

# SKRIPT ELEKTROTECHNIK

Fachbereich Architektur  
Fachgebiet  
Technische Gebäudeausrüstung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen

November 1999

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 ENERGIEGEWINNUNG .....</b>                          | <b>3</b>  |
| 1.1 Kohlekraftwerke und Gaskraftwerke .....              | 3         |
| 1.2 Kraft -Wärme - Kopplung und Fernwärme.....           | 4         |
| 1.3 Wasserkraftwerke .....                               | 5         |
| 1.4 Windenergie .....                                    | 7         |
| 1.5 Energiebilanz.....                                   | 10        |
| 1.6 Kernreaktoren - Aufbau und Typen.....                | 11        |
| 1.7 Sonnenenergie zur Stromerzeugung - Solarzellen ..... | 12        |
| <b>2 ENTWICKLUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS .....</b>         | <b>15</b> |
| <b>3 ELEKTRISCHE ENERGIEVERSORGUNG .....</b>             | <b>18</b> |
| <b>4 STROMTARIFE .....</b>                               | <b>20</b> |
| 4.1 Anschlußwert und Leistungsbedarf .....               | 21        |
| <b>5 NETZEINSPEISUNG .....</b>                           | <b>22</b> |
| 5.1 Niederspannungseinspeisung .....                     | 22        |
| 5.1.1 Hausanschluß.....                                  | 22        |
| 5.1.2 Hausanschlußraum .....                             | 24        |
| 5.2 Mittelspannungseinspeisung .....                     | 25        |
| 5.2.1 Mittelspannungsschaltanlage .....                  | 25        |
| 5.2.2 Transformatoren .....                              | 26        |
| 5.2.3 Niederspannungsschaltanlage .....                  | 26        |
| <b>6 HAUPTSTROMVERSORGUNGSSYSTEM .....</b>               | <b>28</b> |
| 6.1 Stromkreise .....                                    | 29        |
| 6.1.1 Gleichstrom .....                                  | 29        |
| 6.1.2 Wechselstrom.....                                  | 29        |
| 6.2 Versorgungsleitungen.....                            | 29        |
| 6.2.1 Hauptleitungen .....                               | 29        |
| 6.2.2 Abzweigeleitungen .....                            | 30        |
| 6.2.3 Steuerleitungen.....                               | 30        |
| 6.3 Kabelsysteme .....                                   | 30        |
| 6.4 Installationsarten .....                             | 30        |
| 6.4.1 Rohrinstallation .....                             | 30        |

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.4.2 Stegleitungsinstallation.....                                             | 31        |
| 6.4.3 Mantelleitungen .....                                                     | 31        |
| 6.4.4 Kunststoffkabel.....                                                      | 32        |
| 6.5 Leitungsverbindungen .....                                                  | 32        |
| 6.5.1 Installation mit Verbindungsdose .....                                    | 32        |
| 6.5.2 Installation ohne Verbindungsdose (nur mit Geräteverbindungs-dosen) ..... | 32        |
| 6.6 Leitungsverlegung.....                                                      | 32        |
| 6.6.1 Wandinstallation .....                                                    | 32        |
| 6.6.2 Unterflurinstallation .....                                               | 33        |
| 6.6.3 Stromschienensysteme .....                                                | 34        |
| 6.6.4 Brüstungskanäle.....                                                      | 35        |
| 6.7 Zähleranlagen .....                                                         | 36        |
| 6.8 Fundamenterder .....                                                        | 36        |
| 6.9 Potentialausgleich .....                                                    | 37        |
| 6.10 Schalter und Steckdosen.....                                               | 39        |
| <b>7 SCHWACHSTROMANLAGEN.....</b>                                               | <b>45</b> |
| 7.1 Blitzschutzanlagen .....                                                    | 45        |
| 7.2 Fernmeldeanlagen .....                                                      | 47        |
| <b>8 GEFAHREN DES ELEKTRISCHEN STROMS .....</b>                                 | <b>51</b> |
| 8.1 Auswirkungen auf den Körper .....                                           | 52        |
| 8.2 Erste Hilfe bei elektrischen Unfällen .....                                 | 53        |
| 8.2.1 Selbstbefreiungsversuche.....                                             | 53        |
| 8.2.2 Befreiung verunglückter Personen.....                                     | 53        |
| 8.3 Unfallverhütung bei Arbeiten an elektrischen Anlagen.....                   | 54        |
| 8.4 Schutzmaßnahmen gegen direktes und indirektes Berühren .....                | 54        |
| 8.4.1 Schutz gegen direktes Berühren.....                                       | 54        |
| 8.4.2 Schutzmaßnahmen gegen indirektes Berühren.....                            | 55        |
| 8.4.3 Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter.....                                    | 60        |
| <b>9 HINWEISE ZUR PLANUNG VON ELEKTROINSTALLATIONEN .....</b>                   | <b>63</b> |
| <b>10 SCHALTZEICHEN.....</b>                                                    | <b>65</b> |
| <b>11 LITERATURVERZEICHNIS .....</b>                                            | <b>67</b> |

# 1 Energiegewinnung

## 1.1 Kohlekraftwerke und Gaskraftwerke

Die chemisch gebundene Energie der Kohle kann in Kohlekraftwerken in elektrische Energie umgewandelt werden. Zu diesem Zweck wird die Kohle verbrannt und mit der sich entwickelnden Wärmeenergie wird Wasserdampf erzeugt. Danach findet mit Hilfe einer Dampfturbine die Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie statt, die zum Antrieb eines stromerzeugenden Generators genutzt wird. Die wesentlichen Komponenten eines Kohlekraftwerkes sind: die Kohlebeschickungseinrichtungen, die Dampfkesselanlage, der maschinentechnische Teil und die Einrichtungen zur Abgas- und Abwärmeabfuhr. Die dem Kraftwerk zugeführte Kohle wird in Kohlebunkern gespeichert, ehe sie zu der Verfeuerung in den Kesselbunker gebracht wird. Von dort aus wird sie bei Rostfeuerung direkt auf die Feuerungsroste gegeben; bei Staubfeuerung wird sie zuerst zu Staub gemahlen und mit vorgewärmter Luft über Brenner in den Feuerraum geblasen. Die bei der Verbrennung der Kohle entstehenden heißen Gase erzeugen im Dampfkessel aus vorgewärmtem Speisewasser Sattedampf, der in einem Überhitzer auf eine Temperatur von 500 - 650 Celsius und einen Druck von 90 - 120 bar gebracht wird. Bei dem Durchströmen der Dampfturbine wird die Wärmeenergie des Dampfes in kinetische Energie umgesetzt, die den Läufer der Turbine und gleichzeitig den an die Turbinenwelle angekoppelten Rotor des Generators in Rotation versetzt. In den meisten Fällen ist an dieses System eine Erregermaschine angekoppelt, die Gleichstrom erzeugt, der im weiteren Verlauf zu Wechselstrom umgeformt wird. Dieser Wechselstrom (meist Drehstrom von 6000-10000 Volt Spannung) wird dann über einen Transformator in das elektrische Verbundnetz eingespeist.

Der aus der Dampfturbine austretende Dampf wird in einem Kondensator durch Kühlung wieder verflüssigt, dabei wird die in ihm steckende Verdampfungswärme wieder frei. Über Wärmetauscher wird sie von einem Kühlkreislauf abgeführt. Dazu wird entweder Wasser aus einem See oder einem Fluß zur Kondensatorkühlung benutzt (offener Kreislauf), oder das erwärmte Kühlwasser wird in Kühltürmen abgekühlt (geschlossener Kreislauf). Der verflüssigte Dampf wird hier dann dem Kessel wieder als Speisewasser zugeführt. Die Rauchgase verlassen nach Reinigung in Staubfiltern die Anlage über einen Schornstein. Moderne Anlagen weisen Wirkungsgrade von 35-38% auf. Sie erzeugen je nach Blockgröße bis zu 700 Megawatt Energie. Sie können zusammengeschaltet werden, so daß Kraftwerke mit einer elektrischen Leistung bis zu 4000 MW entstehen.

Für die Gaskraftwerke gilt im Allgemeinen das selbe Prinzip, die Wirkungsgrade moderner GUD-Technik liegen jedoch höher (bis 48 %) als bei konventionellen Kohlekraftwerken.

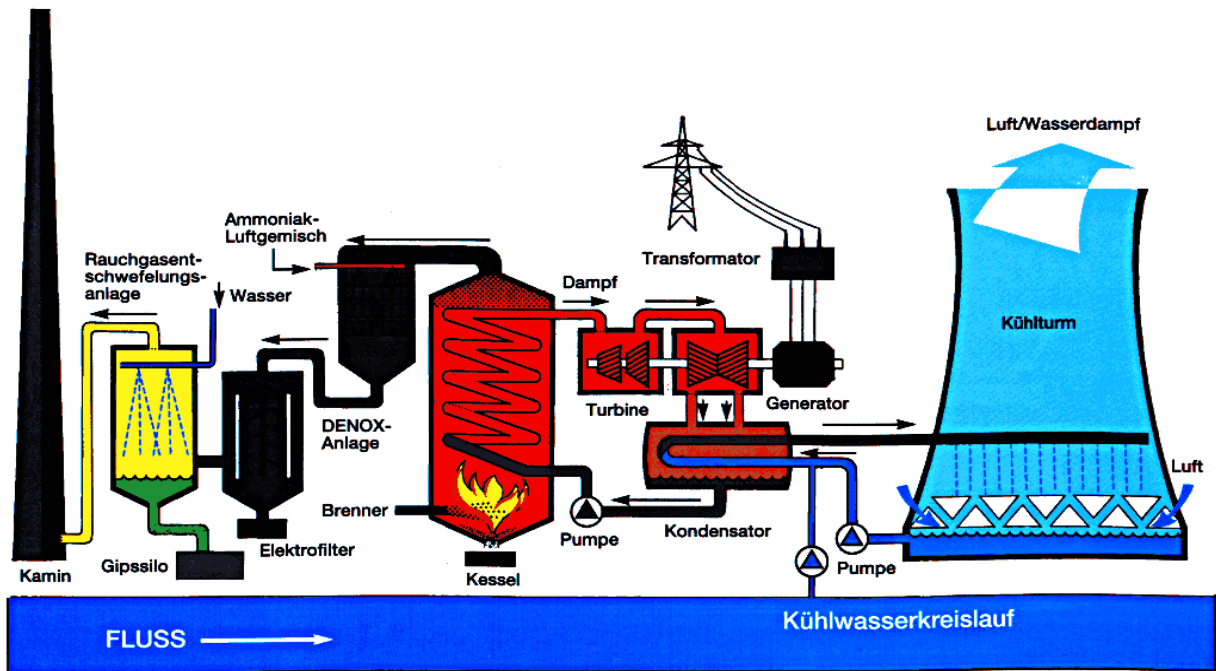


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Kohlekraftwerks; Quelle: [www.wko.de](http://www.wko.de)

## 1.2 Kraft -Wärme - Kopplung und Fernwärme

Bei der thermischen Stromerzeugung wird Wärmeenergie in elektrische umgewandelt. Hierbei bleibt zwangsläufig ein hoher Anteil der Wärmeenergie ungenutzt. Insbesondere geht Kondensationswärme verloren, die an den Kühlkreislauf des Kraftwerkes abgegeben wird. Besteht nun ein Bedarf an Wärme zum Heizen, Trocknen usw., so kann man hierzu die Restwärme aus dem Dampfkraftprozess mit heranziehen. Wird nun eine Anlage mit beiden Zielen, Abgabe von elektrischer Energie und Wärmeenergie, betrieben, so spricht man von Kraft-Wärme-Kopplung.

Die Auskopplung von Wärme kann auf zwei Wegen geschehen.

Im ersten Fall hebt man den Druck am Turbinenende über den Atmosphärendruck an und führt den dort austretenden Dampf dem Netz zu, an das die Wärmeverbraucher angeschlossen sind (Gegendruckverfahren). Im zweiten Fall entnimmt man der Turbine bei verschiedenen Druck- und Temperaturstufen Dampf zur Wärmeabgabe (Entnahmekondensation). In der Fernwärmewirtschaft wählt man meist den zweiten Weg. Da in beiden Fällen der entnommene Dampf noch Arbeitsfähigkeit besitzt, die von der Turbine nicht mehr genutzt werden kann, führt die Wärmeentnahme zu einer Verringerung der Stromproduktion. Dem steht aber ein zusätzlicher Wärmegegewinn gegenüber, da die sonst an die Umgebung abgegebene Kondensationswärme mitgenutzt wird. Der Wärmegegewinn ist größer als die Stromeinbuße, so daß in etwa eine Verdopplung des Anlagewirkungsgrades erzielt werden kann. So kann die Kraft-Wärme-Kopplung ca. 25% Energie einsparen im Vergleich zur dezentralen Wärmeversorgung. Darüberhinaus trägt sie zur Umweltentlastung bei.

Dieses Prinzip wird auch in Blockheizkraftwerken angewendet. So können kleinere Wohneinheiten, wie zum Beispiel Mehrfamilienhäuser versorgt werden. Auch bei dem Reichstag in Berlin erfolgt die Strom- und Wärmeversorgung über diesen Weg.

### 1.3 Wasserkraftwerke

Die großtechnische Nutzung der Energie strömenden Wassers zur Stromerzeugung erfolgt in Wasserkraftwerken. In ihnen wird das Wasser durch große Wasserturbinen geleitet, die dadurch angetrieben werden und die ihrerseits angekoppelte elektrische Generatoren antreiben, welche die elektrische Energie erzeugen. Zur Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit wird das Wasser entweder unmittelbar vor einem Wasserkraftwerk aufgestaut oder in einem höher gelegenen Speicherbecken bzw. -See gesammelt, bevor es in Druckrohren oder freifallend zur Turbine strömt. Der dort wirksame Wasserdruck hängt von der Stau- bzw. Fallhöhe des Wassers ab. Je nach Stau- bzw. Fallhöhe des Wassers unterscheidet man Nieder-, Mittel- und Hochdruckanlagen.

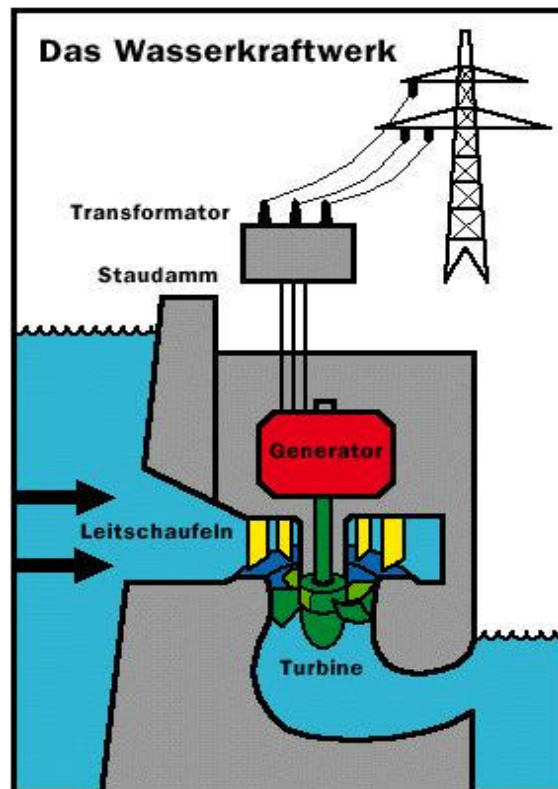
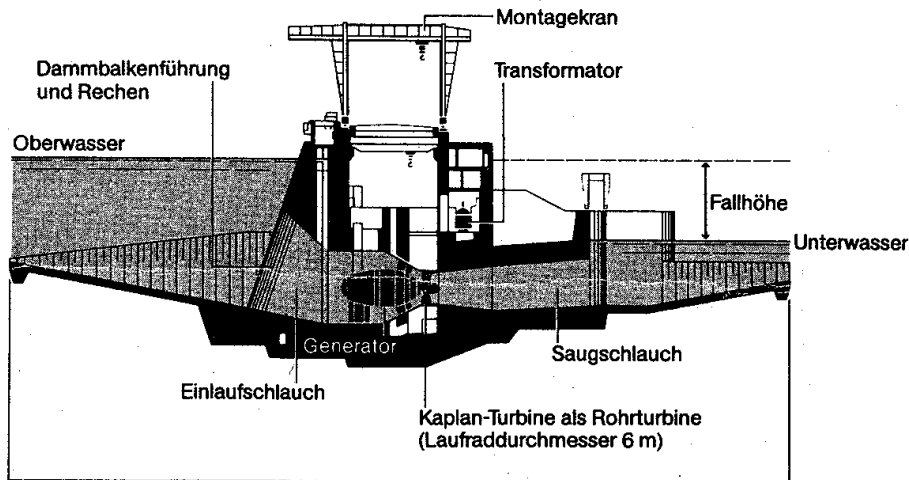


Abb. 1.3.1: Prinzipskizze eines Wasserkraftwerks  
(Quelle: [www.ewr.de](http://www.ewr.de))

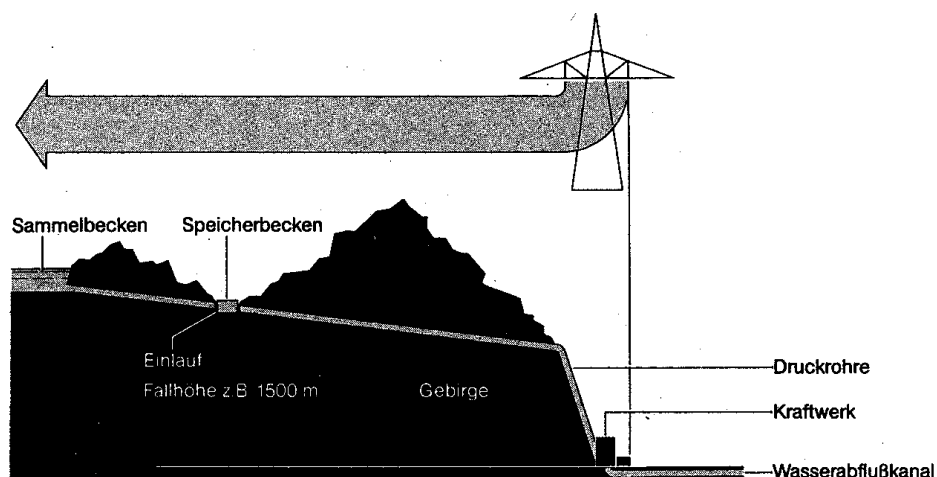
**Niederdruckkraftwerke** sind solche mit einer niedrigen Stau- bzw. Fallhöhe (bis 25 m). Unter diesen sind in erster Linie die Laufwasserkraftwerke zu nennen. Sie werden als Flußstaue (Aufstau durch Wehre) oder als Kanalstufen gebaut, wobei das Wasser entsprechend dem natürlichen Zulauf zur Energiegewinnung genutzt wird. Bei Laufwasserkraftwerken schwankt die Stromabgabe, da ihre Stromerzeugung von den jahreszeitlichen Witterungsbedingungen und damit vom Wasserangebot abhängig ist.



**Schnitt durch ein Niederdruck-Wasserkraftwerk**

Abb. 1.3.2: Schnitt durch ein Niederdruck-Wasserkraftwerk (TGA 01/97)

Im Gegensatz dazu arbeiten **Mittelkraftwerke und Hochdruckkraftwerke** mit großen Stau- bzw. Fallhöhen (100 bis 1500 m). Diese Speicherkraftwerke nutzen das gestaute Wasser eines natürlichen oder künstlichen Speicherbeckens. Sie werden in erster Linie als Talsperrenkraftwerke gebaut, bei denen eine Staumauer das Wasser eines Flusses in einem Tal zu einem großen See aufstaut (Talsperre) und Turbinen sich in Durchlässen am Fuße der Staumauer befinden. In Gebirgen sind die Speicherbecken sehr hoch angelegt und durch Druckrohrleitungen mit dem tiefer gelegenen Wasserkraftwerk verbunden. Im Gegensatz zu den Laufwasserkraftwerken wird bei Speicherkraftwerken das zufließende Wasser nicht unmittelbar zur Stromerzeugung genutzt, sondern für Zeiten hohen Strombedarfs gespeichert. In der Bundesrepublik trugen 1986 ca. 640 größere Wasserkraftwerke (Leistungsvermögen größer als 1000 kW) und rund 10.000 Klein- und Kleinstanlagen (Laufwasserkraftwerke) zur Stromerzeugung bei. Das entsprach ca. 5-6% des bundesdeutschen Strombedarfs.



**Hochdruckkraftwerk im Gebirge**

Abb. 1.3.3: Hochdruckkraftwerk im Gebirge (TGA 01/97)

## 1.4 Windenergie

Um Windenergie zur Stromerzeugung zu nutzen, braucht man mittlere Windgeschwindigkeiten von mindestens ca. 2 m/s. In Deutschland findet man diese Bedingungen vor allem in küstennahen Gebieten und in höher gelegenen Gebirgsregionen.

Durch Windkraftanlagen wird die im Wind enthaltene kinetische Energie in eine andere Energieform (z.B. elektrische-, mechanische- oder Wärmeenergie) umgewandelt.

Die Bauform von Windkraftanlagen ist recht vielseitig, basiert jedoch auf zwei Grundkonzepten: Windkraftanlagen mit horizontaler und vertikaler Rotorachse. Zu der ersten Gruppe gehören alle alten Windmühlen, die griechischen Segelwindpumpen, die vielblättrigen amerikanischen Farmwindräder und die modernen 3-, 2-, oder gar einflügeligen Windräder, d.h. alle Windkraftanlagen, deren Rotorwelle horizontal liegt.

Die zweite Gruppe wird hauptsächlich durch zwei Typen vertreten: den Savoniusrotor und den Darrieusrotor. Bei diesen beiden Typen liegt die Rotorachse vertikal, weshalb sie von der Windrichtung unabhängig sind. Der Savoniusrotor ist der einzige Rotor, der nicht bzw. kaum den Auftrieb eines Flügelprofils, sondern vorwiegend den Widerstand ausnutzt.

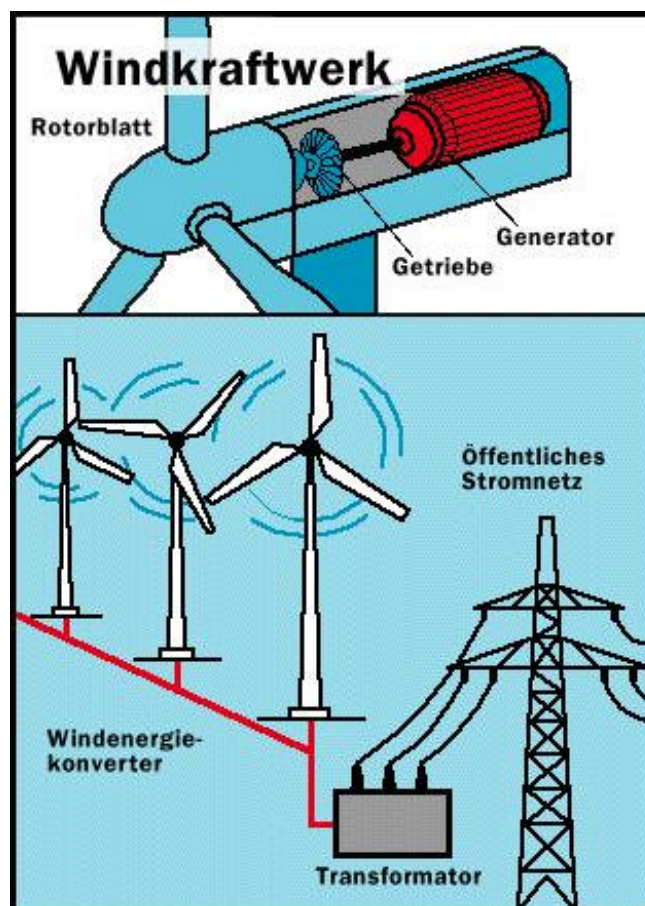


Abb. 1.4.1: Prinzipskizze eines Windkraftwerks (Quelle: [www.ewr.de](http://www.ewr.de))

Ein Aspekt, der seit Anfang der neunziger Jahre stark an Bedeutung gewonnen hat und eine umfangreichere Nutzung regenerativer Energien veranlaßt, hat mit einem generellen Umdenken bezüglich der Energieversorgung und -gewinnung zu tun. So entstehen in letzter Zeit neben den großen Windkraftanlagen,

die vorwiegend zur Erzeugung von Netzstrom eingesetzt werden, immer mehr kleine Anlagen im Leistungsbereich von etwa 50 W bis 10 kW.

Die Leistungsfähigkeit einer Windkraftanlage ist nicht nur abhängig von ihrer Leistung und Qualität, sondern in besonderem Maße von den örtlichen Windverhältnissen. Die dem Wind maximal zu entziehende Energie wächst nämlich mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit. Das bedeutet, daß bei einer Verdopplung der Windgeschwindigkeit das Energieangebot auf das 8-fache steigt und bei einer Verdreifachung auf das 27-fache. In diesem schwankendem Leistungsangebot und der fehlenden Speichermöglichkeit liegt das größte Problem der Anwendung von Windenergie.

Eine *ideale* Windkraftanlage kann maximal ca. 60% der Windenergie „nutzbar“ machen, denn die Luft muß ja hinter der Turbine noch abströmen können. Unter Einbeziehung der zusätzlichen Verluste *realer* Windturbinen bewegen sich die Wirkungsgrade der heute verwendeten Windrad-Typen zwischen 20% (Savoniusrotor, Windrose) und 35% (hochgezüchtete Propeller- und Darrieus-Rotoren). Bei der Umwandlung der Windenergie in elektrischen Strom und auf dem Weg zum Verbraucher kommen noch große Verluste hinzu, so daß von dem theoretisch nutzbaren Optimum nur etwa 8-25% genutzt werden können.

