsprechend zu erhöhen. Alternativ kann neben dem $U >>$ -Relais (Einstellung: $1,15 U_{NS}$, ≤ 100 ms) ein zusätzliches $U >$ Relais (Einstellung: z. B. $1,08 U_{NS}$, 20 s) vom Netzbetreiber gefordert werden.

**) Die Schutzeinstellungen sind so zu wählen, dass Sie den nachfolgenden Mindestanforderungen für ein Verbleiben der Erzeugungsanlage am Netz nicht widersprechen. So sollen die Anlagen bei Spannungseinbrüchen auf bis zu $0,45 U_{NS}$ für mindestens 300 ms am Netz bleiben. Bei Spannungen unterhalb $0,45 U_{NS}$ können die Anlagen unverzüglich vom Netz getrennt werden.

- Um bei einem gelöscht betriebenen Netz die Wahrscheinlichkeit von Inselnetzbildungen bei Doppelerdschlüssen mit einem Fußpunkt auf der Leitung **oder** die Erzeugungsanlage angeschlossen ist, zu reduzieren, sollte die eingestellte Verzögerungszeit des $U <<$ -Schutzes kleiner bzw. gleich der am kleinsten eingestellten Ansprechverzögerung der Kurzschlusschutzeinrich-

tungen dieser Leitung sein. Dadurch wird erreicht, dass durch den Entkopplungsschutz der Erzeugungseinheit der Fehler annähernd zeitgleich mit den Netzschutzeinrichtungen abgeschaltet werden kann. Bei einer größer eingestellten Zeit des $U<<$ -Relais würde das Kriterium „Unterspannung“ nicht mehr funktionieren, da netzseitig der Fehler früher abgeschaltet wäre. Dadurch wird durch die Erzeugungsanlage ein isoliertes Netz mit einem Erdschluss betrieben. Die verketteten Spannungen bleiben hier gleich. Der Unterspannungsschutz „verliert“ somit sein Anregekriterium. Gleiches gilt für einpolige Fehler im niederohmig geerdeten Netz.

- Wird auf der Leitung, auf der die Erzeugungsanlage angeschlossen ist, eine AWE durchgeführt, werden folgende Schutzeinstellungen empfohlen: $U<<$ -Relais: $0,45 U_{NS}$, unverzögert und $U<$ -Relais: $0,8 U_{NS}$, 300 ms.

Im Bild 3.2.3.4-2 ist das erweiterte Schutzkonzept in der Übergabestation und in den Erzeugungseinheiten bei Anschluss von Erzeugungsanlagen im Mittelspannungsnetz für den Fall dargestellt, dass sich die Erzeugungsanlage an der dynamischen Netzstützung durch Einspeisung eines Blindstromes beteiligen soll. Die im Vergleich zu Bild 3.2.3.4-1 nachgerüsteten Komponenten sind gestrichelt dargestellt.