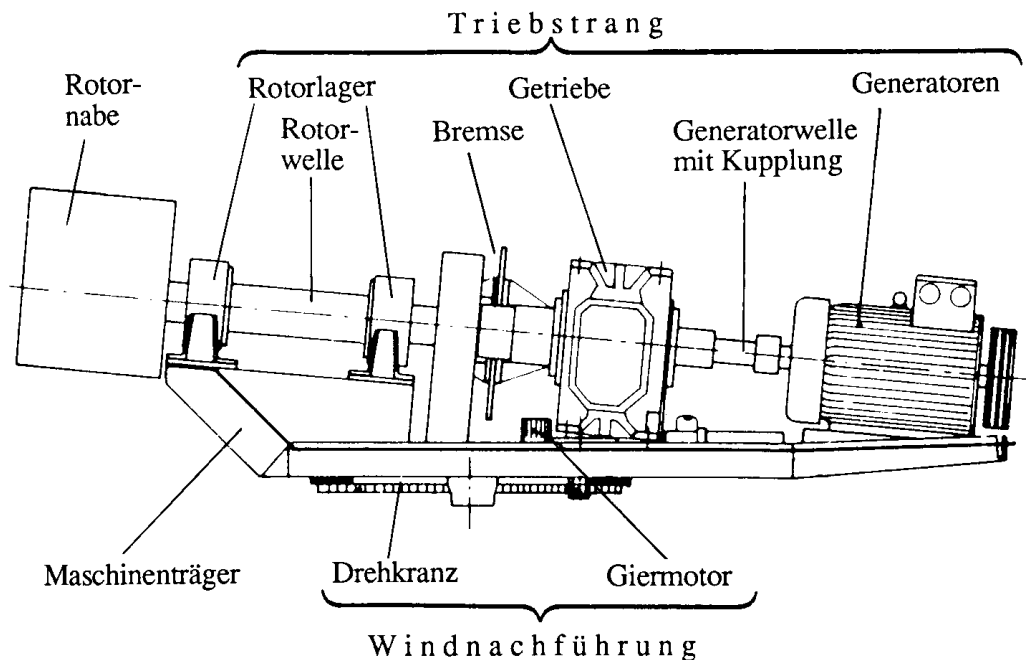


Abb. 1.4.2: Komponenten und Baugruppen einer netzeinspeisenden Windkraftanlage mit horizontaler Achse (VESTAS) (Gasch; 1996, S. 33)



Abb.1.4.3: Dänische Windkraftanlage VESTAS V15-55  
(Gasch; 1996, S. 45)

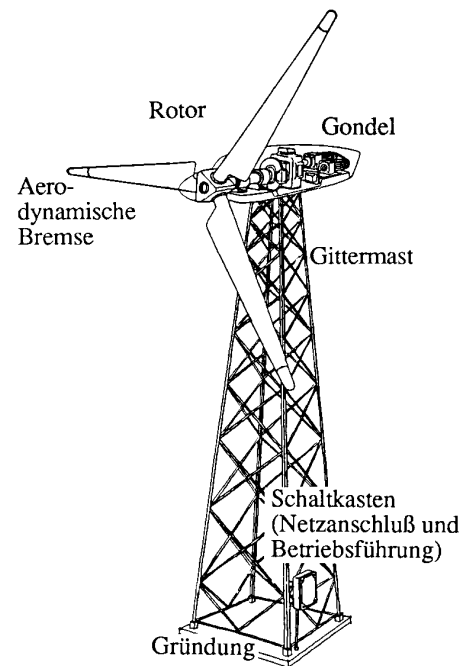


Abb. 1.4.4: Konstruktiver Aufbau der VESTAS  
(Gasch; 1996, S.33)



Abb. 1.4.5: Windpark in Nordfriesland (Gasch; 1996, S.47)



Abb. 1.4.6: Europäische Anlage der Megawatt-Klasse NORDEX N 52 (Gasch; 1996, S. 42)

## 1.5 Energiebilanz

Bei der Erzeugung von nutzbarer Energie in Form von Licht, Kraft und Wärme entstehen auf dem Weg von der Erzeugung bis hin zum Verbraucher Verluste. Der Energieeinsatz, der erzeugerseitig notwendig ist, um die Nutzenergie bereitzustellen, wird als Primärenergie bezeichnet. Durch Verbrennung von Kohle oder Gas bzw. der Spaltung von Uran wird die Primärenergie der genannten Brennstoffe in Endenergie (Strom) umgewandelt. Die so erzeugte elektrische Energie wird mit verschiedensten elektrischen Aggregaten in Nutzenergie in Form von Licht, Kraft und Wärme umgewandelt.

In der Abbildung ist ein Beispiel eines Energieflußdiagramms für die alten Bundesländer im Jahr 1992 dargestellt. Es zeigt den Energiefluß vom Primärenergieeinsatz bis zu den eigentlichen Zielprozessen der Energieversorgung, also der Nutzenergieverwendung in Form von Licht, Kraft und Wärme in den Verbrauchersektoren Haushalte, Kleinverbrauch, Industrie und Verkehr.

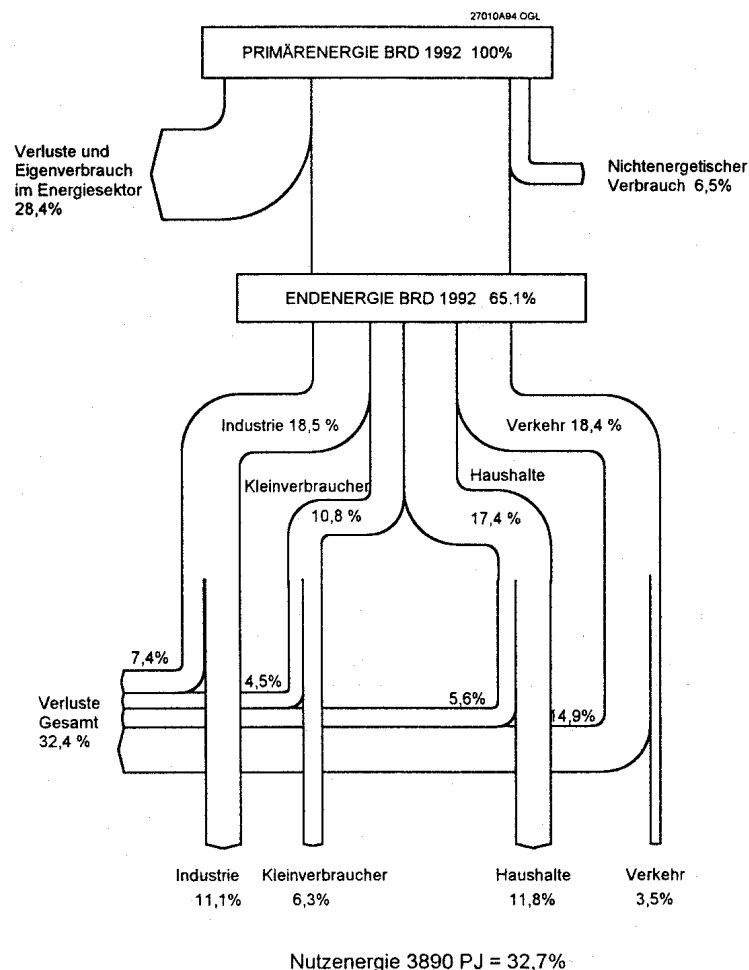


Abb.1.5: Primär –/– Sekundärenergie –Nutzung (Schaefer; 1995, S.9)

## 1.6 Kernreaktoren - Aufbau und Typen

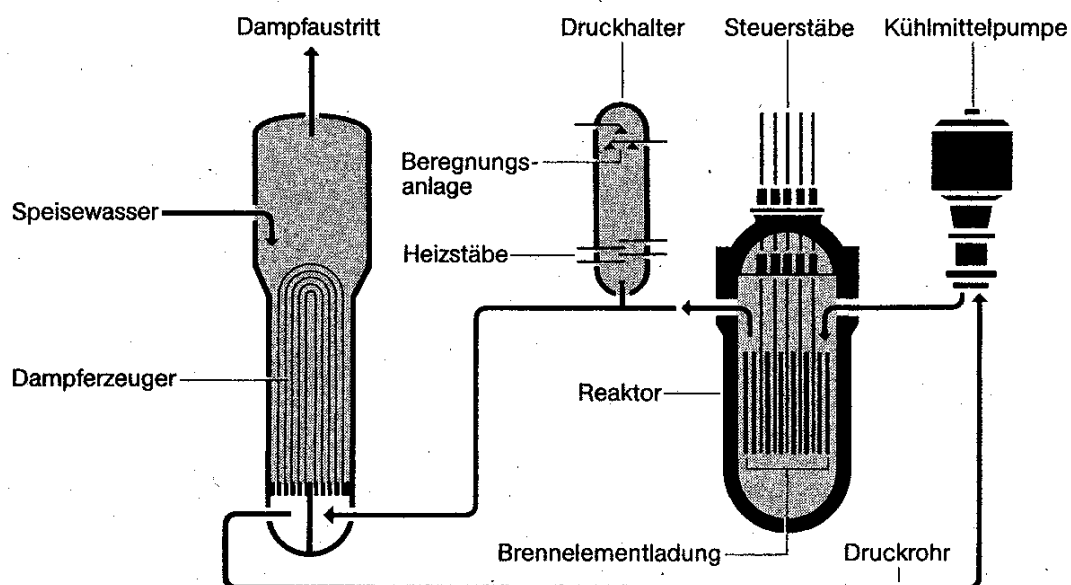
Ein Kernkraftwerk unterscheidet sich von einem fossil befeuerten Kraftwerk im wesentlichen durch die Art der Wärmeerzeugung, also durch den Kernreaktor und das dazugehörige Kühlsystem anstelle der konventionellen Feuerungsanlage.

In einem Reaktor mit schnellem Neutronenspektrum werden die bei der Spaltung entstehenden Energien nur wenig moderiert (d.h. abgebremst), bevor sie neue Spaltungen bewirken. Thermische Reaktoren dagegen enthalten als sogenannten Moderator ein Material mit kleinem Atomgewicht, das die Spaltneutronen auf eine niedrigere, "thermische" Energie abbremst. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Neutron beim Zusammenstoß mit einem Spaltstoffatom eine Spaltung bewirkt, ist bei niedrigen Energien viel größer als bei hohen. Der nukleare Brennstoff (Kernbrennstoff) besteht aus einer Mischung aus Spaltstoff und Brutstoff. Aus letzterem können nach Neutroneneinfang neue spaltbare Nuklide entstehen (Konversion und Brüten). Als Anreicherung bezeichnet man den Anteil von Spaltstoff im Brennstoff, insbesondere die Konzentration des Uranisotops U 235 in uranhaltigen Kernbrennstoffen. In Natururan beträgt dieser Anteil 0,7 % in angereichertem Uran für den Leichtwasserreaktor etwa 3 %.

Der Reaktorkern enthält die Brennelemente, in denen der Brennstoff enthalten ist, ferner den Moderator, einen Teil des Kühlsystems und Kontrollstäbe (Steuerstäbe). Das Reaktordruckgefäß, welches das Core umschließt, ist durch dicke Betonwände abgeschirmt.

Charakteristisch für die Auslegung ist die spezifische Wärmeerzeugung oder Leistungsdichte. Damit wird die durch Spaltungen erzeugte thermische Energie im Reaktorkern, dividiert durch sein Volumen, bezeichnet. Mit höher werdender Leistungsdichte wird der Reaktor kompakter, gleichzeitig werden höhere Anforderungen an die Kühlung und die Sicherheitseinrichtungen gestellt.

Die bei der Kernspaltung freiwerdende Energie führt zu einer Erwärmung des Brennstoffs. Dieser ist durch die Umhüllung (Cladding), in der Regel ein Metallrohr, vom Kühlmittel getrennt. Damit werden einerseits radioaktive Substanzen, die als Spaltprodukte bei der Kernspaltung entstehen, vom Kühlkreislauf ferngehalten, andererseits wird der Brennstoff in einer geometrischen Anordnung gehalten, die eine gute Wärmeabfuhr sicherstellt.



**Primärkreislauf eines modernen Druckwasserreaktors**  
Abb. 1.6: Schematische Darstellung eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor (TGA 01/97)  
im Längsschnitt

Mit der Zeit verbraucht sich der Spaltstoff. Es sammeln sich in den Brennelementen neutronenabsorbierende Spaltprodukte an. Haben diese Spaltprodukte einen bestimmten Anteil erreicht, kann der Reaktor nicht länger kritisch gehalten werden. Alte Brennelemente werden mit einer Beladevorrichtung gegen neue ausgetauscht. Die im Laufe der Einsatzzeit eines Brennelements erzeugte thermische Energie wird mit Abbrand bezeichnet und in Megawatt-Tagen pro Tonne Brennstoff angegeben. Die Merkmale der verschiedenen Reaktortypen werden im wesentlichen durch die Wahl von Moderator und Kühlmittel bestimmt. Insbesondere legt das Kühlmittel die maximale Temperatur im Primärkreis fest und damit auch die obere Temperatur des Arbeitsmediums im Sekundärkreis.

## 1.7 Sonnenenergie zur Stromerzeugung - Solarzellen

Solarzellen dienen dazu, die von der Sonne eingestrahlte Strahlungsenergie direkt in elektrische Energie umzuwandeln. Ihre Wirkungsweise beruht auf dem photovoltaischen Effekt. Um mit Solarzellen eine nennenswerte elektrische Leistung zu erzielen, muß man viele solcher dünn-scheibiger Zellen leitend miteinander verbinden. Meist werden ca. 18 - 40 Solarzellen (maximale Leistungsabgabe jeweils 100 - 900 mW) zu Solarmodulen (liefern Spannungen von 8 - 18 Volt) und diese wiederum zu Sonnenpaneelen (Flächen über 1 qm) zusammengesetzt und mit einer gemeinsamen Schutzschicht (Glas, Kunststoff) versehen.

Die Betriebszuverlässigkeit von Solarzellen ist sehr groß, so daß trotz ihres z.Zt. noch sehr hohen Preises Solarzellengeneratoren (Sonnenbatterien) nicht nur zur Energieversorgung von Satelliten und Raumsonden, sondern auch wirtschaftlich zur Stromversorgung von Funkstationen und Häusern in abgelegenen Gebieten, Leuchttürmen, Bojen und Segelschiffen einsetzbar sind.

Die bis zu 100 qcm großen, in ihrer Form quadratischen, rechteckigen oder runden Solarzellen bestehen aus einer dünnen Scheibe eines einkristallinen Halbleitermaterials (Dicke einige Zehntel mm), auf der ein Antireflexbelag (aus Silicium- oder Titanoxid) aufgebracht ist und die zur Ableitung des photoelektrisch erzeugten Stroms mit einem metallischen Rückseitenkontakt und einem meist als Gitterstruktur ausgebildeten Vorderseitenkontakt versehen ist. Je nach Anwendung sind dem Verbraucher elektronische Regeleinrichtungen und Batteriespeicher zur Überbrückung der sonnenscheinlosen Zeit vorgeschaltet.

Die Absorption der verwendeten Halbleitermaterialien muß der spektralen Verteilung des Sonnenlichts möglichst gut angepaßt sein, d.h. sie muß vor allem im Bereich des sichtbaren und infraroten Lichts zwischen 0,3 und 1,4  $\mu\text{m}$  (entspricht Energien von 0,8 bis 3,5 eV) wirksam sein. Damit sich ein möglichst großer Photostrom ergibt, müssen die Halbleitermaterialien so gewählt werden, daß auch noch die Energie der Photonen aus dem langwelligen Teil des Sonnenspektrums ausreicht, um in ihnen Elektronen und Löcher als freibewegliche Ladungsträger freizusetzen. Andererseits darf die dafür benötigte Mindestanregungsenergie (= Breite der Energielücke zwischen Valenz- und Leitungsband des verwendeten Materials) nicht zu klein sein, sonst wird die elektrische Feldstärke in den wirksamen Bereichen und damit die erzeugte Photospannung zu klein. Daher hat ein Halbleiter mit einer Anregungsenergie von etwa 1,5 eV den optimalen Wirkungsgrad für die Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie. Dieser liegt theoretisch bei etwa 26 %, praktisch also bei den am meisten verwendeten Siliciumsolarzellen (Siliciumzellen) bei etwa 11 bis 15 %.

Die in den Solarzellen verwendeten Materialien haben Energiebandabstände zwischen 1,1 eV bei Silicium (Si) und 2,4 eV bei Cadmiumsulfid (CdS). Die Kosten liegen heute mit etwa 5 DM pro kWh noch sehr hoch, so daß ihr Einsatz nur für Sonderzwecke wirtschaftlich sinnvoll ist. Hoffnungen auf Kostenreduktion stützen sich auf die Entwicklung von Dünnschichtzellen mit wesentlich geringerem Materialverbrauch. Als aussichtsreich dafür gelten vor allem solche aus amorphem Silicium und aus Cadmiumsulfid.

Auch durch Konzentration der einfallenden Sonneneinstrahlung mit Spiegeln oder Fresnel-Linsen kann man die Kosten von Solarzellengeneratoren, deren Zellen vor allem aus Galliumarsenid, Indiumphosphid oder Cadmiumtellurid hergestellt werden, fällt der Wirkungsgrad jedoch mit steigender Temperatur ab, so daß sie oft mit Wasser gekühlt werden (sog. Hybridzellen). Bei Fluoreszenzkollektoren wird die Sonnenstrahlung in farbigen Kunststoffplatten gesammelt und auf die an den Kanten angeordneten Solarzellen geleitet. Bei Tandemzellen sind Halbleiter unterschiedlicher Anregungsenergien übereinandergeschichtet, um möglichst das gesamte Sonnenspektrum auszunutzen.

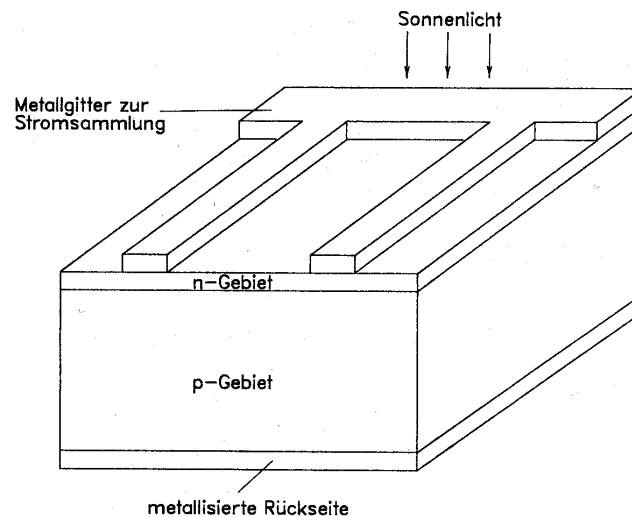


Abb. 1.7.1: Schematische Ansicht einer Silizium-Solarzelle (J. Schmid; 1994, S. 1)

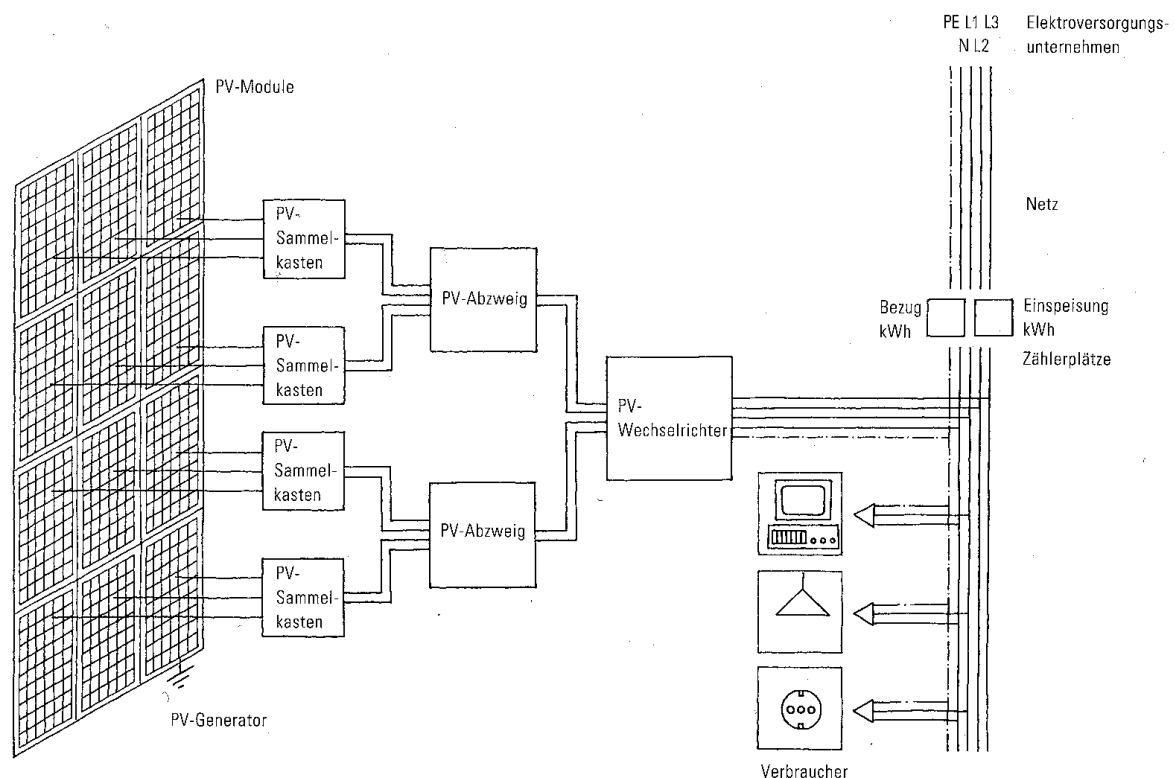


Abb. 1.7.2: Schaltschema einer Photovoltaik-Anlage; (Daniels II, 1995, S. 215)



Abb.1.7.2: Photovoltaikanlage zur Beleuchtung eines Staßentunnels (Schmid –Photovoltaik; 1994,S.200)

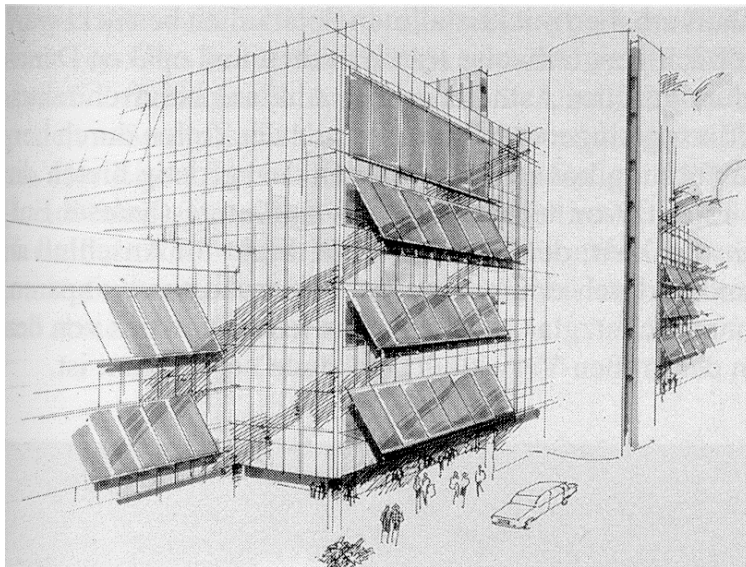


Abb.1.7.3: Prinzipskizze eines Gebäudes mit Verschattungselementen aus photovoltaischen Glaskomponenten; Werkbild FLAGSOL (Schmid –Photovoltaik; 1994, S.197)

## 2 Entwicklung des Energieverbrauchs

Noch bis vor nicht allzu langer Zeit war die Menschheit darauf angewiesen, ihren Energiebedarf vornehmlich aus dem schwankenden Angebot regenerativer Energieträger (Holz, Wasser und Wind) zu decken. Die nach der Erfindung der ersten brauchbaren Dampfmaschine durch James Watt rasch fortschreitende Industrialisierung sowie die Erfolge in der Medizin und in der Landwirtschaft setzten Rahmenbedingungen, die ein starkes Anwachsen der Weltbevölkerung bei gleichzeitigen erheblichen Verbesserungen der materiellen Lebensbedingungen ermöglichten. Die regenerativen Energieträger reichten schon bald nicht mehr aus, um diese Entwicklung zu tragen, und die industrielle Bereitstellung von Energie wurde notwendig. Die Lösung des damaligen Energieproblems brachte die Kohle, die bis zum Ende des 19. Jahrhunderts zum dominierenden Energieträger wurde.

Mit dem Beginn des Kohlezeitalters vollzog sich eine tiefgreifende Änderung der Energieversorgung, die von einer lokal auf erneuerbaren Energieträgern aufbauenden Versorgung zu überregionalen Versorgungssystemen mit umfangreichen Transport- und Verteilungssystemen führte. Der weitere Verlauf der Entwicklung ist - bis auf einige Einbrüche durch Wirtschaftskrisen und Kriege - durch einen stetig wachsenden Verbrauch und den Marktdurchbruch des Erdöls und des Erdgases gekennzeichnet. Diese Energieträger übernahmen, beginnend mit den 60er Jahren, zunehmend die Rolle der Hauptenergielieferanten und decken heute 58 % des jährlichen Weltenergiebedarfs in Höhe von fast 10 Mrd. t SKE. Bei einer derzeitigen Weltbevölkerung von etwas mehr als vier Mrd. Menschen bedeutet dies einen Verbrauch von ca. 2.0 t SKE (=57000 MJ) pro Kopf und Jahr.