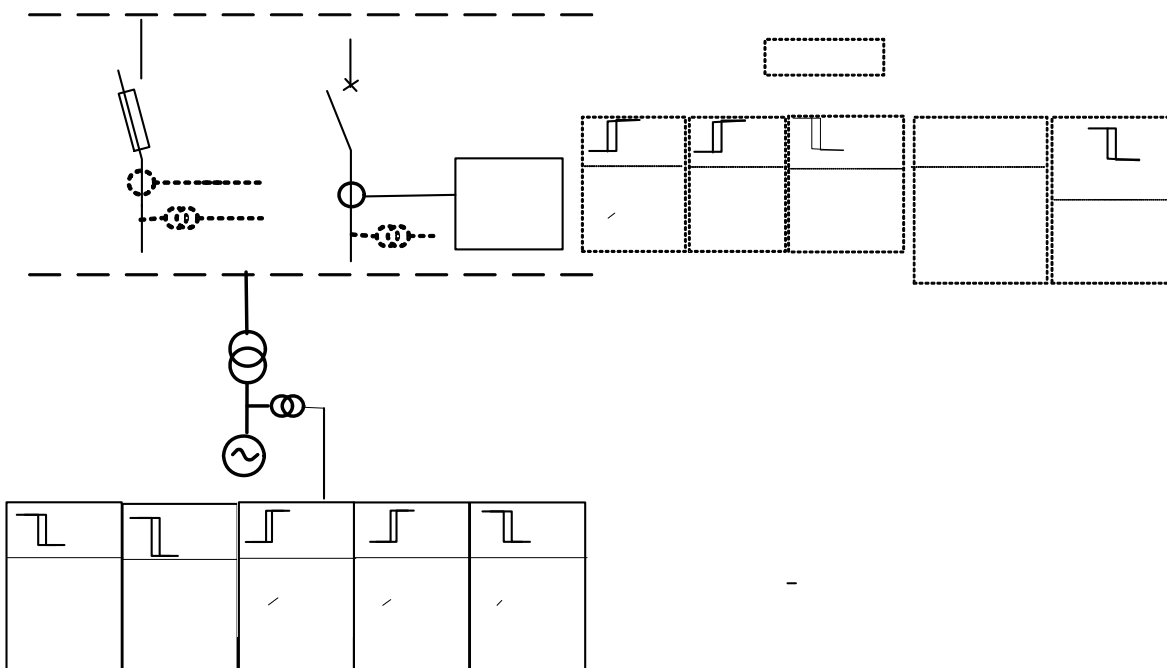


Bild 3.2.3.4-2: Schutzkonzept bei Anschluss von Erzeugungsanlagen im Mittelspannungsnetz mit nachgerüsteten Komponenten

Anmerkung:

Wenn sich die Erzeugungsanlage an der dynamischen Netzstützung beteiligen muss, ist im Umspannwerk ein Distanzschutz im betreffenden Mittelspannungs-Abgangsfeld und - bei im Stich angeschlossenen Umspannwerken - auf der OS-Seite des Netztransformators erforderlich. Bei im Stich angeschlossenen Umspannwerken wirkt das AUS-Kommando der auf der OS-Seite des Netztransformators installierten Leitungsschutzeinrichtung auf den entsprechenden Leistungsschalter der angeschlossenen Erzeugungsanlage. Weiterhin ist eine Mitnahmeschaltung der Schutzeinrichtung des MS-Abgangsfeldes auf den entsprechenden Leistungsschalter der angeschlossenen Erzeugungsanlage notwendig.

3.2.4 Prüfklemmenleiste

Zur Durchführung der Funktionsprüfung der Schutzeinrichtungen ist als Schnittstelle eine Klemmenleiste mit Längstrennung und Prüfbuchsen vorzusehen, die an gut zugänglicher Stelle anzubringen ist. Deren prinzipiellen Aufbau zeigt Bild 3.2.4-1.

Über diese Klemmenleiste sind die Messeingänge der Schutzeinrichtungen, die Hilfsspannungen und die Auslösungen für den Kuppelschalter zu führen. Dies gilt auch, wenn Funktionen des Entkupplungsschutzes einzeln oder gesamt in anderen Geräten (z. B. einer programmierbaren Steuerung) integriert sind. Die Geräte sind in diesem Fall so aufzubauen bzw. zu programmieren, dass die Schutzfunktionen unabhängig vom Betriebszustand der Erzeugungsanlage auslösen bzw. geprüft werden können.

Art und Aufbau der Prüfklemmenleiste sind mit dem Netzbetreiber abzustimmen. Anstelle der Prüfklemmenleiste kann der Netzbetreiber auch den Einsatz einer Prüfsteckdose fordern.

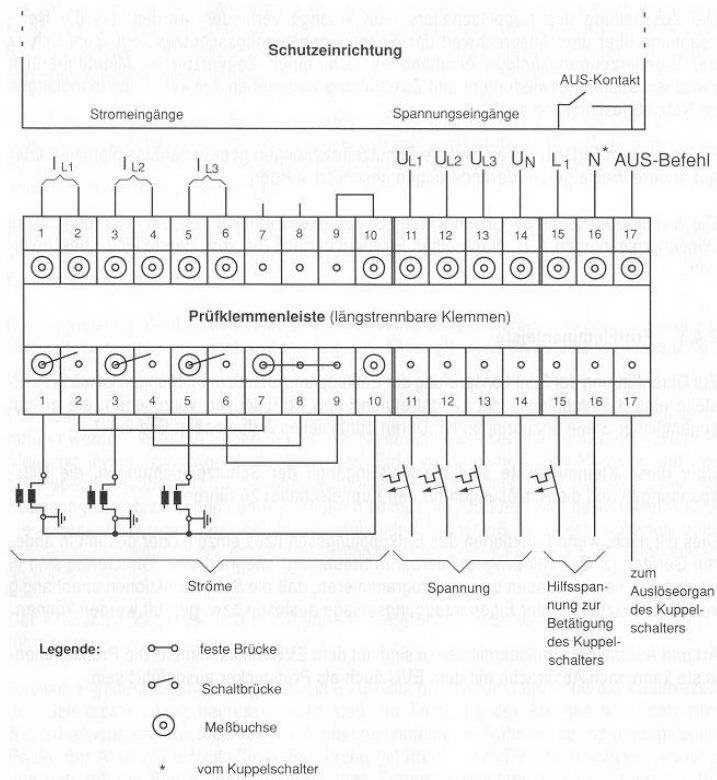


Bild 3.2.4-1: Prinzipieller Aufbau der Prüfklemmenleiste