Regional bestehen Unterschiede im Pro-Kopf-Verbrauch. So haben z.B. die Menschen in Afrika, Asien, Australien und Südamerika (zusammen mehr als 50 % der Weltbevölkerung) nur einen Anteil von 13 % am gesamten Weltenergieverbrauch, während die westlichen Industrienationen bei einem Bevölkerungsanteil von nur 18 % mehr als die Hälfte der weltweit verfügbaren Energie verbrauchen. Dieses Mißverhältnis, das auch als Ausdruck der eklatant unterschiedlichen Lebensbedingungen gesehen werden kann, ist neben dem weiteren Bevölkerungszuwachs ein wesentlicher Grund dafür, daß in Zukunft noch mit einer Steigerung des Weltenergiebedarfs gerechnet werden muß.



Abb.2.1: Stromquellen (Quelle: Stromthemen 03/99)

|                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------|
| $1 \text{ kg Steinkohle (SKE)} = 7000 \text{ kcal} = 29,3 \text{ MJ} = 8,14 \text{ kWh}$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------|

Die Energiesituation in der Bundesrepublik Deutschland weist viele Parallelen zur Weltentwicklung auf. Ab 1950 stieg der Energieverbrauch auch hier sehr stark an: von 136 Mio. t SKE auf heute (1997) 495 Mio. t SKE. Wie in der gesamten Weltenergieversorgung haben die beiden letzten Jahrzehnte auch in der bundesdeutschen Energieversorgung einen deutlichen Strukturwandel gebracht. Während sich Anfang der 60er Jahre die Deckung des Energiebedarfs auf die festen Energieträger stützte, sind es heute vornehmlich die flüssigen und gasförmigen Energieträger, die den Hauptanteil der Energienachfrage tragen.

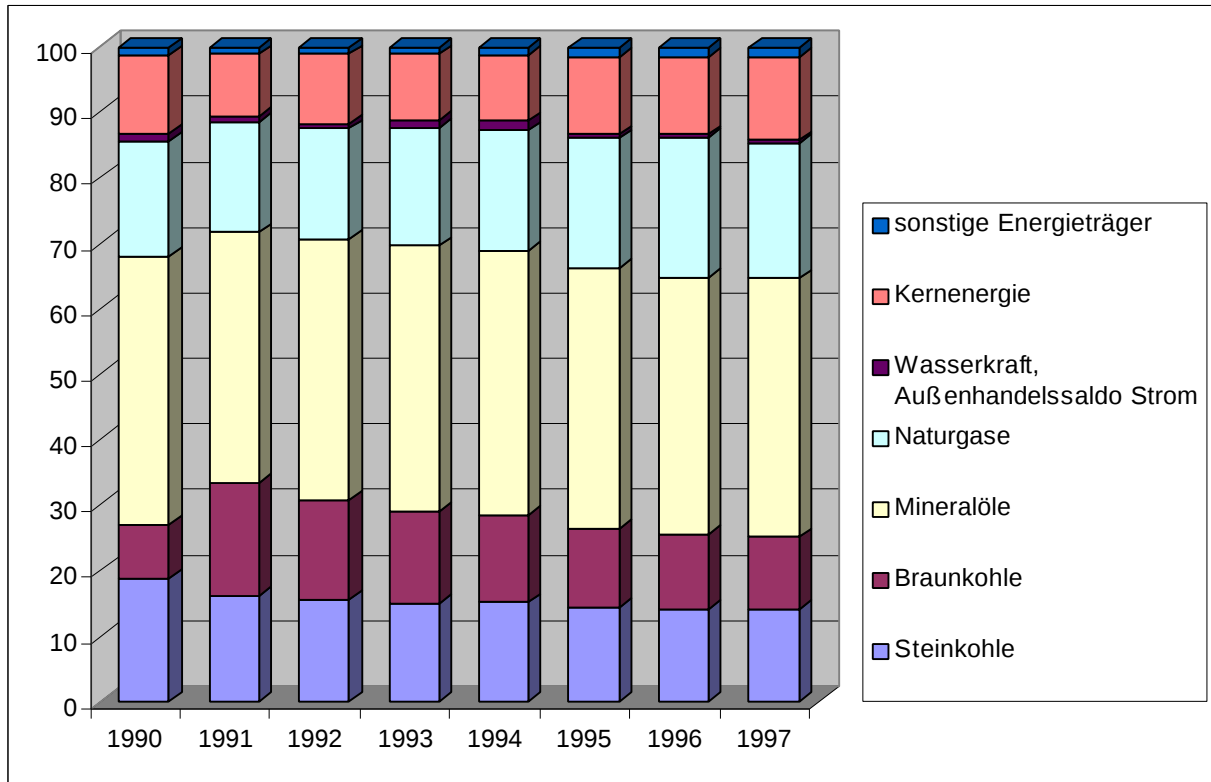


Abb. 2.2: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern, Anteile in % (Quelle: AG Energiebilanzen)

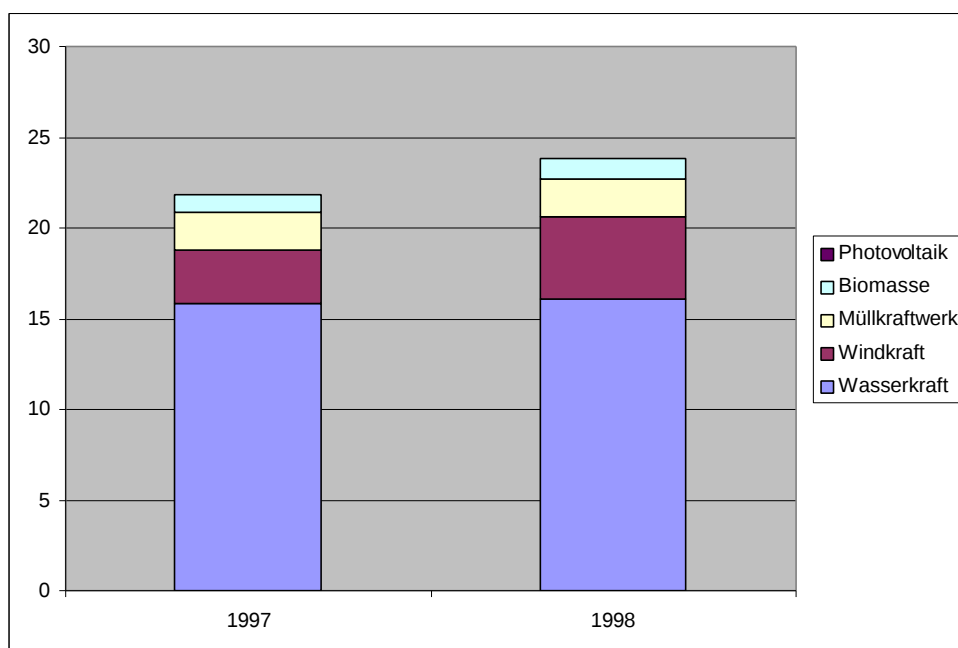


Abb.2.3:  
Strom aus erneuerbaren Energien in Deutschland in Mrd kWh (Stromthemen 03/99)

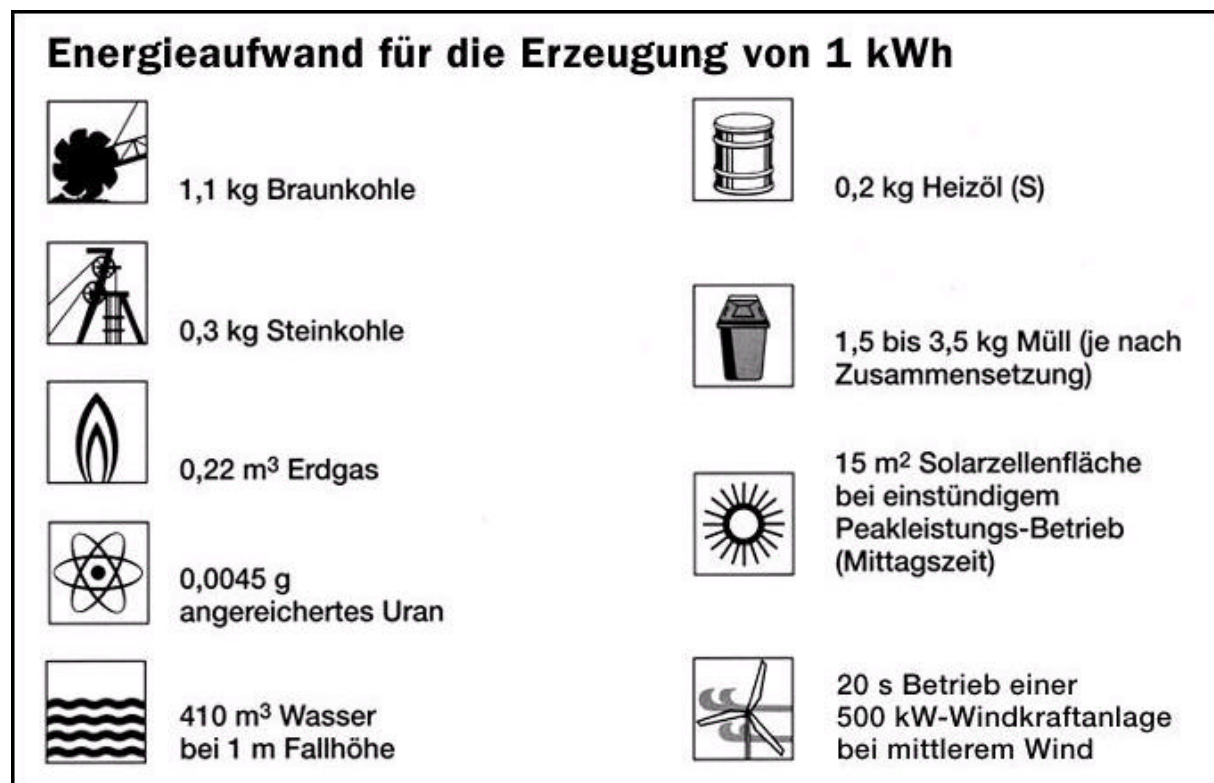


Abb. 2.2: Energieaufwand für die Erzeugung von 1 kWh (Quelle: VWEW Verlag Frankfurt / Main)

### 3 Elektrische Energieversorgung

Die Verteilung der im Kraftwerk erzeugten Energie erfolgt durch Freileitungen auf Hochspannungsebene (110-380 kV) in einem Verbundnetz, das die großen Kraftwerke untereinander verbindet. In Schalt- und Umspannwerken größerer Städte oder Industrieanlagen wird die Hochspannung auf eine Mittelspannungsebene von 10 kV heruntertransformiert und in das örtliche Versorgungsnetz (EVU-Netz) eingespeist. Dieses Mittelspannungsnetz versorgt größere Verbraucher wie Krankenhäuser, Fabriken, Verwaltungsgebäude u.a. Komplexe mit hohem Leistungsbedarf direkt. Diese Großabnehmer verfügen über hauseigene Trafostationen, deren Platzbedarf der Architekt im betreffenden Fall in Absprache mit dem EVU (Elektrischen Versorgungsunternehmen) rechtzeitig einplanen muß. Die innerstädtische Energieverteilung erfolgt zumeist unterirdisch bei 10 kV bis in einzelne Straßenzüge und wird dort in EVU-Stationen auf eine Niederspannungsebene von 400/230 Volt heruntertransformiert und so zu den Haushalten und Kleinverbrauchern geleitet.

Mittelspannungen unter 50 kV zur Versorgung von Melde- und Informationssystemen werden ausschließlich örtlich weiter heruntertransformiert.

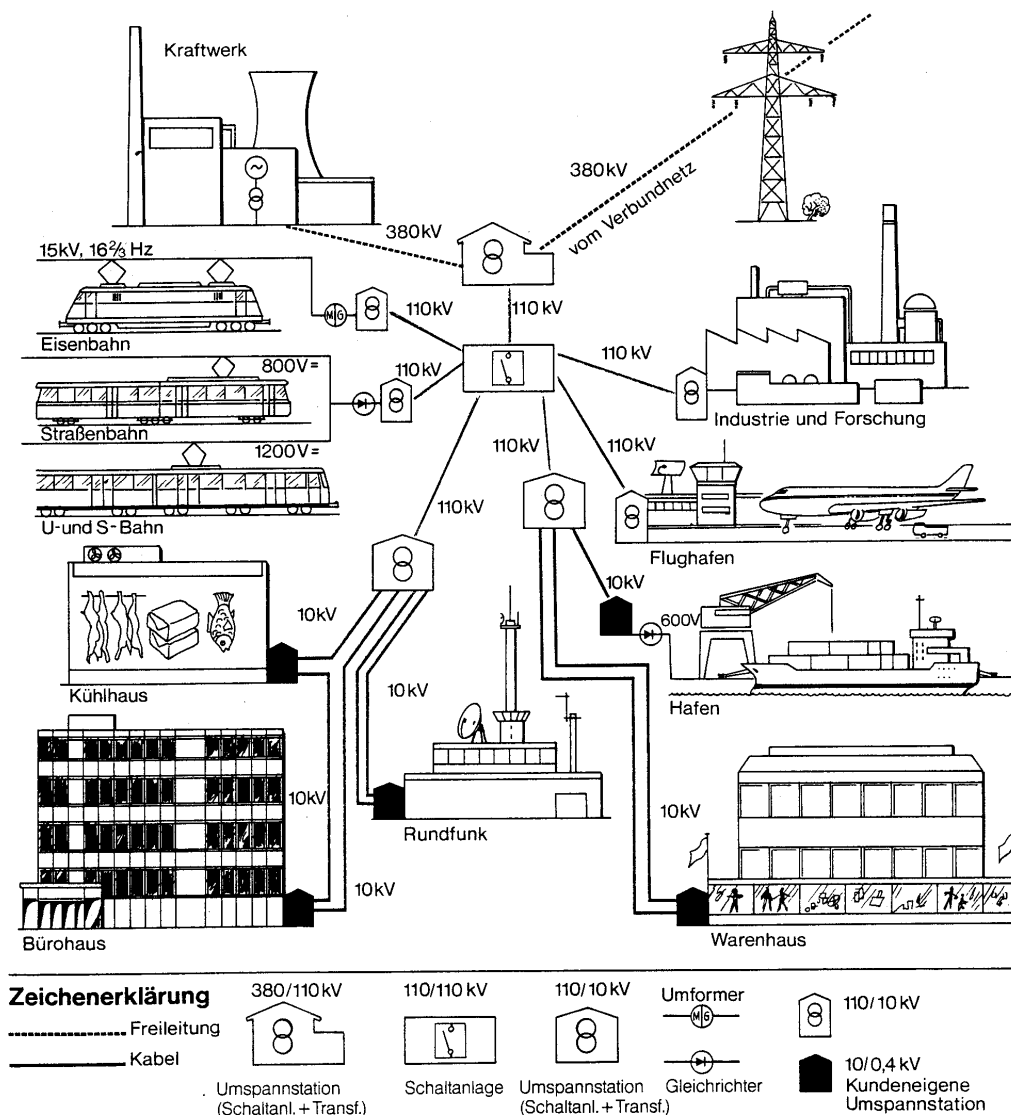


Abb. 3.1: Energieversorgung (TGA 01/97)

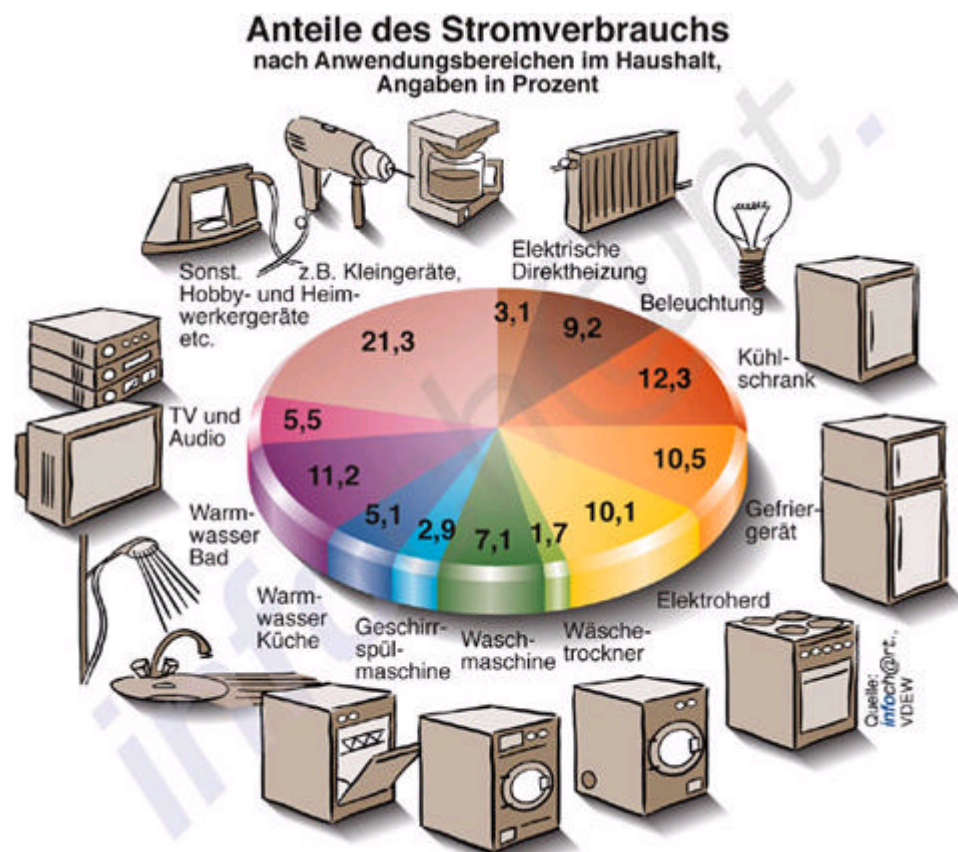


Abb. 3.2: Stromverbrauch im Durchschnittshaushalt (Quelle: www.infochart.de)

## 4 Stromtarife

Die Höhe der Stromtarife wird in der Regel von den Energieversorgungsunternehmen festgelegt, die hierbei jedoch preisrechtlichen Bestimmungen unterliegen. Die EVU's bieten für Niederspannungsabnehmer, die direkt an das 400 V-Netz angeschlossen sind und einen maximalen Anschlußwert von 200 kVA besitzen, sowie für Mittelspannungsabnehmer auf einer Ebene von 10 kV unterschiedliche Tarife an. Mit Mittelspannungsabnehmern schließt das zuständige EVU zumeist einen gesonderten Abnahmevertrag ab, der die spezifischen Verbrauchsgewohnheiten berücksichtigt. Die Tarife lassen sich unterteilen in :

- ⇒ **Arbeitsabhängige Kosten**, bei denen die dem Netz entnommene Arbeit (kWh) in Abhängigkeit von der Verbrauchszeit einen unterschiedlichen Kostenansatz besitzen kann (Preis pro kWh)
- ⇒ **Leistungsabhängige Kosten**, die für die Bereitstellung einer bestimmten Leistung (Scheinleistung) zu zahlen sind
- ⇒ **Der Leistungspreistarif**, die häufigste Abrechnungsart, bei der eine Staffelung nach in Anspruch genommener Leistung erfolgt und monatlich oder jährlich eine Höchstleistung im viertelstündigen oder halbstündigen Mittel gemessen wird.

Der Strompreis ist am niedrigsten, wenn das Abnehmermaximum nicht mit dem EVU-Maximum zusammenfällt. So gelten während der Nacht häufig besonders günstige Tarife, die die Entwicklung eines Energiekonzeptes mitbestimmen sollten.

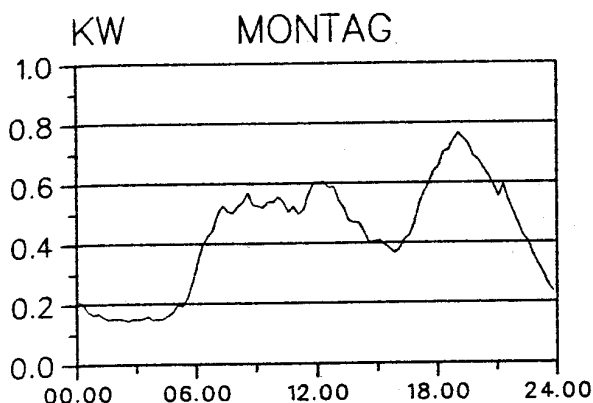


Abb. 4.1: Strombedarf eines Durchschnittshaushaltes im Tagesverlauf (TGA 01/97)

Außerdem sollte sich eine möglichst hohe Benutzungsdauer aus der entnommenen Arbeit dividiert durch die höchste in Anspruch genommene Leistung ergeben. Hierzu benötigt man i.a. jedoch fundierte Kenntnisse bezüglich der **Leistungsspitzen** sowie der Rechengröße **Benutzungsstunden**.

Da Strompreisverhandlungen nur für große Abnehmer in Betracht kommen, sind mittlere und kleine Verbraucher aber auf die Auswahl des günstigsten Stromtarifes und die Anpassung ihrer Abnahmestruktur an die Tarife angewiesen. Den größten Erfolg versprechen hierbei sogenannte **Lastabwurfprogramme**, die nicht unbedingt nötige Verbraucher während der Zeit des höchsten Leistungsbedarfs automatisch abschalten, sowie die Überwachung durch eine **zentrale Leittechnik**, die Einschaltzeitpunkte in einen Zeitraum niedrigeren Leistungsbedarfs verschiebt. Dies kann z.B. durch die Verwendung eines Installationsbussystems (EIB=European Installation Bus) geschehen, mit dessen Hilfe Lastspitzen durch temporäres automatisches Abschalten bestimmter elektrischer Anlagen (z.B. Gefriertruhe, Geschirrspüler, o.ä.) vermieden werden können. Mit Hilfe solcher Regeltechniken lassen sich Stromkosten um ca. 15% reduzieren.

#### 4.1 Anschlußwert und Leistungsbedarf

Bei Verhandlungen zwischen dem EVU und Großabnehmern ist es häufig nötig, eine Leistungsbilanz zu erstellen, aus welcher der voraussichtliche jährliche elektrische Energiebedarf hervorgeht. Bei der Erstellung einer solchen Leistungsbilanz werden Gleichzeitigkeitsfaktoren mit einbezogen, die berücksichtigen, daß in einem Gebäude nie alle elektrischen Verbraucher gleichzeitig und mit voller Leistung in Betrieb sind. Der **Gleichzeitigkeitsfaktor** ist immer  $<1$  und somit kleiner, je größer und verschiedenartiger die Anzahl der Verbraucher ist und er läßt sich durch den Einsatz zentraler Leittechniken weiter reduzieren.

Gleichzeitigkeitsfaktoren und Leistungsbedarf für Stromversorgungsanlagen in Wohngebäuden (ohne Elektroheizung)

| Anzahl der Wohnungen | Gleichzeitigkeitsfaktor | Leistungsbedarfsanteil je Wohnung kW | Gesamtleistungsbedarf aller Wohneinheiten kW |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1                    | 1                       | 35                                   | 35                                           |
| 2                    | 0,52                    | 18,2                                 | 36                                           |
| 3                    | 0,37                    | 13                                   | 39                                           |
| 4                    | 0,32                    | 11,2                                 | 45                                           |
| 5                    | 0,3                     | 10,5                                 | 53                                           |
| 8                    | 0,25                    | 8,8                                  | 70                                           |
| 10                   | 0,22                    | 7,7                                  | 77                                           |
| 12                   | 0,2                     | 7                                    | 84                                           |

Abb. 4.1.1 : Gleichzeitigkeitsfaktoren und Leistungsbedarf für Stromversorgungsanlagen in Wohngebäuden (Volger/Laasch; 1998, S. 339)

Die Auslegung der Stromversorgungsanlage eines Gebäudes ergibt sich in erster Linie aus der Summe der Anschlußwerte der in ihr vorzusehenden elektrischen Geräte und Beleuchtungsanlagen. Für eine durchschnittliche Wohneinheit kann man dabei von einem Gesamtanschlußwert von 70 kW ausgehen. Diese 70 kW sind für die Ermittlung des Leistungsbedarfs der Wohnung mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,5 zu multiplizieren, der die Tatsache berücksichtigt, daß nie alle Verbraucher gleichzeitig eingeschaltet sind.

|                              | Anschlußwert in kW |           |
|------------------------------|--------------------|-----------|
|                              | Wechselstrom       | Drehstrom |
| Antennenerverstärker         | 0,02               |           |
| Hausnummern-Beleuchtung      | 0,02               |           |
| Haussprechanlage             | 0,01               |           |
| Kühlschrank                  | 0,2                |           |
| Gefriergerät                 | 0,2                |           |
| Geschirrspüler               | 3,5                | 5,0       |
| Elektroherd                  | 5,7                | 11,0–14,0 |
| Kochmulde                    | 2,0                | 5,0–10,0  |
| Separater Backofen           |                    | 2,5– 5,0  |
| Mikrowellenherd              | 1,0–2,0            |           |
| Grill                        | 0,8–3,3            |           |
| Dunstabzugshaube             | 0,2–0,3            |           |
| WW-Untertischspeicher 5–12 l | 2,0                |           |
| WW-Speicher ab 15 l          |                    | 4,0– 6,0  |
| Kochendwassergerät 5 l       | 2,0                |           |
| Durchlauferhitzer            |                    | 12,0–33,0 |
| Sauna                        |                    | 4,5–18,0  |
| Waschmaschine                | 2,2–3,3            |           |
| Wäscheschleuder              | 0,4                |           |
| Wäschetrockner               | 2,1–3,3            |           |
| Bügelmaschine                | 1,5–3,3            |           |
| Nähmaschine                  | 0,02–0,1           |           |
| Rasenmäher                   | 0,3 –1,0           |           |
| Staubsauger                  | 0,2 –1,0           |           |
| Radio                        | 0,05               |           |
| Fernsehgerät                 | 0,2 –0,4           |           |
| Kaffeemaschine               | 0,7 –1,2           |           |
| Mixer, Entsafter             | 0,2                |           |
| Toaster                      | 1,0 –1,7           |           |

Übliche Anschlußwerte von Elektrogeräten und elektrisch betriebenen Einrichtungen. Eigene Stromkreise erhalten alle Drehstromanschlüsse sowie Wechselstromanschlüsse ab 2 kW.  
Großgeräte ab 3,7 kW Anschlußwert werden ortsfest über Geräteanschlußdosen angeschlossen. Ab 4,6 kW erhalten sie einen dreiphasigen Anschluß (Drehstrom).

Abb. 4.1.2: Anschlußwerte von Elektrogeräten (Wellpott; 1992, S.87)

## 5 Netzeinspeisung

### 5.1 Niederspannungseinspeisung

#### 5.1.1 Hausanschluß

Der Anschluß an das Niederspannungsnetz sollte noch vor Fertigstellung des Rohbaus vom zuständigen Architekten mit dem zuständigen EVU besprochen werden. Die endgültige Anmeldung des Anschlusses erfolgt durch einen bei der EVU zugelassenen Elektroinstallateur. Hierzu wird ein Lageplan, ein Geschößgrundriss und der Kellergrundriss mit Eintragung des Hausanschlußkastens eingereicht. Anschließend wird vom EVU auf Kosten des Bauherrns der Hausanschluß über ein Erdkabel oder eine Freileitung hergestellt.

Diese enden im Gebäudeinneren in einem Hausanschlußkasten, der jederzeit zugänglich sein muß. Bei größeren Objekten ist er meistens in einem separaten Hausanschlußraum untergebracht, bei kleineren

Gebäuden in einem trockenen Kellerraum oder, falls kein Keller vorhanden, in einem ausreichend dimensionierten Wandschrank. Vom Hausanschlußkasten führen die Leitungen über Zähler und Sicherheitseinrichtungen bis zu den Verbrauchsstellen.

In dörflichen Gegenden mit Freileitungen werden diese über einen Dachständer oder an der Giebelseite außerhalb des Handbereiches in das Gebäude geführt. In diesem Fall befindet sich der Anschlußkasten in der Regel im Bereich des Dachbodens.

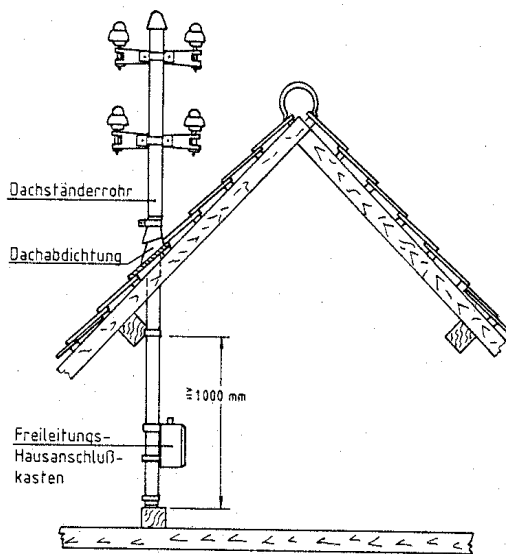


Abb. 5.1.1.1: Beispiel eines Dachständeranschlusses (TGA 01/97)  
*Beispiel eines Dachständeranschlusses*

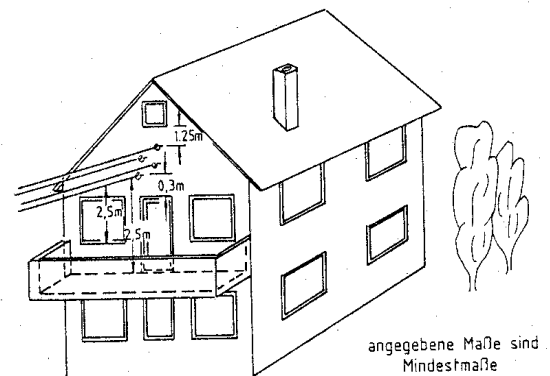


Abb. 5.1.1.2: Mindestabstände beim Freileitungshausanschluß, Hangbereich bei Verwendung blanker Leitungen (TGA 01/97)

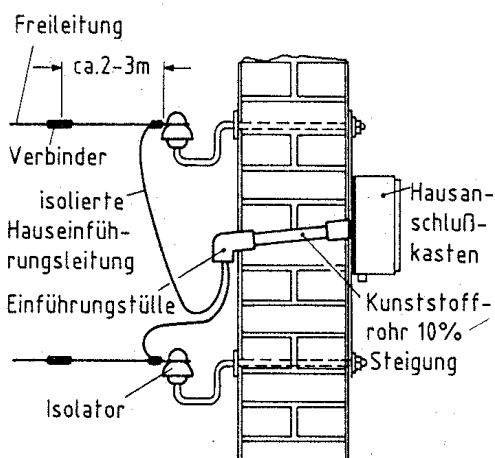
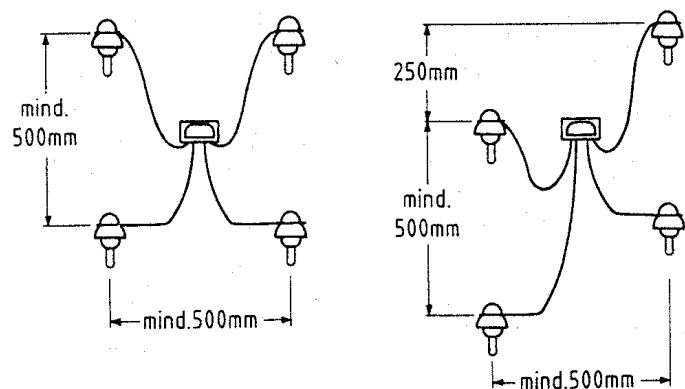
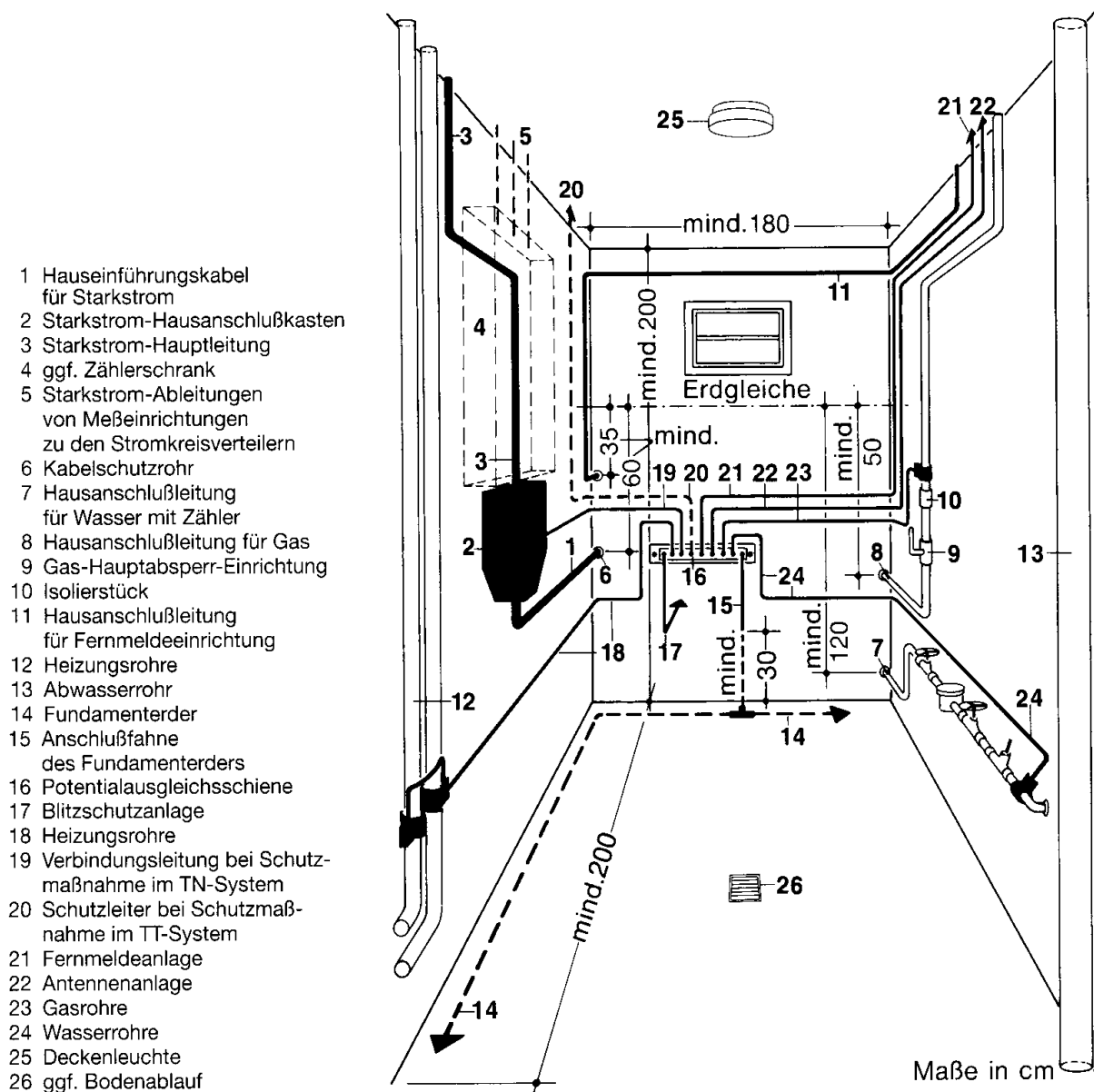


Abb. 5.1.1.3: Freileitungseinführung und vorgeschriebene Abstandsmaße (TGA 01/97)



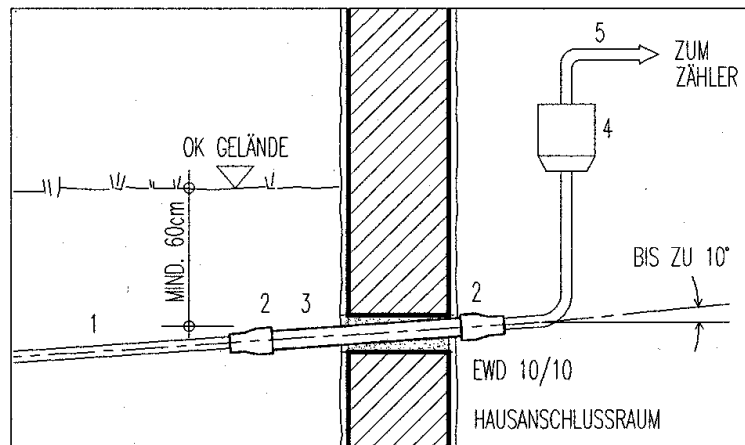
## 5.1.2 Hausanschlußraum

Bei größeren Gebäuden erfolgt die Niederspannungseinspeisung über einen Hausanschlußraum, der durch ein Schild als solcher gekennzeichnet sein muß. Die Raumtemperatur sollte hier 30°C nicht überschreiten und Einrichtungen für Wasser, Gas oder Fernwärme nicht an der gleichen Wand wie die Starkstromeinrichtung liegen. Das Anschlußkabel wird über ein Schutzrohr durch die Außenwand in den Anschlußraum eingeführt.



*Hausanschlußraum in Anlehnung an DIN 18012 mit Hauptpotentialausgleich*

Abb. 5.1.2.1: Beispiel eines Hausanschlußraumes (nach DIN 18012) mit Hauptpotentialausgleich; (RWE, 1998, 12/11)



**Einführung des elektrischen Hausanschlußkabels**

Abb. 5.1.2.2: Hauseinführung eines Kabels (Pisthol; 1993, E S. 36)

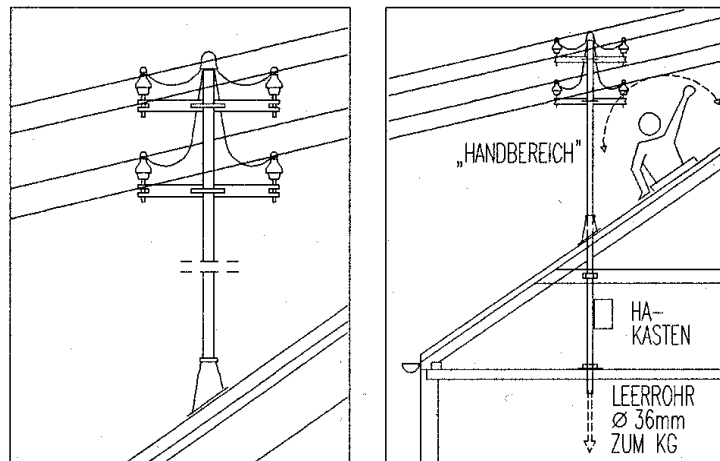


Abb. 5.1.2.3: Freileitungsanschluß über einen Dachständer (Pisthol; 1993, E S. 36)

## 5.2 Mittelspannungseinspeisung

Bei größeren Bauvorhaben, die eine Anschlußleistung von mehr als 240 kVA besitzen, erfolgt die Energieversorgung aus dem Mittelspannungsnetz.

### 5.2.1 Mittelspannungsschaltanlage

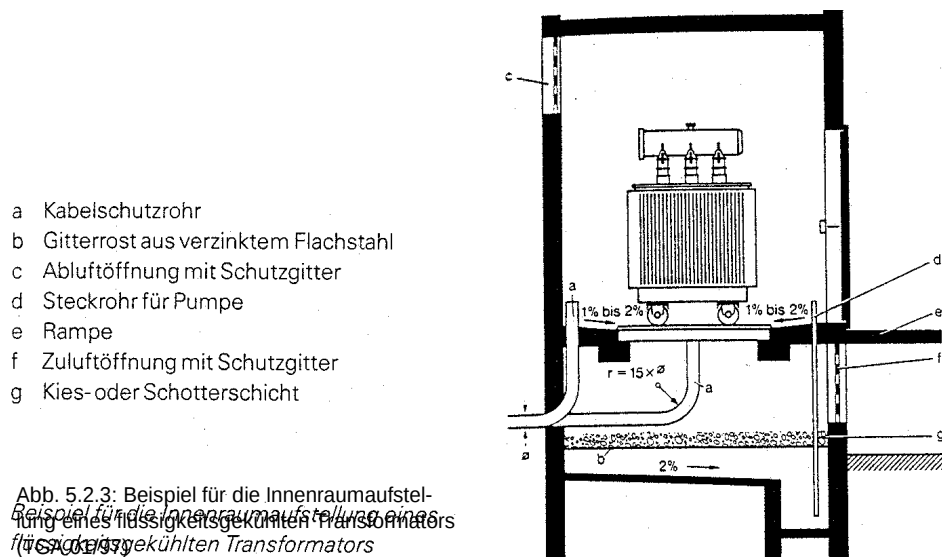
Die Einspeisung elektrischer Energie auf Mittelspannungsebene erfolgt zunächst über eine Mittelspannungsschaltanlage, die verschiedene Zellen zur Einspeisung, Übergabe und Messung enthält. Es gelten hier die gleichen Zugänglichkeitsbedingungen wie für Hausanschlußräume.

### 5.2.2 Transformatoren

Nachdem die Mittelspannung in das Gebäude eingeführt wurde, wird sie dort mittels Transformatoren auf die Niederspannungsebene heruntertransformiert. Die Auswahl des Transformators wird bestimmt durch die Spannung des versorgenden Netzes und die benötigte Spannung (Nennspannung), die Leistung der angeschlossenen Verbraucher (Nennleistung), den Verwendungszweck, die Art der Kühlung (luftgekühlt oder flüssigkeitsgekühlt) und die Bauart.

#### 5.2.2.1 Öltransformatoren

Öltransformatoren sind flüssigkeitsgekühlte Transformatoren mit Öl als Kühlmittel. Öltransformatoren werden vorwiegend in Umspannwerken und großen Industriebetrieben eingesetzt und bedürfen wegen der Brandgefahr besonderer baulicher Maßnahmen. Zum besseren Transport besitzen sie ein untergestelltes Fahrgestell. Unter dem Öltransformator ist eine Auffangwanne anzuordnen, die den Flüssigkeitsinhalt des Transformators aufnehmen kann.



#### 5.2.2.2 Gießharztransformatoren

Gießharztransformatoren benötigen eine kleinere Aufstellfläche als Öltransformatoren und können praktisch an jeder Stelle im Gebäude installiert werden, sofern eine ausreichende Kühlluftmenge herangeführt werden kann.

Generell ist zu beachten, daß durch Traforäume keine wasserführenden Leitungen gelegt werden dürfen und daß die Trafos bei natürlicher Belüftung an der Außenwand aufgestellt werden müssen. Außerdem sollten die Transformatoren auf Doppelböden aufgestellt werden, um große Kabel gut einschleifen zu können. In jedem Fall sollte der planende Architekt vor Baubeginn den nötigen Platzbedarf, Ein- und Ausbringungsöffnungen sowie Transportwege genau mit dem EVU absprechen.

### 5.2.3 Niederspannungsschaltanlage

Vom Transformator gelangt die heruntertransformierte Energie zu einer Schaltanlage, welche die Verbindung zu den einzelnen Versorgungsbereichen herstellt. Die Niederspannungsschaltanlage enthält die nötigen Schutzschalter und Sicherungen und ist in Schrankform allseitig umschlossen und daher auch in

allgemeinen Bereichen aufstellbar. Die Anzahl der Schrankelemente ergibt sich aus der Zahl der Abnehmer und der nötigen Unterverteilungen.

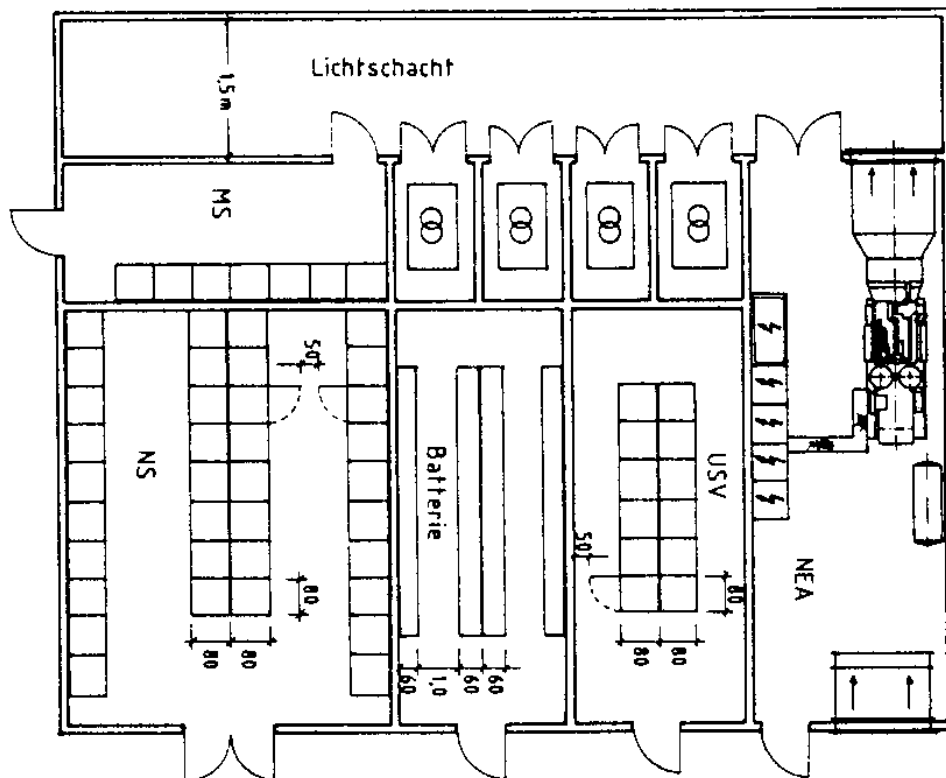
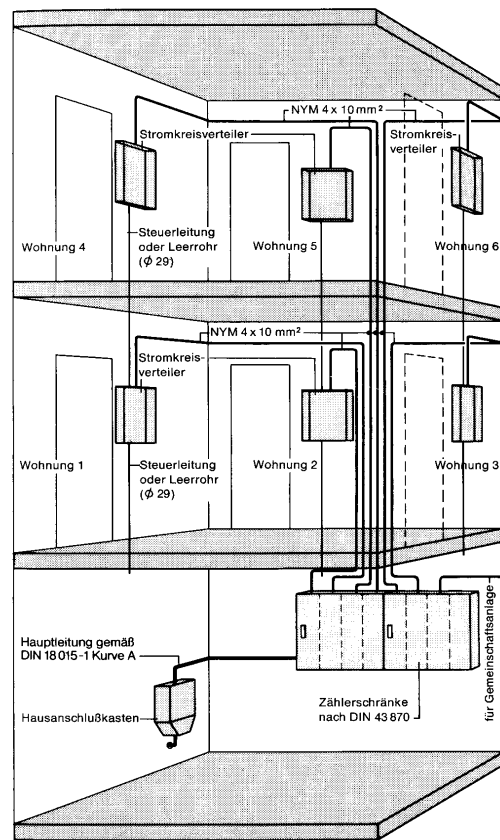


Abb. 5.2.5: Beispiel einer Elektrozentrale (TGA 01/97)  
*Beispiel einer Elektrozentrale*

## 6 Hauptstromversorgungssystem

Die Art des Versorgungssystems kann je nach Gebäudeart und Verbraucherleistung unterschiedlich gewählt werden. Man unterscheidet zwischen Stichversorgung, Gruppenversorgung, Ringversorgung, Doppelversorgung und Einzelversorgung. Während bei kleinen Wohnobjekten die Stich- und Gruppenversorgung üblich ist, kommt in großen Gebäuden, wo eine große Versorgungssicherheit erforderlich ist, häufig die Ringversorgung zum Einsatz.



Hauptstromversorgungssystem für größere Bauvorhaben

Abb.6.1: Hauptstromversorgungssystem für größere Bauvorhaben (RWE; 1998, 12/17)

|                        | Stichversorgung                                                                                                                                                                              | Gruppenversorgung                                                                                                                                        | Ringversorgung                                                                                                         | Doppelversorgung                                                                                                       | Einzelversorgung                                                                                                                                                                        |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                          |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |
| Steigeleitung:         | vorwiegend Sammelschiensystem weniger Kabel                                                                                                                                                  | Sammelschiene oder Kabel                                                                                                                                 | Sammelschiene oder Kabel                                                                                               | vorwiegend Sammelschiensystem weniger Kabel                                                                            | Kabel                                                                                                                                                                                   |
| Vorteile:              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- übersichtlich</li> <li>- kleine Niederspannungshauptverteilung</li> <li>- Dimensionierung nach mittlerer Belastung aller Unterverteilung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei Störung nur Teilausfall</li> <li>- kleinere Leiterquerschnitte</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- gute Versorgungssicherheit</li> <li>- geringerer Leiterquerschnitt</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorteile wie Stichversorgung, jedoch bessere Versorgungssicherheit</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei Störung nur Ausfall einer Verteilung</li> </ul>                                                                                            |
| Nachteile:             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei Störung Totalausfall</li> <li>- bei Kabel schwierige Montage wegen großer Querschnitte</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- größere Niederspannungshauptverteilung</li> <li>- Lastausgleich nur innerhalb der Versorgungsgruppen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- etwas übersichtlicher für Bedienungspersonal</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- etwas schwieriger zu warten und zu bedienen</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- große Niederspannungshauptverteilung</li> <li>- große Schächte</li> <li>- Belastungsverschiebungen können nicht ausgeglichen werden</li> </ul> |
| Versorgungssicherheit: | niedrig                                                                                                                                                                                      | mittel                                                                                                                                                   | hoch                                                                                                                   | mittel                                                                                                                 | hoch                                                                                                                                                                                    |

Abb.6.1.2: Vergleich von Versorgungssystemen (TGA 01/97)

## 6.1 Stromkreise

Für elektrische Anlagen in Wohngebäuden gilt nach DIN 18015 eine Mindestanzahl an Stromkreisen für Steckdosen und Beleuchtung pro qm Wohnfläche:

| Wohnfläche in qm       | bis 50 | 50-75 | 75-100 | 100-125 | über 125 |
|------------------------|--------|-------|--------|---------|----------|
| Anzahl der Stromkreise | 2      | 3     | 4      | 5       | 6        |

Die Stromkreise bestehen jeweils aus 1 bis 3 Außenleitern (Phasen) und den dazugehörigen Neutral- und Schutzleitern. Die Sicherungen der einzelnen Stromkreise faßt man zweckmäßigerweise möglichst kurz vor den Belastungsschwerpunkten in einer besonderen Verteilung zusammen, die 1,10 m-1,85 m über dem Fußboden im Flur oder einem Nebenraum meist putzbündig in die Wand eingebaut wird.

Es sind zu unterscheiden Stromkreise für Licht und Steckdosen, die sowohl getrennt als auch zusammen verlegt werden können, und Stromkreise für Geräte ab 2,0 kW Anschlußwert, für die ein separater Stromkreis sinnvoll ist.

- Dreireihige Stromkreisverteilung (M 1:10)
- a* Leitungsschutzschalter, 1polig, L-Automaten
  - b* 3 Reserveplätze für *a*
  - c* Kippschalter, 3polig, 63 A als Hauptschalter
  - d* 3 Sicherungssockel NEOZED 63 A
  - e* Schukosteckdose
  - f* Klingeltransformator

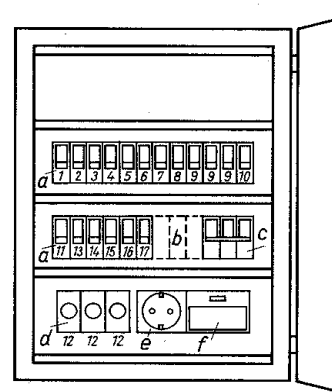


Abb. 6.1.1: Dreireihige Stromkreisverteilung (Volger/Laasch; 1989, S.347)

### 6.1.1 Gleichstrom

Er wird hauptsächlich für elektrische Bahnen und bestimmte industrielle Zwecke verwendet und ist als Haushaltsstrom kaum anzutreffen. Im Zusammenhang mit PV-Anlagen ist eine 12 V Niederspannungs-Verteilung eventuell sinnvoll.

### 6.1.2 Wechselstrom

Er wird entweder einphasig, z.B. in Glühlampen oder kleinen elektrischen Geräten, oder als dreiphasiger Drehstrom angewandt. Ein Drehstrom-Vierleiter besteht aus 3 Phasen und einem geerdeten Mittelleiter, auch Nullung genannt.

## 6.2 Versorgungsleitungen

### 6.2.1 Hauptleitungen

Eine Hauptleitung ist die Verbindungsleitung zwischen der Übergabestelle des EVU, dem Hausanschlußkasten, und der Zähleranlage. Diese Leitung führt nicht gemessene Energie zu den einzelnen Zähleranlagen. Sie muß alle 5 Leiter des Drehstromsystems enthalten. Bei Anordnung der Zähler unmittelbar neben dem Hausanschlußkasten entfallen die Hauptleitungen. Hauptleitungen sind möglichst im Treppenhaus zu verlegen sowie unter der Kellerdecke. Verwendet werden Kunststoffleitungen oder Kunststoffmantelleitungen.

### 6.2.2 Abzweigeleitungen

Sie führen als Zählerzuleitung von der Hauptleitung bis zu den Stromkreisverteilungen als Zählerabteilung und sind stets als Drehstromleitungen zu verlegen. Beim Einbau von Wechselstromzählern sind nicht benutzte Adern zu isolieren.

### 6.2.3 Steuerleitungen

Sie dienen zum Abschalten leistungsstarker Geräte in den Hauptlastzeiten.

## 6.3 Kabelsysteme

Als metallischer Leiter wird im Wohnungsbau hauptsächlich Kupfer verwendet. Als Leitung bezeichnet man mehrere zusammengefaßte Adern. Sind diese zusätzlich von einem Mantel umgeben, spricht man von einem Kabel. Die verschiedenen Adern sind gemäß ihrer Funktion unterschiedlich farblich gekennzeichnet:

|                               | <b>dreiadrige Leitung</b> | <b>fünfadrigte Leitung</b> |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <b>PEN-Leiter</b>             | grün/gelb                 | grün/gelb                  |
| <b>Schutzleiter PE</b>        | grün/gelb                 | grün/gelb                  |
| <b>Neutralleiter N</b>        | hellblau                  | hellblau                   |
| <b>Phase (Außenleiter) L1</b> | schwarz                   | schwarz                    |
| <b>Phase (Außenleiter) L2</b> | -                         | braun                      |
| <b>Phase (Außenleiter) L3</b> | -                         | schwarz                    |

Nach DIN 18015 müssen alle Leitungen auswechselbar und gegen Beschädigungen geschützt verlegt werden. Die Umgebungstemperatur der Leitungen darf 55° nicht überschreiten. Verteiler und Abzweiger des Netzes sind in allgemein zugänglichen Räumen (ausgenommen Sicherheitstreppen) anzuordnen, und das Verteilungsnetz muß an die Potentialausgleichsschiene angeschlossen sein. In Wohnräumen sind Leitungen grundsätzlich unter Putz zu verlegen. In Abstellräumen o.ä. dürfen sie auch auf der Wand verlegt werden.

## 6.4 Installationsarten

### 6.4.1 Rohrinstallation

Bei Rohrinstallationen wird ein Installationsrohr in vorher ausgestemmte Schlitzte verlegt, in die später die Leitungen eingelegt werden können. Installationsrohre können auch auf der Schalung verlegt oder in Be-

ton gegossen werden. Man erreicht so eine Austauschbarkeit der Leitungen. Die Elektroplanung muß jedoch bei diesem System bereits sehr früh erfolgen.

Als Rohrmaterial eignen sich flexibles Kunststoffisolerrohr sowie gewelltes Stahlrohr oder Stahlpanzerrohr (bei höherer Druckbeanspruchung).

Flexible Kunststoffrohre werden in der Regel unter Putz in Schlitzten verlegt und nach Abschluß der Putzarbeiten Kunststoffaderleitungen H07V-U (NYA) mit Hilfe einer langen Spirale eingezogen. Für Feuchträume wie Waschküchen oder unbelüftete, unbeheizte Kellerräume sind Rohrinstallationen mit Kunststoffaderleitungen nicht zulässig.

## 6.4.2 Stegleitungsinstallation

Die einzelnen Adern der Stegleitung sind mit einem Gummisteg zusammengefaßt. Die Stegleitung ist flach und wird mit Hilfe von Nägeln, Gipsplastern oder Klebstoff an der Rohwand befestigt. Die Leitung muß anschließend zur Erhöhung ihrer mechanischen Festigkeit auf ihrem ganzen Verlauf ausreichend mit Putz bedeckt sein. Die Verlegung ist nur in trockenen Räumen (einschl. Wohnbadezimmer) erlaubt. Unzulässig ist die Verlegung auf Holz sowie auf leicht brennbaren Kunststoffen und auf Metall und die Verwendung in landwirtschaftlichen Gebäuden. Besondere Aufmerksamkeit sollte man bei Stegleitungen auf die Ausführung der Leitungsabknickungen richten. Einfaches Umknicken bewirkt eine Verdickung, die von der Putzschicht nicht ausreichend überdeckt werden kann. Besser ist es, die Stege fachgerecht aufzuschlitzen. Der Vorteil der Stegleitungsinstallation ist, daß die Ausschreibung der Elektroinstallation relativ spät erfolgen kann und sich so Anordnungen von Schaltern usw. gegebenenfalls noch am Rohbau mit dem Bauherrn besprechen lassen. Außerdem ist die Stegleitungsinstallation billiger als eine Rohrinstallation. Nachteile ergeben sich im Fall einer nachträglichen Veränderung, die nicht ohne Stemm- und Putzarbeiten möglich ist.

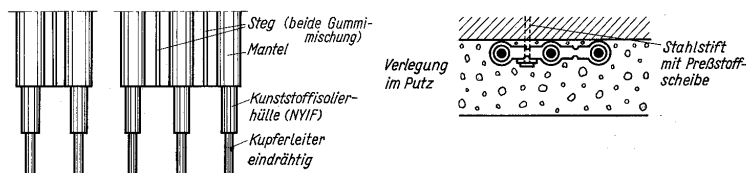


Abb. 6.4.2.1: Stegleitungen, 2- und 3adrig (Volger/Laasch; 1989, S.361)

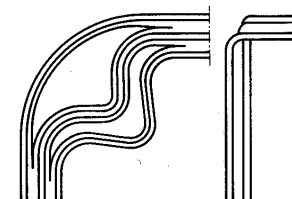


Abb. 6.4.2.2: Rechtwinkliges Aufschlitzen oder Biegen der Stegleitung (Wellpott; 1992, S.89)

## 6.4.3 Mantelleitungen

Mantelleitungen sind Feuchtraumleitungen und werden als Ergänzung zu Rohr- und Stegleitungen eingesetzt. Sie besitzen einen zusätzlichen Mantel als mechanischen Schutz und sind vielfältig einsetzbar. Eine Verlegung im Erdboden und in Beton, der beim Verdichten einem Stampf- oder Rüttelprozeß unterworfen wird, ist nicht zulässig.

- Mantelleitung NYM
- 1 Cu-Leiter
  - 2 Kunststoff-Isolierhülle
  - 3 plastische Füllmischung
  - 4 Kunststoffmantel

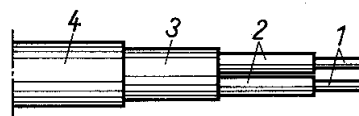


Abb. 6.4.3: Mantelleitung NYM (Volger/Laasch; 1989, S. 361)

#### 6.4.4 Kunststoffkabel

Kunststoffkabel haben gegenüber Mantelleitungen einen verstärkten Mantel und werden vor allem im Erdreich eingesetzt. Sie dürfen auch in noch zu verdichtenden Beton eingebettet werden.

### 6.5 Leitungsverbindungen

#### 6.5.1 Installation mit Verbindungsdose

Diese Art der Elektroinstallation sieht an jedem Verzweigungspunkt eine besondere Verbindungsdose vor. Die Verbindungsdosen befinden sich in der Regel im oberen Bereich der Wände, 30 cm unterhalb der Decke. Bei Wartungsarbeiten ist hier meistens ein Aufschneiden der Tapete nötig, um die Verbindungsdosen zu öffnen.

#### 6.5.2 Installation ohne Verbindungsdose (nur mit Geräteverbindungsdosen)

Bei dieser Installation ohne gesonderte Verbindungsdosen werden Schalter mit zusätzlichem Verteiler-raum eingesetzt, um darin die Leitungen verbinden zu können. Der Vorteil dieser Installationsart ist, daß die Anlage nur durch Herausnehmen des Schalters oder der Steckdose ohne Beschädigung der Tapete überprüft werden kann.

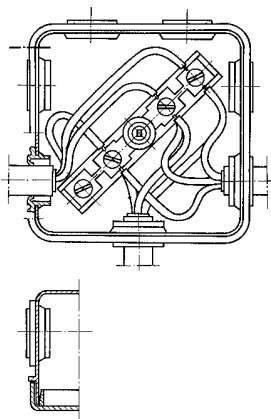


Abb. 6.5.2.1: Festverdrahtete Abzweigdose aus Kunststoff mit elastischen Würgerringen in Steckbefestigung sowie mit Deckel mit Quetschabdichtung (Volger/Laasch; 1989, S.357)

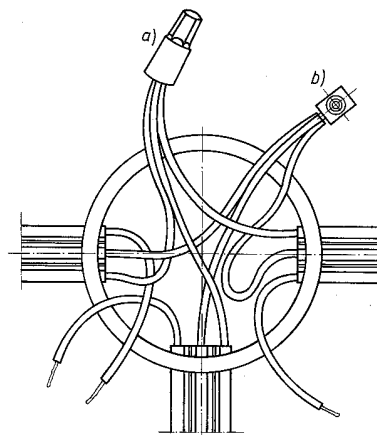


Abb. 6.5.2.2: Abzweigdose mit lose eingelegten Verbindungsklemmen (Volger/Laasch; 1989, S.357)

### 6.6 Leitungsverlegung

#### 6.6.1 Wandinstallation

Wandinstallationen kommen vor allem dort vor, wo im wesentlichen eine Einmalinstallation erfolgt (z.B. Wohnungsbau). Aus Gründen der Sicherheit und besseren Auffindbarkeit sind Kabel in Wänden grund-

sätzlich parallel zu den Raumkanten in bestimmten Zonen zu verlegen. So kann später der Leitungsverlauf eindeutig nachvollzogen werden. In Decken können die Leitungen auf kürzestem Weg zu den Deckenauslässen geführt werden

Für die Ausführung der Wandinstallation gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Rundumleitungen etwa 30 cm unterhalb der Decke mit senkrechten Stichleitungen zu darunter befindlichen Steckdosen oder Schaltern. Hierzu ist eine Vielzahl an **Abzweigdosen** erforderlich.
2. Rundumleitungen etwa 30 cm oberhalb des Fußbodens in Steckdosenhöhe mit **Geräteabzweigdosen** und abgeschliffenen Leerdosen zur Nachrüstung.

#### 6.6.1.1 Leitungsverlegung in Leichtbauwänden

In Leichtbauwänden aus vorwiegend brennbaren Materialien sind besondere Verbindungs- und Gerätedosen zu verwenden, die flächenbündig zugfest einzubauen sind. Die Verwendung von Stegleitungen ist nicht zulässig.

#### 6.6.1.2 Leitungsverlegung bei Wänden mit innenseitigem Sichtmauerwerk

Kunststoffmantelleitungen werden auf der Rohdecke bis an die Wände herangeführt. Um die vertikalen Leitungen verdeckt im Sichtmauerwerk zu führen, kommen folgende Verfahren in Betracht:

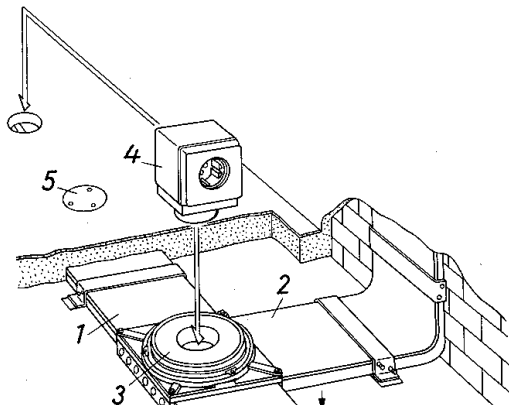
1. Einlegen der NYM-Leitungen in die Stoß- und Lagerfugen. Hierzu ist der frische Fugenmörtel 2 cm tief auszukratzen.
2. Verlegen der Leitungen innerhalb der Türleibungen. Dosen und Schalter neben den Türen werden über Horizontalbohrungen angeschlossen.
3. Verwendung von Metall-Türzargen mit integriertem Kabelkanal und Schaltern.

### 6.6.2 Unterflurinstallation

Unterflurinstallationen werden vorwiegend im Bürohausbau und Industriebau eingesetzt, wo eine enge Vernetzung und große Raumtiefen zusammenfallen. Man unterscheidet zwischen offenen (estrichbündigen) und geschlossenen (estrichüberdeckten) Kanalsystemen und zwischen hochbau- und ausbaugebundenen Leitungsführungssystemen.

Bei geschlossenen Kanalsystemen werden die Kanäle auf der Rohbaudecke befestigt und anschließend im Estrich eingegossen. Später können dann die Leitungen eingezogen werden. Das Maß der Installationskanäle ergibt sich aus der Bestückung. Auf die estrichüberdeckten Kanäle werden in bestimmten Abständen Unterflur-Leerdosen zum Einbau von fußbodenebenen oder fußbodenüberragenden Einbaueinheiten montiert, an die später die elektrischen Geräte angeschlossen werden können.

Sind hohe Installationsdichten und ein größeres Maß an Flexibilität erforderlich, so bietet sich der Einbau von Hohlraumböden aus Formplatten oder von aufgeständerten Doppelböden an. Aufgeständerte Bodenplatten bestehen aus Spanplatten, Stahlblech oder Aluminiumguß und werden von höhenverstellbaren Stützen getragen. Durch Auslässe in den Platten können Leitungen direkt von unten in Maschinen und Geräte eingeführt werden oder es werden wie bei Unterflurkanälen Überfluranschlußdosen montiert. Bei Bedarf kann der Doppelboden auch andere Installationen (z.B. Lüftungskanäle) aufnehmen.



Unterflurinstallation. Verlegungssystem für Estrichhöhen > 60 mm, Verlegung auf der Betonrohdecke (M 1:15)  
(nach Siemens)

- 1 Kabelkanal für Stark- und Schwachstromleitungen
- 2 Abzweigkanal
- 3 Bodendose
- 4 Zapfsäule
- 5 Abdeckung zur Zeit nicht benutzter Bodendose

Abb. 6.6.2: Unterflurinstallation, Verlegungssystem für Estrichhöhen > 60 mm, Verlegung auf der Betonrohdecke (nach Siemens)  
(Vogler/Laasch; 1989, S.366)

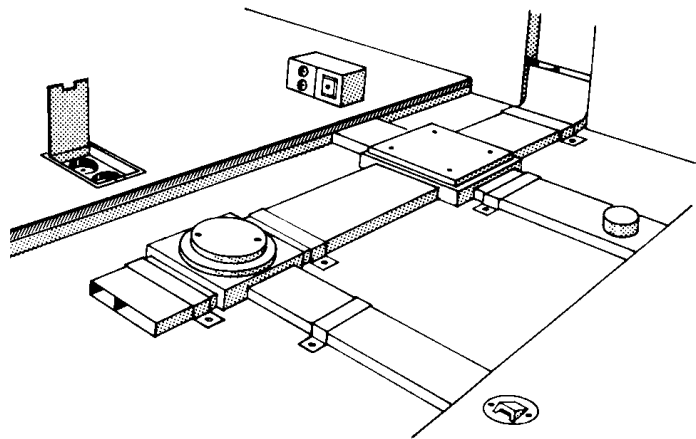


Abb.6.6.3: Anschlußeinheiten des Unterflursystems (Seip, Teil 3; 1985, S. 1046)

| Kurzzeichen | Bedeutung            | Beispiele     |
|-------------|----------------------|---------------|
| N           | Norm                 | NYA, NYM      |
| A           | Ader                 | NYA, NYAF     |
| F           | flach/ feindrähtig   | NYIF          |
| I           | Imputz-Verlegung     | NYIFY         |
| M           | Mantel               | NYM           |
| Y           | Kunststoffisolierung | NYA, NYM, NYY |
| G           | Gummiisolierung      | NSGAFöU       |
| H           | Handgerätleitung     | NMH           |
| U           | umhüllt              | N2GAFU        |
| L           | leichte              | NLH           |

Abb. 6.6.4: Nationale Kurzzeichen von Starkstromleitungen (alte Bezeichnung nach DIN VDE 0250) ( Pisthol, 1993, E S. 52)

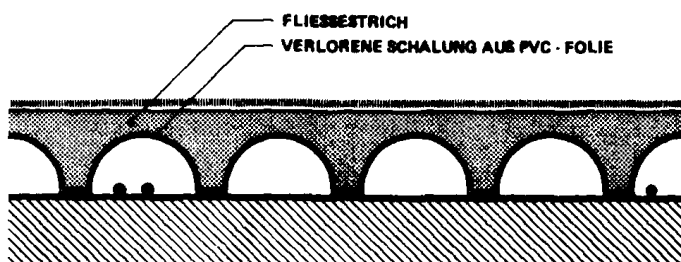
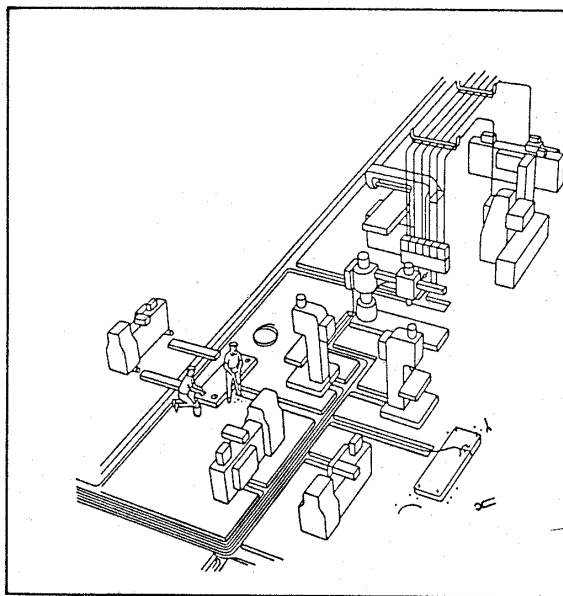


Abb. 6.6.5: Estrich-Hohlraumboden mit unterseitiger Gewölbestruktur (Wellpott; 1992, S.119)

Stromschienensysteme haben gegenüber Kabelanlagen eine höhere Strombelastbarkeit, einen geringeren Installationsaufwand und eine geringere Brandlast aufgrund weniger brennbarer Konstruktionsteile. Nachteilig sind jedoch die höheren Investitionskosten bei kurzen Übertragungswegen. Die Energieabnahme kann an vorgefertigten Abnahmestellen erfolgen.

Auch in der Beleuchtungstechnik nutzt man Stromschienensysteme, um Strahlerleuchten beweglich zu montieren und so ein großes Maß an Flexibilität z.B. in Ausstellungsräumen zu erreichen. In diesem Fall handelt es sich um Aluminiumprofile mit innenliegenden in Kunststoffprofile eingebettete Kupferleiter. Die Strahler sind mit einem Spezialfuß mit Adapter an jeder beliebigen Stelle der Schiene anzuschließen.



*Festinstallation durch Kabel, Unterflurinstallation*  
Abb. 6.6.3.1: Installation durch Kabel, Unterflurinstallation  
(TGA 01/97)

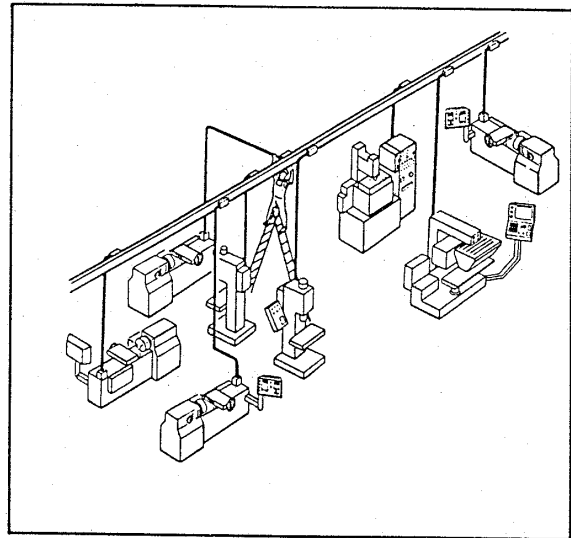


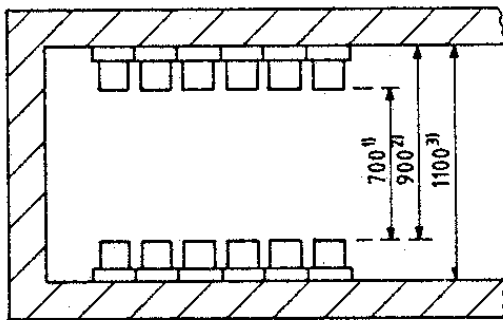
Abb. 6.6.3.2: Flexible Installation durch Schienensysteme  
(TGA 01/97)

#### 6.6.4 Brüstungskanäle

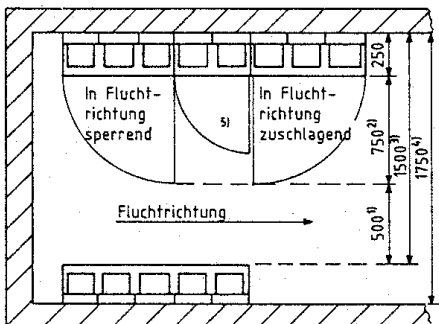
Dieses Versorgungssystem kommt sowohl als Ergänzung eines Unterflursystems als auch für Einzelbüros mit geringerer Raumtiefe in Betracht und eignet sich besonders bei Skelettbauten mit durchgehendem Fensterraster. Die Kanäle aus Stahlblech oder Kunststoff werden im Bereich der Fensterbank horizontal verlaufend angebracht und können neben Leitungen, Steckdosen und Schaltern auch Lüftungstechnische Anlagen aufnehmen.

## 6.7 Zähleranlagen

In Mehrfamilienhäusern unterscheidet man zwischen einer zentralen und einer dezentralen Zähleranordnung. Bei einer **zentralen Zähleranlage** befinden sich alle Zähler in der Nähe des Hausanschlußkastens, von wo aus die Hauptleitungen zu den einzelnen Wohnungsverteilungen geführt werden. Diese Variante wird im allgemeinen bevorzugt, da sie weniger problematisch ist, als eine **dezentrale Zähleranordnung**, bei der die Zähler der einzelnen Wohneinheiten auf die Stockwerke verteilt sind. Dezentrale Zähler eignen sich für kleine und mittlere Wohnhäuser und benötigen einen durchgängigen Schlitz von mind. 6x6 cm ab der Kellerdecke über dem Anschlußkasten bis zum obersten Zähler. Dieser Schlitz nimmt die Hauptleitungen auf, welche jeweils bis zu 3 Wohneinheiten versorgen können.



- 1) Mindestgangbreite 700 mm nach VDE 0100 Teil 729
- 2) Mindestbreite Zählerraum bei einseitiger Montage 900 mm
- 3) Mindestbreite Zählerraum bei zweiseitiger Montage 1100 mm



- 1) Fluchtwegbreite min. 500 mm nach VDE 0100 Teil 729
- 2) Maximale Türbreite von Zählerschränken 750 mm
- 3) Mindestbreite Zählerraum bei einseitiger Montage 1500 mm
- 4) Mindestbreite Zählerraum bei zweiseitiger Montage 1750 mm
- 5) Bei Verwendung von schmalere Türen (500-250mm) kann die Zählerraumbreite entsprechend reduziert werden

Abb. 6.7: Mindestabmessungen von Zählerräumen (TGA 01/97)

## 6.8 Fundamenterder

Nach DIN 18015 ist für jedes Gebäude ein Fundamenterder vorzusehen, der an eine Potentialausgleichsschiene anzuschließen ist. Der Fundamenterder besteht aus verzinktem Bandstahl, Rundstahl oder verbleitem Kupferband und ist im Betonfundament allseitig umschlossen einzubetten, so daß er nicht korrodieren kann. Er kann auch gleichzeitig als Erder für die Blitzschutzanlage, Antennen- und Fernmeldeanlagen dienen.

In Altbauten kann ein Fundamenterder nachträglich durch einen Erdspieß eingebaut werden.

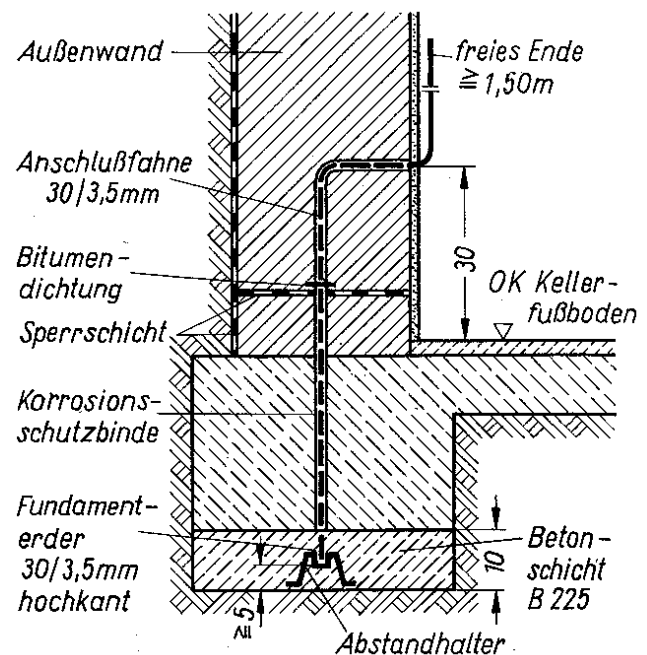
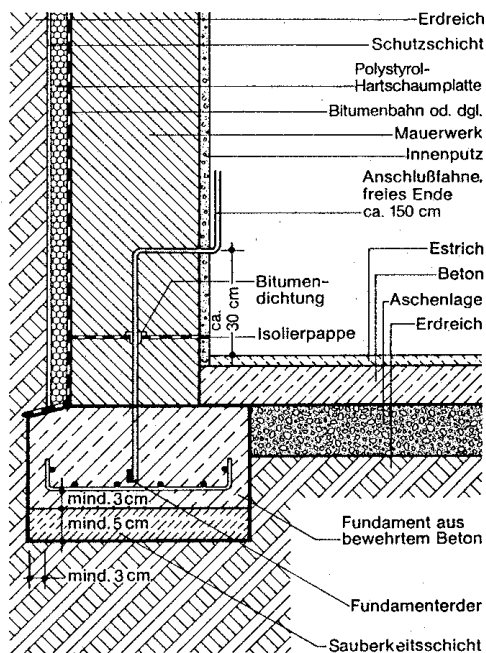
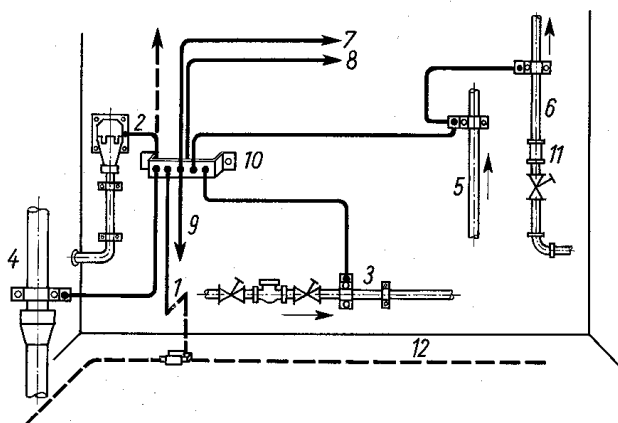


Abb. 6.8.1 + 6.8.2: Beispiele für die Ausführung des Fundamenterders (volger/Laasch; 1989, S.342)

## 6.9 Potentialausgleich

An die Potentialausgleichsschiene (HA-PL) sind zum Potentialausgleich die Heizungsrohre, gas- oder wasserführende Leitungen, Schutzleiter, Fernmelde- und Antennenanlagen und die Verbindungsleitung bei Nullung angeschlossen, um für den Menschen gefährliche Fehlerströme abzuleiten. Die Potentialausgleichsleitung ist an der Trinkwasserleitung in Wasserflußrichtung hinter dem Wasserzähler anzuschließen. In Baderäumen ist zur Überbrückung gefährlicher Spannungen zusätzlich ein Nebenpotentialausgleich herzustellen.

Ein Heizungsrohr, das keine oder eine schlechte leitende Erdverbindung hat, könnte durch einen Isolationsfehler (beispielsweise in einer Deckendurchführung) Spannung annehmen. Auf diese Weise könnte eine Spannung zwischen einem Heizungsrohr und einem Wasserrohr, das eine gute Erdverbindung hat, entstehen.



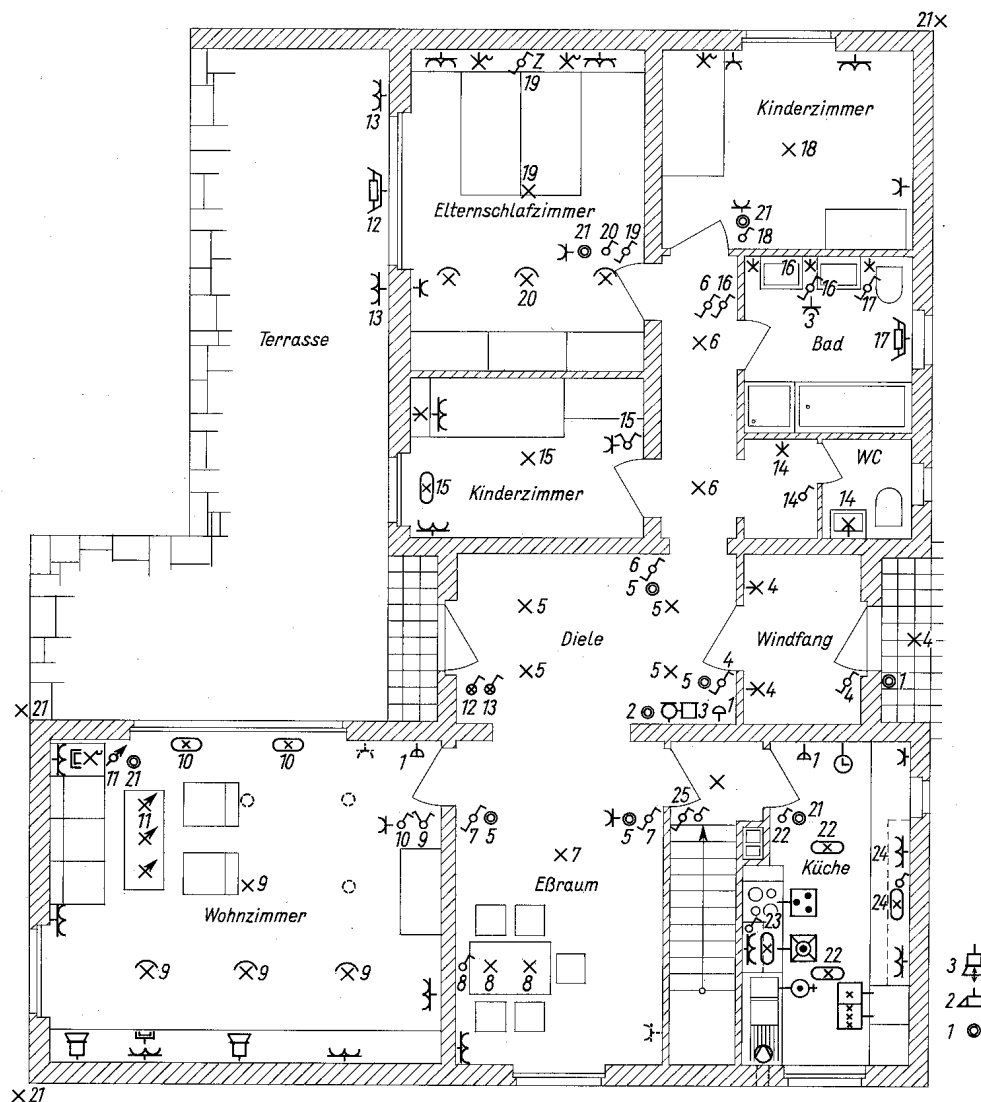
Potentialausgleichsleitungen im Hausanschlußraum

- 1 Anschlußfahne für Fundamenterder
- 2 Verbindung mit Nulleiter bei Kabelanschluß (Strichlinie bei Kabelanschluß ohne Nullung oder Freileitungsanschluß: Verbindung zum nächsten Zählerplatz oder Hauptleitungsabzweig)
- 3 Kaltwasserleitung
- 4 Abwasserleitung
- 5 Warmwasser-Zentralheizung
- 6 Gasinnenleitung
- 7 Verbindung mit Antennenanlage
- 8 Verbindung mit Fernmeldeanlage
- 9 Verbindung mit Blitzschutzterder
- 10 Potentialausgleichsschiene mit 5 Klemmstellen für vorder- und rückseitigen Anschluß
- 11 Isoliermuffe
- 12 Fundamenterder

Abb. 6.9: Potentialausgleichsleitungen im Hausanschlußraum; (Volger/Laasch; 1989, S.341)

## 6.10 Schalter und Steckdosen

Bei der Aufstellung eines Elektroinstallationsplanes für Wohnbauten ist es im Allgemeinen Aufgabe des Architekten, ohne Einschaltung eines Fachingenieurs Schalter, Steckdosen, Brennstellen, Geräteanschlüssen und Verteiler ohne Leitungsführung im Plan im Maßstab 1:50 einzuzeichnen. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft einen solchen Plan.



Architektenplan für die Elektroinstallation im Erdgeschoß eines Einfamilienhauses. Die angegebenen Zahlen bezeichnen Zuordnungen von Schaltern und zugehörigen Stromauslässen (Mca. 10126); 1993, E S. 108) Zeichenerklärung: siehe Seite 66 TGA Skript

**Lichtschalter** werden 1,05 m über dem fertigen Fußboden und 15 cm von der Rohbauöffnung der Türleibung entfernt angeordnet und sind innerhalb von Wohnungen ebenso wie auch die Steckdosen unter Putz ausgeführt, während in Kellerräumen, Garagen, o.ä. Aufputz-Versionen vorherrschen.

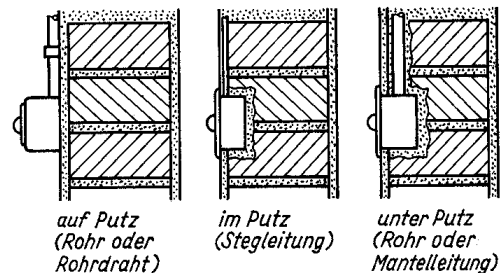
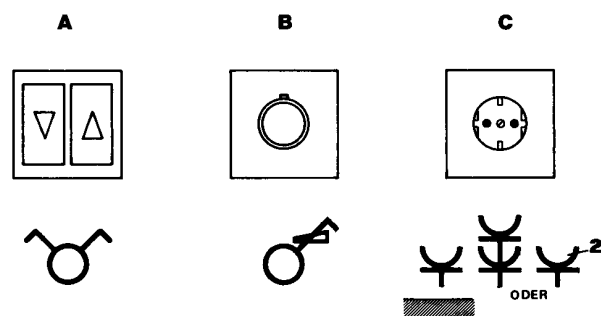


Abb. 6.10.2: Installation in trockenen Räumen (Volger/Laasch, 1989, S.355)

Bei Schaltern unterscheidet man Ausschalter, Wechselschalter, Kreuzschalter, Stromstoßschalter (Tastschalter), Serienschalter und Dimmer. Nach ihrer Betätigungsart lassen sie sich außerdem in Taster, Wippschalter, Kipp- und Drehschalter, Sensorschalter, Annäherungsschalter (s. Bewegungsmelder) und Infrarotschalter, die fernsteuerbar sind, unterteilen.



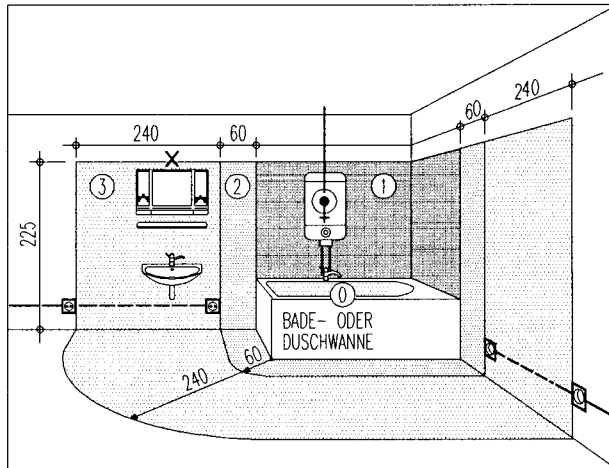
V/32 Weitere Schalt- und Steckvorrichtungen. Darstellung nach DIN 40 900 T. 11.

- A Als Serienschalter bezeichnet man zwei oder mehr unter einer Abdeckplatte zusammengefaßte Ausschalter. Hier Rolladenschalter.
- B Dimmer mit Drehausschalter zur stufenlosen Helligkeitsregelung.
- C Einfach- und Mehrfach-Schutzkontaktsteckdosen (Schuko-Steckdosen).

-  Ausschalter. Schaltungen nur von einer Stelle aus möglich
-  Wechselschalter. Schaltung von 2 Stellen aus möglich
-  Kreuzschalter. In Verbindung mit 2 Wechselschaltern sind Schaltungen von 3 Stellen aus möglich
-  Tastschalter. Sie ermöglichen mit Hilfe eines Stromstoßrelais Schaltungen von beliebig vielen Stellen aus. Hier mit Orientierungslämpchen ausgestattet.

Abb. 6.10.3: Schaltervarianten (Wellpott, 1992, S.101)

**Steckdosen** werden in der Regel 30 cm über dem Fußboden oder in Verbindung mit Schaltern unter einer gemeinsamen Abdeckplatte angeordnet. Eine Ausnahme bildet die Elektroinstallation in Küchen und Bädern. Die hierfür vorzusehenden Installationsbereiche sind der Abbildung zu entnehmen. Verwendet werden heute ausschließlich die den VDE-Bestimmungen entsprechenden **Schutzkontakt-Steckdosen**, die mit zwei seitlichen Klemmen, den Schutzkontakten, ausgestattet sind. **Kinderschutz-Steckdosen** sind zudem mit Sperrvorrichtungen ausgestattet, die das Einführen langer spitzer Gegenstände verhindern.



Wegen der erhöhten Feuchtigkeit, der hohen Installationsdichte und der besonderen Empfindlichkeit in Bade- und Duschräumen (barfuß, d.h. ein herabgesetzter Körperwiderstand!) sind im Sprüh- und Handbereich von Badewannen und Duschen besondere Schutzbereiche vorgeschrieben.

Abb. 6.10.3: Schutzbereiche für Bäder nach DIN VDE 0100 T 701 (Pisthol; 1993, E S.72)

Bereich 0:

### Das Innere der Bade- oder Duschwanne:

Erlaubt sind nur festeingebaute Geräte (z.B. in Wannen oder im Boden) mit Schutzkleinspannung  $U \leq 12$  V oder netzunabhängige Stromquelle für solche Geräte.

Bereich 1:

Fläche über der Wanne bis 225 cm Höhe über dem Fußboden: Nur ortsfest angebrachte Verbrauchsmittel wie Warmwasserbereiter oder Abluftgeräte mit senkrecht verlegten Leitungen zur Versorgung dieser Geräte.

Bereich 2:

Fläche 60 cm seitlich bis 225 cm Höhe über Fußboden: Wie Bereich 1, ferner Leuchten und Waschmaschinen, jedoch keine Schalter und Steckdosen. Bei Verlegung von Leitungen in diesem Bereich auf den Wandrückseiten muß der Abstand zwischen Leitung und Wandinnenseite mindestens 6 cm betragen. Dies gilt auch für angrenzende Räume.

Bereich 3:

Fläche 240 cm seitlich von Bereich 2 bis 225 cm Höhe: Im Bereich 3 sind Schalter und Steckdosen nur zulässig, wenn der Stromkreis mit einem FI-Schutzschalter mit  $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$  abgesichert ist oder wenn sie über eine Schutztrennung (Trenntrafo) bzw. Über Schutzkleinspannung angeschlossen sind. Erforderliche Lichtschalter neben der Tür in diesem Bereich müssen ggf. außerhalb angeordnet werden.

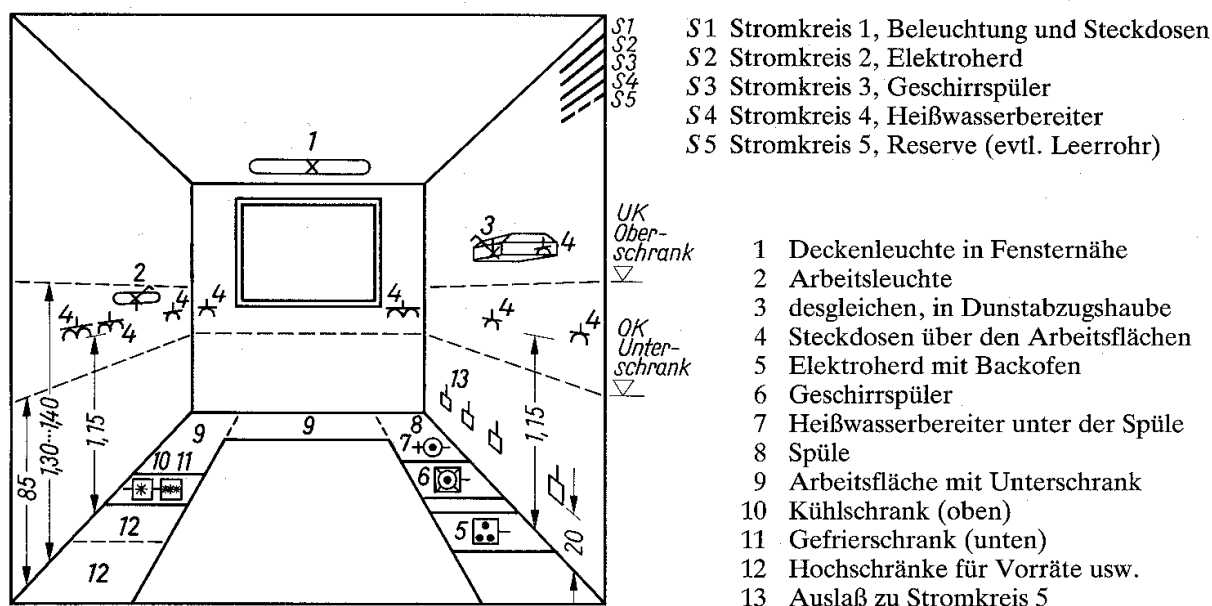
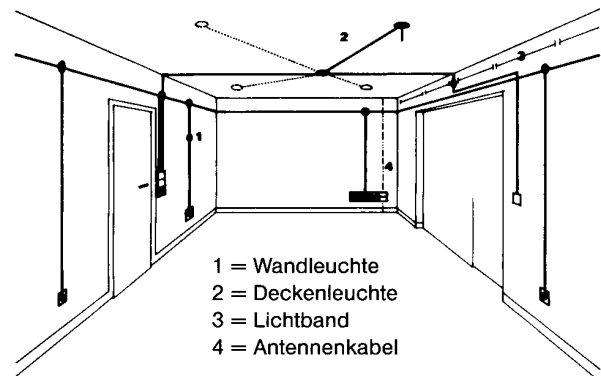
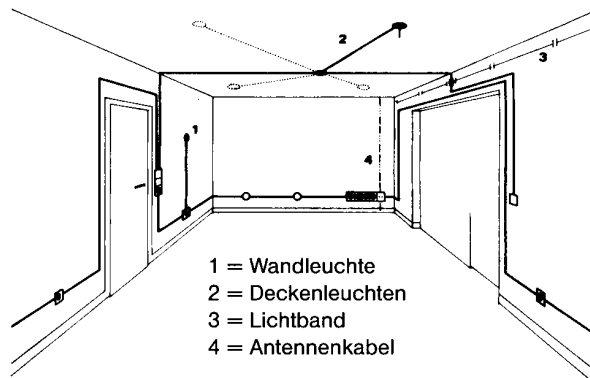


Abb. 6.10.4: Elektrische Installation einer Küche (Volger/Laasch; 1989, S. 334)

|                                                               | Steck-<br>dosen <sup>1</sup> | Anzahl der<br>An-<br>schlüsse<br>ab 2 kW | Aus-<br>lässe    |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|------------------|
| <b>Wohn- oder Schlafräume</b>                                 |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung <sup>16</sup><br>bei Wohnflächen      |                              |                                          |                  |
| bis 8 m <sup>2</sup>                                          | 2                            |                                          | 1                |
| über 8 bis 12 m <sup>2</sup>                                  | 3                            |                                          | 1                |
| über 12 bis 20 m <sup>2</sup>                                 | 4                            |                                          | 1                |
| über 20 m <sup>2</sup>                                        | 5                            |                                          | 2                |
| <b>Küche, Kochnische</b>                                      |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung                                       |                              |                                          |                  |
| für Kochnischen                                               | 3                            |                                          | 2 <sup>2</sup>   |
| für Küchen                                                    | 5                            |                                          | 2 <sup>2</sup>   |
| Lüfter, Dunstabzug                                            |                              |                                          | 1 <sup>3</sup>   |
| Kühlgerät                                                     | 1                            |                                          |                  |
| Herd                                                          |                              | 1                                        |                  |
| Geschirrspülmaschine                                          |                              | 1                                        |                  |
| Warmwasserbereiter                                            |                              | 1 <sup>4</sup>                           |                  |
| <b>Bad</b>                                                    |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung                                       | 2 <sup>17</sup>              |                                          | 2 <sup>5</sup>   |
| Lüfter                                                        |                              |                                          | 1 <sup>3,6</sup> |
| Waschmaschine <sup>7</sup>                                    |                              | 1 <sup>8</sup>                           |                  |
| Warmwasserbereiter                                            |                              | 1 <sup>4</sup>                           |                  |
| Heizgerät                                                     | 1                            |                                          |                  |
| <b>WC-Raum</b>                                                |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung                                       | 1 <sup>9</sup>               |                                          | 1                |
| Lüfter                                                        |                              |                                          | 1 <sup>3</sup>   |
| <b>Hausarbeitsraum</b>                                        |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung                                       | 3                            |                                          | 1 <sup>2</sup>   |
| Lüfter                                                        |                              |                                          | 1 <sup>3</sup>   |
| Waschmaschine                                                 |                              | 1 <sup>10</sup>                          |                  |
| Wäschetrockner                                                |                              | 1 <sup>10</sup>                          |                  |
| Bügelmaschine                                                 |                              | 1                                        |                  |
| <b>Flur</b>                                                   |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung                                       |                              |                                          |                  |
| bei Flurlängen                                                |                              |                                          |                  |
| bis 2,5 m                                                     | 1                            |                                          | 1 <sup>11</sup>  |
| über 2,5 m                                                    | 1                            |                                          | 1 <sup>12</sup>  |
| <b>Freisitz</b>                                               |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung                                       | 1                            |                                          | 1 <sup>18</sup>  |
| <b>Abstellraum ab 3 m<sup>2</sup></b>                         |                              |                                          |                  |
| Beleuchtung                                                   |                              |                                          | 1                |
| <b>Hobbyraum</b>                                              |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung                                       | 3                            |                                          | 1                |
| <b>Zur Wohnung gehörender Keller-, Bodenraum<sup>13</sup></b> |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung                                       | 1                            |                                          | 1                |
| <b>Gemeinschaftlich genutzter Keller-, Bodenraum</b>          |                              |                                          |                  |
| Steckdosen, Beleuchtung                                       |                              |                                          |                  |
| bei Nutzfläche                                                |                              |                                          |                  |
| bis 20 m <sup>2</sup>                                         | 1 <sup>14</sup>              |                                          | 1                |
| über 20 m <sup>2</sup>                                        | 1 <sup>14</sup>              |                                          | 2                |
| <b>Keller-, Bodengang</b>                                     |                              |                                          |                  |
| Beleuchtung                                                   |                              |                                          | 1 <sup>15</sup>  |

Abb. 6.10.5: Mindestausstattungen von Wohngebäuden gem. DIN 18015T.2 (11/84)(Wellpott, 1992, S.109)



Ringleitungen, 30 cm über dem Fußboden, mit eingeschleiften Leerdosen ermöglichen bei Veränderung der Möbelstellung eine flexible Anpassung der Installation durch einfaches Nachrüsten der Leerdosen. Türen und raumhohe Fensterelemente müssen umfahren werden. Es werden Dosen größerer Tiefe (Geräteverbindungsdosen) verwendet mit der Funktion sowohl einer Geräte- als auch einer Abzweigdose. Hinter dem Geräteeinsatz (Schalter oder Steckdose) befinden sich zusätzliche Klemmen für Leitungsanschlüsse. Sofern sich die Lage der vom Putz verdeckten Leitungsstränge anhand der Dosen und Auslässe ermitteln läßt, ist gegen eine schräge Leitungsführung an Decken nichts einzuwenden.

Herkömmliches Verfahren mit Abzweigdosensystem. Eine Rundumleitung wird 30 cm unter der Decke verlegt. Die Verbindungen zu Steckdosen, Lichtauslässen usw. bedingen eine verhältnismäßig große Anzahl von Abzweigdosensystemen, deren Deckel sich an der Wandoberfläche markieren. Gerätedosen für Schalter und Steckdosen befinden sich an den Leitungsendungen.

Abb. 6.10.6: Anordnung von Steckdosen und Schaltern (Wellpott; 1992, S.91)

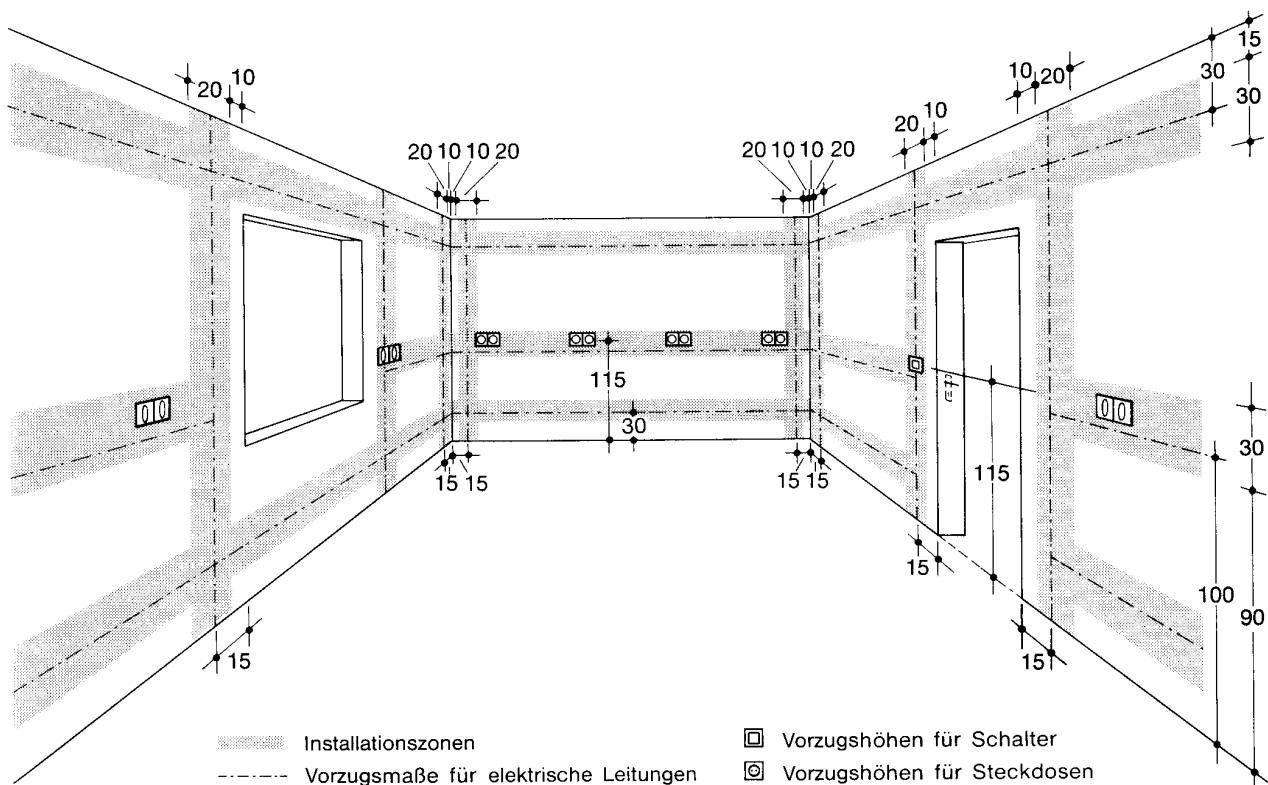


Abb. 6.10.7: Installationszonen u. Vorzugsmaße für Küchen, Hausarbeitsräume u. vergleichbare Räume, nach DIN 18015-3 (RWE, 1998, 12 S.46)

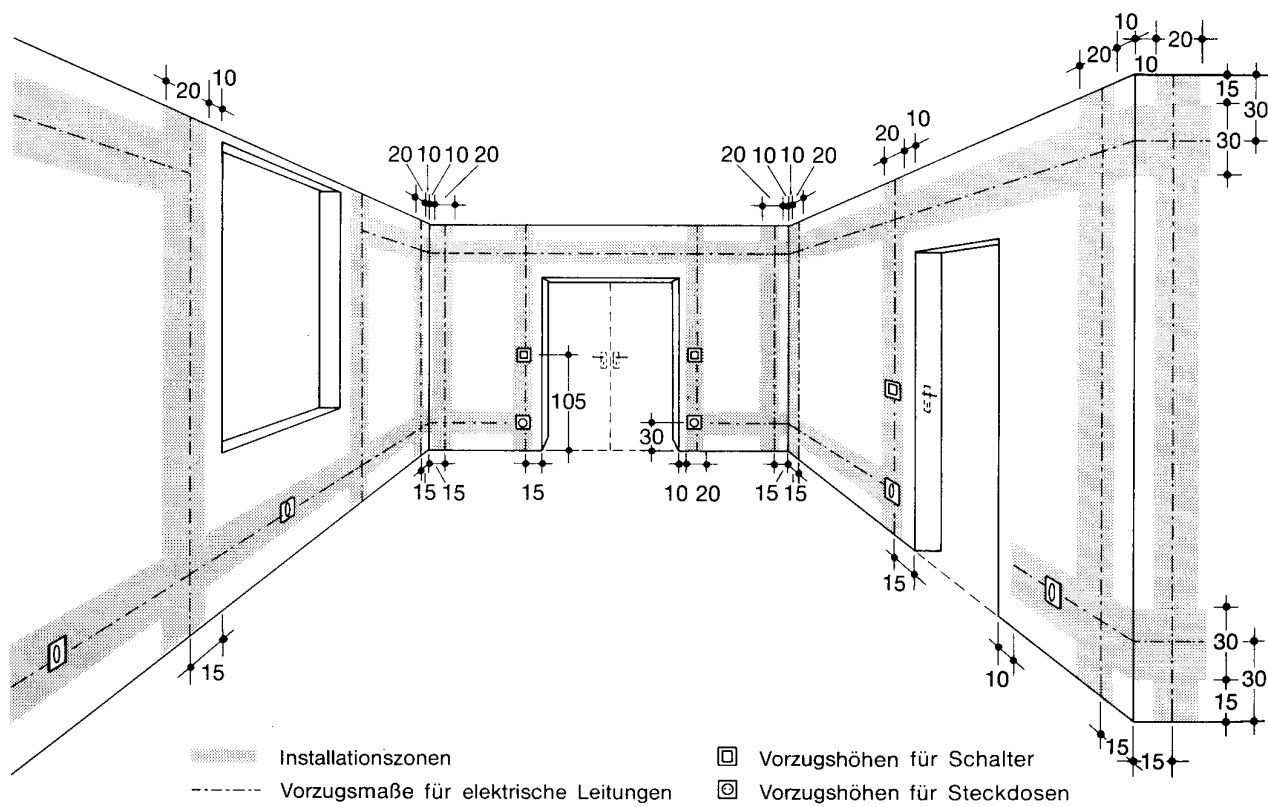


Abb. 6.10.8: Installationszonen und Vorzugsmaße für Räume von Wohnungen (RWE, 1998, 12 S.4f)

## 7 Schwachstromanlagen

### 7.1 Blitzschutzanlagen

Die Voraussetzung für alle Schutzmaßnahmen ist eine ausreichende Erdung. Dazu gehört erstens ein Fundamenterder, der das gesamte Gebäudefundament umschließt und als Anschlußpunkt für eine optionale äußere Blitzschutzanlage dient. Die auf dem Dach angebrachte Fangeinrichtung leitet die Blitzenergie an diesen Fundamenterder weiter, der die Energie definiert in das Erdreich ableitet.

Der zweite wesentliche Bestandteil ist eine Potentialausgleichsschiene, die üblicherweise in der Nähe des Hausanschlusses angebracht ist. Hier schließt man alle metallenen Gebäudebestandteile ( Gas-, Wasser-, und Heizungsrohre, Fundamenterder, Schutzleiter der Elektroinstallation, Antennenmasten, Schirme von Netzwerk-, Telefon-, oder Antennenkabel) an. Beide Komponenten bilden zusammen den Bezugspunkt für den Überspannungsschutz und sorgen dafür, daß bei einem Blitzeinschlag überall das gleiche Spannungsniveau anliegt und so keine gefährlichen Ausgleichsströme fließen können.

Diese äußere Blitzschutzanlage schützt in erster Linie vor Bränden, wird aber ohne innere Schutzmaßnahmen zur Gefahr für empfindliche Elektronik im Gebäude. Das Magnetfeld des Blitzstroms kann hohe Spannungen auf innenliegende Strom- und Datenleitungen induzieren, ebenso gelangen Überspannungen durch Blitze oft durch Telefonleitungen in Häuser. Für bestimmte Bauten, wie Kraftwerke, Chemieanlagen oder Krankenhäuser machen die Behörden Auflagen zur Errichtung von Blitzschutzanlagen nach aktuellem Stand der Technik.

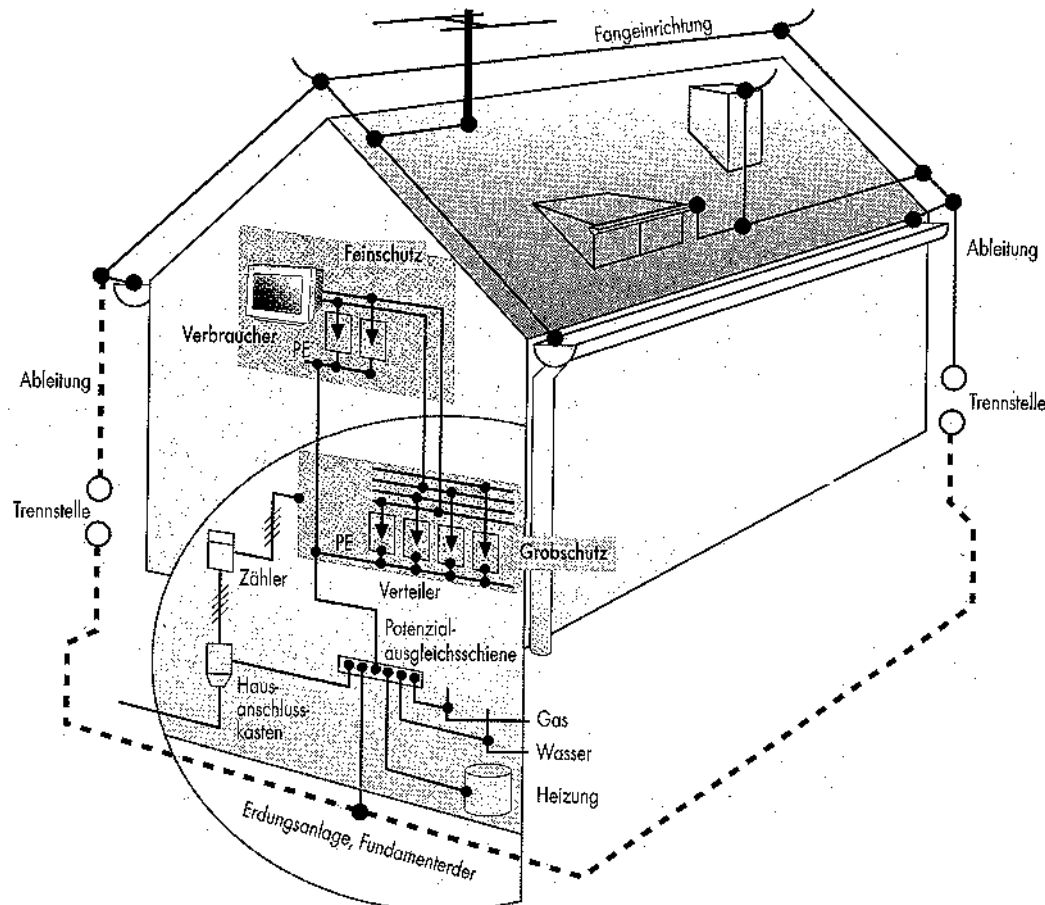


Abb.7.1.1: Äußerer und innerer Blitzschutz; c t 17/1999, S.133

So bietet das EMV-Schutzzonenkonzept einen optimalen Schutz von Datennetzen und Telekommunikationsanlagen, das sowohl die Daten als auch die Netzversorgungsleitungen berücksichtigt. Bei diesem Konzept sind Schutzzonen definiert, die das EMV-Gefährdungspotential beschreiben. So ist die stärkste Beeinflussung, die im Außenbereich von Gebäuden zu erwarten ist, als Zone „0“ definiert; deutlich geringere Beeinflussung kann man in der Zone „3“ erwarten (siehe Abb. 7.1.2 – 7.1.5). In diesem Bereich installiert man EDV- und Telekommunikationssysteme vorzugsweise (Feinschutz).



Abb.7.1.2: Zone 0 des EMV-Schutzzonenkonzepts; c t 17/1999, S.141

Damit der Blitz auf definiertem Wegen in Richtung Erde fährt, ist am gefährdeten Gebäuden ein äußere Blitzschutz (**Zone 0**) nötig. Dieser muß alle außen liegenden metallischen Anbauten wie etwa Klimaanlage oder Antennen mit einbeziehen.



Abb.7.1.3: Zone 1 des EMV-Schutzzonenkonzepts; c t 17/1999, S.141

Der Grobschutz (**Zone 1**) leitet einen großen Teil der über die Gebäudeeinspeisung hereinkommenden Überspannungsenergie ab, lässt aber schnelle Transienten noch passieren.

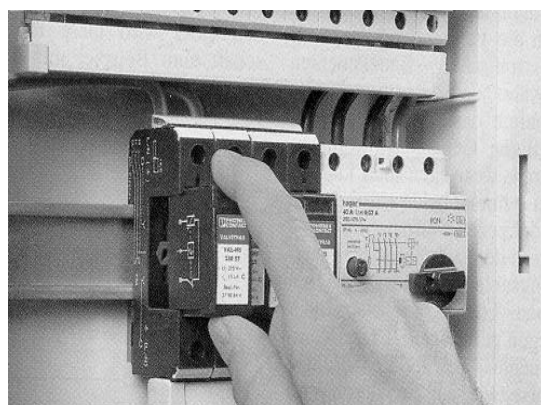


Abb.7.1.4: Zone 2 des EMV-Schutzzonenkonzepts, c t 17/1999, S.141

Auf Verteilerebene sorgt der Mittelschutz (**Zone 2**) für die Begrenzungen von Überspannungen, die noch am Grobschutz vorbeigekommen sind. Hinter dem Mittelschutz folgt dann der Feinschutz in den einzelnen Arbeitsräumen.



Abb.7.1.5: Zone 3 des EMV-Schutzzonenkonzepts, c t 17/1999, S.141

Eine einfache Nachrüstmöglichkeit für vernetzte Bürorechner bietet eine spezielle Steckdosenleiste, die den Überspannungsschutz in der **Zone 3** (Feinschutz) für die 230 V-Seite und die Netzverkabelung kombiniert.

## 7.2 Fernmeldeanlagen

Fernmeldeanlagen sind Schwachstromanlagen, die der unmittelbaren oder mittelbaren Nachrichtenübertragung im Gebäude dienen. Dabei kann es sich um Ton- und Bildübertragungsanlagen, Signal-, Melde-, Steuer- und elektrische Datenverarbeitungsanlagen mit niedrigen Spannungen und geringen Stromstärken handeln.

Vorschriften: DIN VDE 0100, DIN VDE 0800, DIN 18015 (technischen Vorschriften der Telekom) wobei die DIN VDE 0800 in drei Sicherheitsstufen unterteilt ist:

- 1.) Klasse A: geringe Sicherheitsansprüche, z.B. Klingelanlagen
- 2.) Klasse B: erhöhte Sicherheitsansprüche, z.B. Fernsprech- und EDV- Anlagen
- 3.) Klasse C: Feuermelde-, Überfallmelde-, Alarm- und Eisenbahnsignalanlagen

Außerdem gibt es neben den Informationstechnischen- und Überwachungsanlagen auch die Gebäudeautomationsanlagen oder die zentrale Leittechnik.

### Fernsprechanlagen:

Fernsprechanlagen werden größtenteils in größeren Gebäudekomplexen und Objekten als Nebensprechanlagen ausgebaut, da man dadurch innerhalb des Gebäudes kostenlos kommunizieren kann. Die Anschlußorgane werden unterteilt in ankommende, wechselseitige und abgehende Rufe.

Heute werden meistens ISDNfähige Nebensprechanlagen eingesetzt.

### Datenleitungsnetz:

Ein Datenleitungsnetz sollte für ein zukünftiges Datengerät vorgeplant werden.

### Uhrenanlagen:

Bei einer Uhrenanlage werden Minutenimpulse über einen Impulsverstärker durch Schwingungen eines Quarzoszillators über die Hauptuhr an die Nebenuhren abgegeben. Mit diesem System möchte man eine Zeitgleichheit im Gebäude erzielen (z.B. in Schulen).

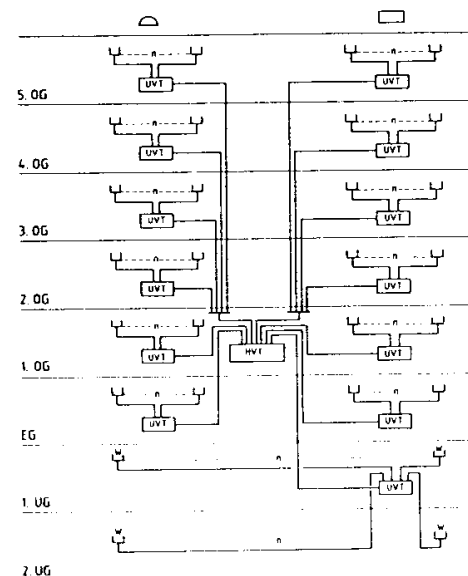


Abb.7.2.1: Übersicht Fernsprechleitungsnetz (TGA 01/97)

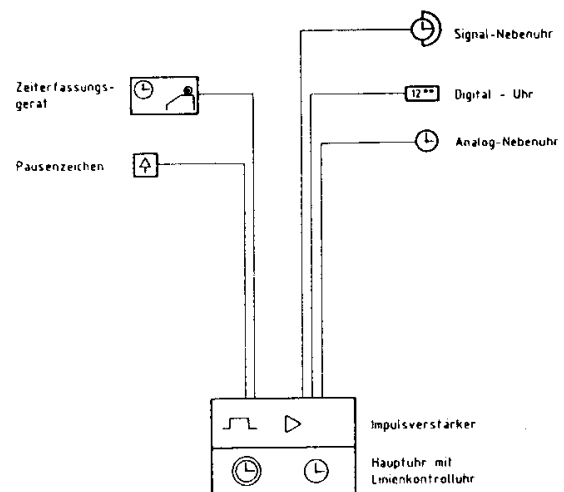


Abb.7.2.2: Systemkonzept Uhrenanlage (TGA 01/97)

## Elektroakustische Anlagen:

Elektroakustische Anlagen dienen zur Verstärkung von Übertragungen und Aufzeichnungen akustischer Vorgänge. Sie bestehen aus einer Verstärkerzentrale mit angeschlossener Mikrophonsprechstelle und dem Lautsprechernetz. Man unterscheidet:

- 1.) Anlagen mit hoher Wiedergabequalität, bei der die Lautsprecher mit hoher Wiedergabequalität dicht besiedelt sind
- 2.) Anlagen mit hoher Sprachqualität zum Ansprechen von Mitarbeitern in einzelnen Bereichen
- 3.) Anlagen mit Kommandoqualität für den Brand- oder Katastrophenfall

## Einbruchmelde- und Überfallmeldeanlage:

Bei den Einbruchmelde- und Überfallmeldeanlagen kommt es zu einer Auswertung und Verarbeitung von verschiedenen Meldeinformationen, die durch Überwachungskontakte an Türen und Fenstern, eingelegte Alarmdrähte in Scheiben oder Körperschall entdeckt werden können. In besonders wichtigen Fällen werden diese Signale sofort zur Polizei durchgeschaltet.

## Brandmeldeanlagen:

Brandmeldeanlagen dienen zum Schutz und der Sicherheit des Lebens, sowie der Erhaltung materieller und ideeller Werte. Man sollte sehr hohe Ansprüche an die Zuverlässigkeit und den Bereitschaftsgrad dieser Meldeanlage stellen, jedoch nicht zu hoch, da es ansonsten zu Fehlermeldungen kommen könnte.

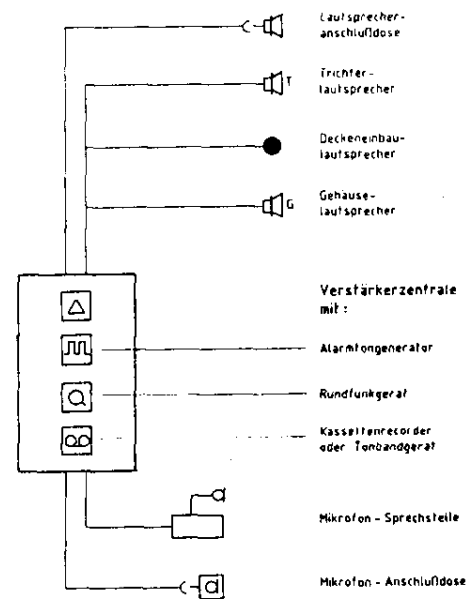


Abb. 7.2.3: Systemkonzept elektroakustische Anlagen (TGA 01/97)

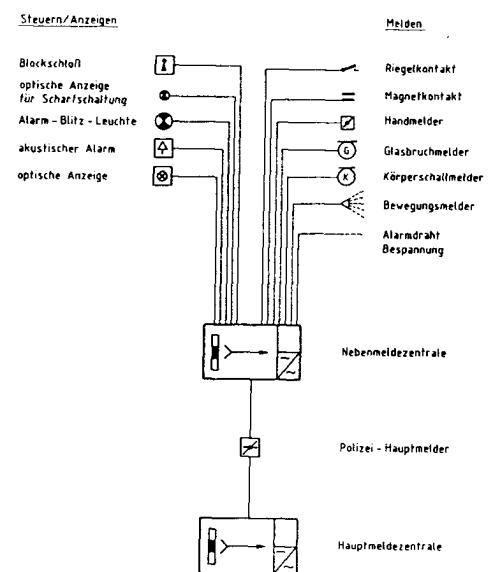


Abb.7.2.4: Systemkonzept Einbruchmeldeanlage (TGA 01/97)

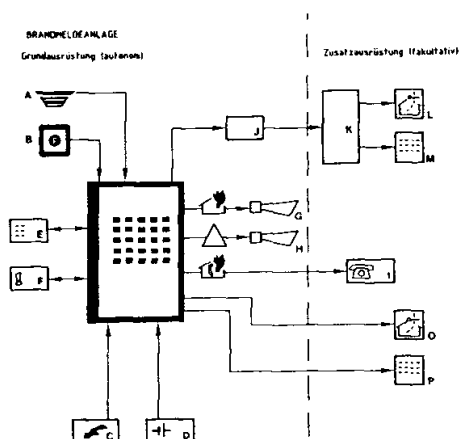


Abb.7.2.5: Systemkonzept Brandmeldeanlage (TGA 01/97)

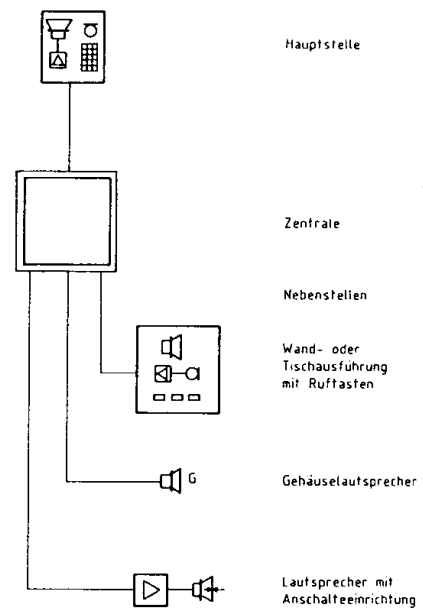
### Legende:

- A = Automatische Brandmelder
  - B = Manuelle Brandmelder
  - C = Stromversorgung ab Netz
  - D = Notstromversorgung
  - E = Bedienungseinheit
  - F = Alarmorganisation
  - G = Interne Alarmierung
  - H = Interne Störsignalisierung
  - I = Externe Alarmierung / Störungsmeldung
  - J = Interface
  - K = Gebäudeautomation
  - L = Brandfallsteuerungen
  - M = Fernsignalisierung
  - O = Brandfallsteuerungen \*
  - P = Fernsignalisierung \*
- \* Direkt von der Brandmeldezentrale angesteuert

## Sprechanlagen:

Sprechanlagen werden als dezentrale Türsprechanlagen eingerichtet.

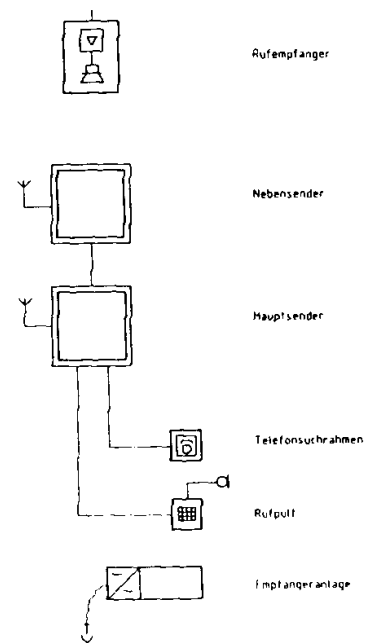
Abb.7.2.4: Systemkonzept Gegensprechanlage (TGA 01/97)



## Personensuchanlagen:

Personensuchanlagen arbeiten größtenteils kabellos auf Funkbasis oder nach dem Induktionsschleifenprinzip.

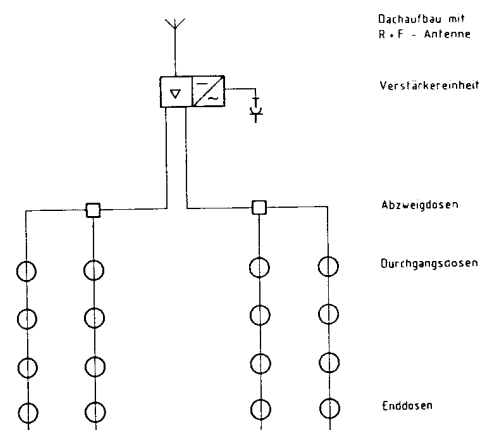
Abb.7.2.5: Systemkonzept Personensuchanlagen (TGA 01/97)



## Antennenanlagen:

Die Antennenanlage mit Dachaufbau und Antennenverstärkerelement wird durch dämpfungsarme Koaxialkabel oder Breitband-Kommunikationskabel verkabelt.

Abb.7.2.6: Systemkonzept Antennenanlage (TGA 01/97)



## Fernsehüberwachungsanlagen:

Fernsehüberwachungsanlagen dienen der ständigen Einsehbarkeit in Vorgänge von nicht einsehbaren Bereichen.

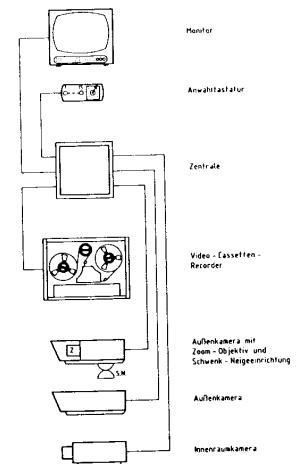


Abb.7.2.7: Systemkonzept Fernsehüberwachungsanlage (TGA 01/97)

## Verkehrsanlagen:

Verkehrsanlagen dienen der Lenkung und Regelung des Verkehrsflusses in einem Parkbereich.

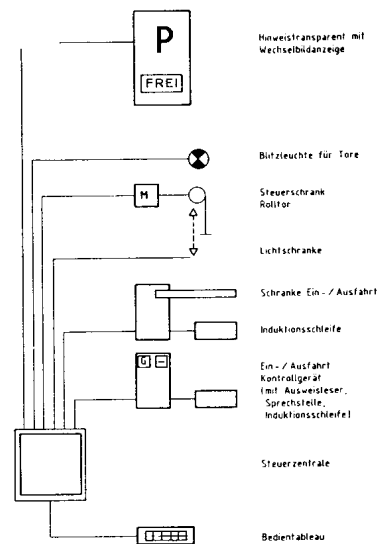


Bild 8.12  
Systemkonzept Verkehrsanlage

Abb.7.2.8: Systemkonzept Verkehrsanlage (TGA 01/97)

## Zentrale Leittechnik:

Mit der zentralen Leittechnik kann man Raumluft-technische-, Kälte-, Heizungs- Sanitär- Feuerlösch- und andere Anlagen überwachen, steuern und regeln. Das System besteht aus einer Leitzentrale in einem separaten Raum, der ständig besetzt sein sollte, und einigen Unterstationen. Es ist sehr kostensparend auch im Bezug auf die Einsparung von Personal. Wichtig an diesem System ist, daß es immer eine Notbetriebsmöglichkeit geben sollte.

Bei kleineren Objekten reichen zentrale Überwachungssysteme in Form von Schaltschrank-einheiten aus.

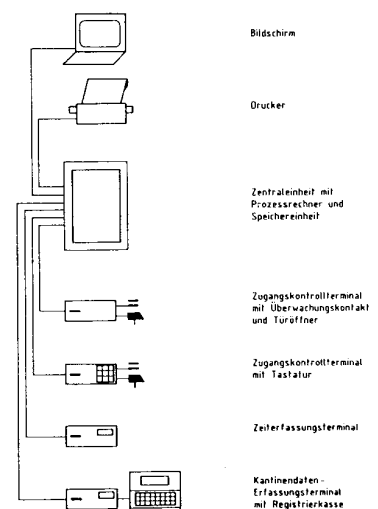
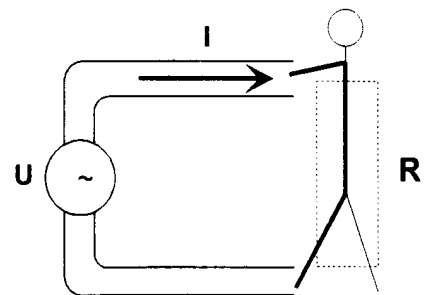


Abb.7.2.9: Systemkonzept Leittechnik (TGA 01/97)

## 8 Gefahren des elektrischen Stroms

Gefahr durch elektrischen Strom besteht immer dann, wenn der Mensch ein Teil des Stromkreises wird, wobei man drei allgemeine Fälle unterscheidet:

- Berührung eines defekten Gerätes
- Berührung einer spannungsführenden Leitung
- Berührung von zwei spannungsführenden Leitungen



Der elektrische Strom wirkt physikalisch und physiologisch auf den menschlichen Körper ein, wobei sehr entscheidend ist,

- welcher Strom etwa in der 1. Sekunde durch den Körper fließt
- die Stromstärke
- Stromweg im Körper
- Einwirkdauer des Körperstromes
- die Frequenz

Der menschliche Körper verfügt über Widerstände. Der **Hautwiderstand** (physikalische Wirkung), ist von der Beschaffenheit der Haut (feucht, trocken etc.) und der Berührungsfläche abhängig. Bei einer Spannung zwischen 100 und 200 V kommt es zum Durchschlag.

Der **Körperwiderstand** beträgt 1300/1200  $\Omega$ , wird aus Sicherheitsgründen aber mit 300  $\Omega$  gerechnet.

Weiterhin entscheidend ist auch der **Standortwiderstand**, also die Beschaffenheit des Bodens und die Größe und Form der Berührungsfläche. Allerdings kann man dies nicht immer so vereinfacht annehmen. Man kann z.B. gut isoliert stehen, aber mit einer Hand ein fehlerhaftes Gerät (z.B. einen Wasserleitungshahn) berühren. Dann tritt an die Stelle des Standortwiderstandes der Ausbreitungswiderstand der Wasserleitung.

Um Unfälle zu vermeiden muß man versuchen, die Spannung und die Einwirkungszeit möglichst gering und den Standortwiderstand möglichst groß zu halten.

Geht man von einer Netzspannung von 230 V und einem Körperwiderstand von 1200/ 1300  $\Omega$  (Ohm) aus, erhält man eine Stromstärke von  $I = 230V / 1300\Omega = 176 \text{ mA}$ .

**Für den Menschen können aber schon 40 mA lebensgefährlich sein.**

Aufgrund dessen darf die maximale Spannung  $U = 40 \text{ mA} \cdot 1300 \Omega = 50 \text{ V}$  nicht überschreiten.

Eine etwas exaktere Rechnung (Formel), welche die Zeit und den Standortwiderstand einbezieht, ist folgende:

$$I_F \cdot t = U \cdot t / (R_M + R_{ST})$$

$R_M$  = Körperwiderstand

$R_{ST}$  = Standortwiderstand

$I_F$  = Fehlerstrom

## 8.1 Auswirkungen auf den Körper

Es ist schwierig, hierüber genaue Angaben zu machen, da die Wirkungen des Stroms auf den Menschen von vielerlei Faktoren abhängen. Entscheidend ist die Konstitution des Menschen, die Zeitdauer des Stromflusses und der Stromweg durch den Körper. Die Frequenz dagegen spielt in dem betrachteten Bereich von 16 2/3 bis 500 Hz keine entscheidende Rolle.

### Herz

Herzkammerflimmern ab 40 mA länger als 0,5 Sekunden bzw. ab 80 mA länger als 0,3 Sekunden kann zum Herzstillstand führen.

Über 80 mA kann das Herzkammerflimmern nur vermieden werden, wenn der Fehlerstromkreis innerhalb von 0,1 - 0,3 s abgeschaltet wird.

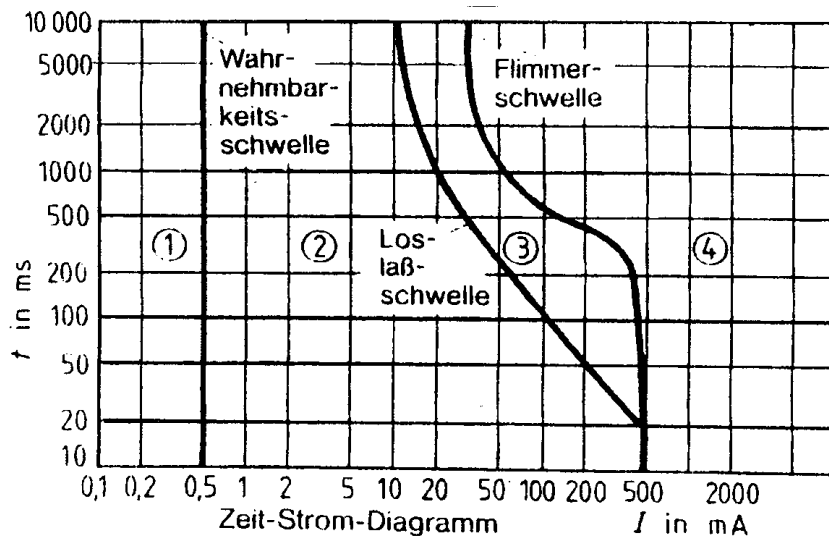
### Verbrennungen

An Berührungspunkten führen Lichtbögen zu äußeren Verbrennungen. Verbrennungen können auch im Körperinneren, besonders an Engpässen (wie Gelenken) auftreten.

Mehrere Sekunden Niederspannung mit einer Stromstärke über 100 mA erzeugt eine so große Wärmewirkung, daß es zur Zersetzung von Zellen führt. Die Zersetzungsprodukte stellen ein schweres Nervengift dar, innere Verbrennungen können noch Tage später zum Tod führen.

### Nervensystem

- ab ca. 1 mA Wahrnehmbarkeitsschwelle
- > 1 mA Muskelkontraktionen über Nervenbahnen
- 6 - 10 mA Wechselstrom krampfartige Schmerzen, man kann die umfaßte Leitung nicht mehr loslassen
- 10 - 40 mA Blutdrucksteigerung; Liegt die Atemmuskulatur in der Strombahn, kann es zu Atemverkrampfungen bzw. Atemlähmung verbunden mit Bewußtlosigkeit führen, nach 3 - 4 Min. droht Erstikungsgefahr
- Gefahr von Schreckbewegungen bei Stromdurchgang, kann z. B. zum Absturz von einer Leiter führen



Gefährdungsbereiche bei Wechselstrom (50/60 Hz) für erwachsene Personen und Stromweg »linke Hand zu beiden Füßen«

- ① keine Reaktion
- ② keine physiologisch gefährliche Wirkung
- ③ bei  $t > 10$  s oberhalb der Loslaßschwelle Muskelverkrampfungen
- ④ Herzkammerflimmern, Herzstillstand

Abb. 8.1: Gefährdungsbereiche bei Wechselstrom (TGA 01/97)

## 8.2 Erste Hilfe bei elektrischen Unfällen

### 8.2.1 Selbstbefreiungsversuche

- Elektrisierende Betriebsmittel wegwerfen. Ist dies infolge Handverkrampfung nicht möglich:
- versuchen, das Gerät an ein geerdetes Teil zu halten (z. B. Heizkörper, Stahlträger etc). Hierdurch wird u. U. die Sicherung ausgelöst.

Körper auf dem Schuhabsatz nach hinten kippen lassen, damit der Körperstrom auf einige mA gesenkt wird, wodurch die Verkrampfung beendet wird.

### 8.2.2 Befreiung verunglückter Personen

- Trennung des Verunglückten aus dem Stromkreis. Strom abschalten, Stecker ziehen, Sicherung entfernen.
- Ist dies nicht möglich, isolierte Unterlage suchen (trockenes Brett, Kleidung, dicke Zeitung) und das Unfallopfer an seiner trockenen Kleidung oder mit einem nicht leitenden Gegenstand (z. B. einer trockenen Holzlatte) von den spannungsführenden Teilen wegziehen oder -stoßen (nur bei Niederspannung!).
- Keinesfalls dürfen bei diesem Rettungsversuch Wände, Gestelle oder andere Helfer berührt werden.
- Wiederbelebensversuche beginnen (Mund-zu-Nase-Beatmung und ggf. Brustdruckmassage).

### 8.3 Unfallverhütung bei Arbeiten an elektrischen Anlagen

Laut Statistik treffen 22 % aller durch Elektrizität verursachten tödlichen Unfälle Elektrofachleute beim Arbeiten an elektrischen Anlagen.

Bevor in oder an elektrischen Anlagen gearbeitet werden darf, müssen folgende Sicherheitsregeln eingehalten werden:

Niederspannungsbereich ( $U < 1000 \text{ V}$ ) (Vorschriften VDE 0100, VBG 4 (UVV))

- allpolig abschalten
- Sichern gegen Wiedereinschalten (zusätzlich ein Hinweisschild anbringen)
- Spannungsfreiheit prüfen
- Erden und Kurzschließen der Netzleiter
- nur isolierte Werkzeuge verwenden
- Falls die o. g. Punkte nicht durchführbar sind, muß mit isoliertem Stand (Isolationsmatte), Gummihandschuhen und Gesichtsschutz gearbeitet werden.

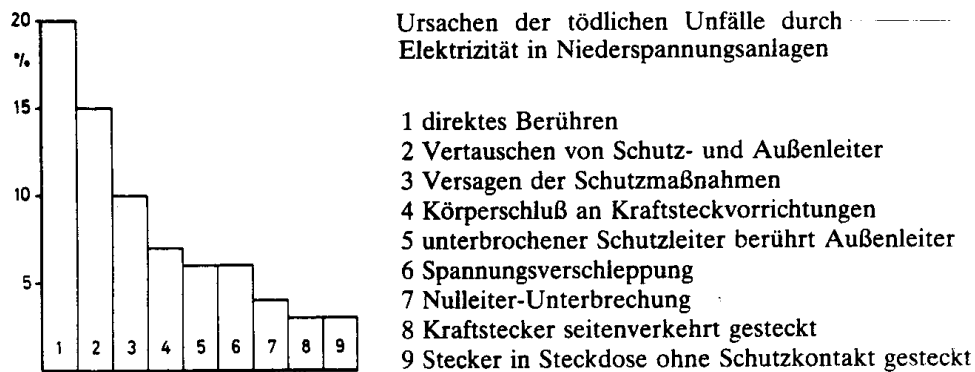


Abb. 8.3: Ursachen der tödlichen Unfälle durch Elektrizität in Niederspannungsanlagen (TGA 01/97)

### 8.4 Schutzmaßnahmen gegen direktes und indirektes Berühren

#### 8.4.1 Schutz gegen direktes Berühren

Direktes Berühren bedeutet Berühren leitfähiger Teile von Betriebsmitteln, die unter normalen Betriebsbedingungen auch unter Spannung stehen („aktive“ Teile). Dies sind z.B. Sammelschienen, nicht abgedeckte Abschlußklemmen oder N-Leiter. Nicht dazu gehören der Nulleiter oder genüllte Metallgehäuse. Steckdosen, Glühlampen, Schraubsicherungen etc. sind nur gegen zufälliges Berühren geschützt. Probleme mit absichtlichem direktem Berühren von aktiven Teilen kann es aber beim Auswechseln von Lampen oder Sicherungen geben. Steckdosen gibt es z. B. in kindersicheren Sonderausführungen mit Schutz gegen Einstecken von Nägeln oder anderen spitzen Gegenständen.

Aktive Teile müssen im Normalbetrieb bei Nennspannungen über 42 V in ihrem ganzen Verlauf isoliert oder durch ihre Bauart, Lage, Anordnung oder durch besondere Vorrichtungen gegen direktes Berühren geschützt sein. Lack- und Emailleüberzug, Oxidschichten und auch getränkte Umspinnungen sind dabei

kein ausreichender Berührungsschutz. Abdeckungen zuverlässig befestigter und mechanisch widerstandsfähiger Gitter und gelochte Bleche etc. sind nur als Schutz zulässig, wenn keine Öffnung es ermöglicht, mit einem Finger durchzugreifen und ein aktives Teil zu berühren.

Bei Schweißeinrichtungen, Glüh- und Schmelzöfen und elektrochemischen Anlagen kann man einen Berührungsschutz ersetzen, wenn dieser aus Betriebsgründen nicht durchführbar ist. (Ersatz durch isolierenden Standort, isolierende Fußbekleidung oder isoliertes Werkzeug; außerdem ist ein Warnschild „Warnung vor Berührung der elektrischen Einrichtungen! Vorsicht! “anzubringen.)

Handelt es sich um feuer- oder explosionsgefährdete Betriebsstätten oder um eine Schutzkleinspannung (nach VDE 0100, § 8), ist ein Schutz gegen direktes Berühren auch bei Nennspannungen unter 42 V erforderlich.

Bei elektrischen Betriebsmitteln innerhalb des Handbereichs müssen die Leitungen so eingeführt werden, daß die äußere Schutzhülle noch unter die Abdeckung kommt. Umhüllungen aus Metall dürfen nicht in den Anschlußraum hineinragen, sondern dafür müssen die Dosen, Zählertafeln und Kästen Stutzen oder dergl. haben.

Dosen und Kästen mit selbstdichtenden Einführungsöffnungen sind für metallummantelte Leitungen ungeeignet.

Kein Ersatz für die o.g. Schutzmaßnahmen, aber eine Ergänzung für den Fall, daß die anderen Schutzmaßnahmen (gegen direktes Berühren) versagen, sind Fehlerstrom-Schutzschalter. Sie haben einen Ansprechstrom von 30 mA und etwa 30 ms Auslösezeit.

#### 8.4.2 Schutzmaßnahmen gegen indirektes Berühren

Das sind Maßnahmen gegen gefährliche Berührungsspannungen, die an leitenden, aber nicht betriebsmäßig spannungsführenden Teilen von Betriebsmitteln gegen Erde auftreten, z.B. bei Isolationsfehlern und Körperschluß.

##### Körperschluß

Die Berührungsspannung des Gehäuses eines Elektroherdes wird durch einen Isolationsfehler zur Gefahrenquelle für den Menschen.

Durch den Isolationsfehler kann es zu einer leitenden Verbindung zwischen den betriebsmäßig unter Spannung stehenden aktiven Teilen eines Gerätes (Spannungsversorgung) und den metallischen Außenteilen (dem Körper) dieses Gerätes (z. B. Schalter, Motorgehäuse, Bügeleisen, E-Herd) kommen. Diese Verbindung nennt man Körperschluß, wobei eine Berührungsspannung ab 65 V für den Menschen gefährlich wird.

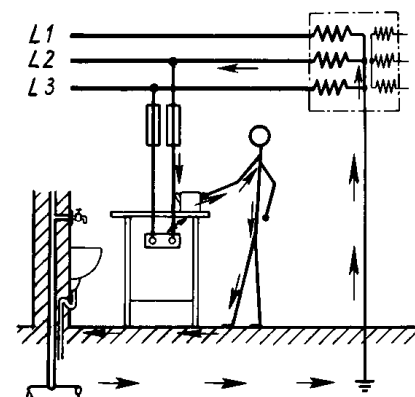


Abb. 8.4-2 Gefahrenquelle durch ungeschützten Körperschluß an einem Elektroherd (Volger/Laasch; 1989, S.382)

In Anlagen mit Spannungen über 50 V sind nach VDE 0100 mit wenigen Ausnahmen besondere Schutzmaßnahmen erforderlich. Ausnahme: trockene Wohn- und Büroräume mit isolierenden Fußböden (z. B. Holz, Linoleum oder Kunststoff auf schwimmendem Estrich) in Anlagen bis 250 V gegen Erde, in denen sich keine zufällig berührbaren mit Erde in Verbindung stehenden Einrichtungen befinden, wie Wasser-, Gas- oder Heizungsanlagen.

#### 8.4.2.1 Maßnahmen mit Schutzleiter

Der Schutzleiter verbindet die nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Anlagenteile je nach Maßnahme mit der Erde, dem N-Leiter oder dem Fehlerspannungsschutzschalter. Alle inaktiven Teile, die im Fehlerfall unmittelbar Spannung annehmen können, müssen durch den Schutzleiter gut leitend verbunden werden. Er führt nur im Schadensfall den Fehlerstrom. Er wird grüngelb gekennzeichnet und sein Querschnitt muß bis  $16 \text{ mm}^2$  Außenleiterquerschnitt mindestens gleich diesem, bei größeren Außenleiterquerschnitten gleich der Hälfte dieser Querschnitte, mindestens jedoch  $16 \text{ mm}^2$  sein. Für mehrere Stromkreise darf ein gemeinsamer Schutzleiter verwendet werden, sein Querschnitt muß entsprechend dem Querschnitt des stärksten Außenleiters ausgewählt werden.

Als Schutzleiter eignen sich Gehäuse elektrischer Betriebsmittel oder deren Konstruktionsteile, Stahlgerüste elektrischer Anlagen, z. B. Krangerüste, Schalttafeln, Kabelroste, Metallmäntel von Kabeln - nicht von Leitungen! - etc. Voraussetzung ist eine dauernde gute Verbindung der Metallteile und daß sie eine konstruktive Einheit bilden, außerdem muß der Querschnitt im Leitwert dem erforderlichen Querschnitt für den Schutzleiter entsprechen.

Wasserverbrauchsleitungen dürfen nur in bestehenden Anlagen als Schutzleiter benutzt werden, wenn sichergestellt ist, daß sie gut leitend durchverbunden bleiben. Gas- und Heizrohrleitungen dürfen als Schutzleiter nicht benutzt oder mitbenutzt werden, Tragseile von Metalleitungen, Installationsmetallrohre o. ä. ebenfalls nicht.

Beim Verlegen des Schutzleiters muß darauf geachtet werden, daß er bei Nullung nicht mit dem N-Leiter vertauscht wird. Er darf nicht mit aktiven Teilen verbunden sein, und im Schutzleiter dürfen auch keine Sicherungen oder Schalter sein.

#### 8.4.2.2 Nullung

Nullung kann immer dort angewendet werden, wo ein geerdeter Mittel- oder Neutraleiter vorhanden ist (die häufigste Schutzmaßnahme).

Erfolgt die Stromversorgung nicht über ein EVU, sondern über einen eigenen Stromerzeuger bzw. Transformator, ist die Anwendung von Nullung und Schutzerdung nicht möglich. Nullung soll das Bestehenbleiben zu hoher und gefährlicher Berührungsspannungen dadurch verhindern, daß jeder Körperschluß einen starken Kurzschlußstrom hervorruft, der das dem fehlerhaften Gerät vorgeschaltete Überstromschutzorgan ansprechen läßt.

Vorteile:

- Die Spannung eines Außenleiters gegen Erde bei sattem Körperschluß wird ca. auf die Hälfte, also auf etwa 110 V gesenkt.
- Verminderung der Unfallgefahr (nach schwedischen Untersuchungen auf unter 25 %).
- Bei geringem Aufwand für alle Geräte-Nennleistungen und für alle Netz-Kurzschlußleistungen anwendbar
- Schmelzsicherungen und Leitungsschutzleiter sind wartungsfrei und haben ein sehr hohes Maß an Zuverlässigkeit
- bei Versagen des Schutzorgans schaltet in der Regel das vorgeschaltete Organ im Fehlerfall auch noch ab.

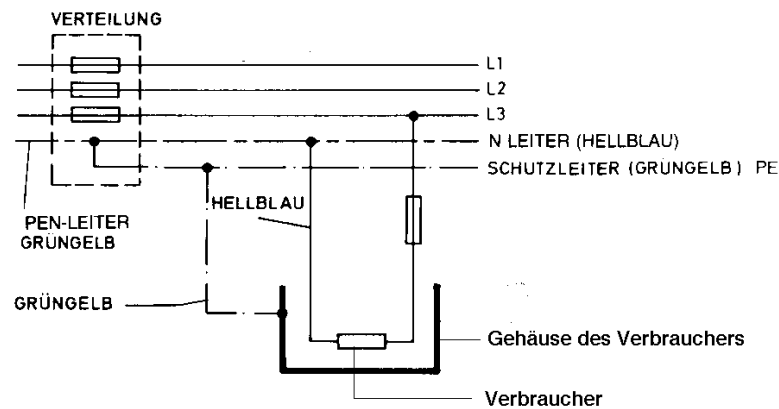


Abb.8.4.2.2: Nullung (Hösl/Ayx; 1980)

## Klassische Nullung

- Nulleiter ist gleichzeitig Schutzleiter
- Einfaches System; es genügt, an der Schutzkontakt-Steckdose vom Nulleiter aus ein kurzes Drahtstück zum Schutzkontakt zu führen
- der Nulleiter dient gleichzeitig dem Betrieb (z.B. Beleuchtung), so kann seine Unterbrechung beobachtet werden

Entscheidender Nachteil:

Es besteht die Möglichkeit, bei Unterbrechung unmittelbar das „geschützte“ Metallgehäuse eines zweipoligen fehlerfreien Verbrauchsmittels unter die volle Spannung gegen Erde zu setzen (Lebensgefahr). Aufgrund dessen ist die „klassische Nullung“ in Stromkreisen unter  $10 \text{ mm}^2$  Kupferquerschnitt bzw.  $16 \text{ mm}^2$  Aluminium in Neuanlagen nicht mehr zulässig, da die Unterbrechung besonders an den Klemmstellen möglich ist.

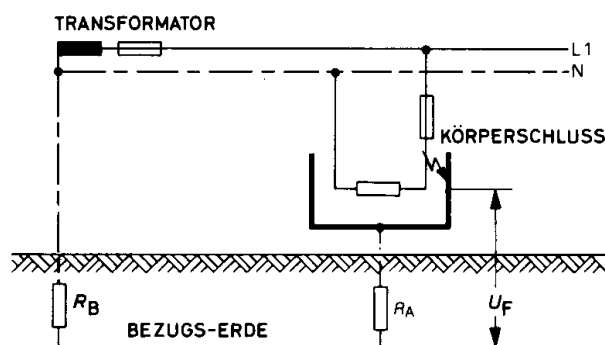


Abb.8.4.2.2.2: Klassische Nullung (Hösl/Ayx; 1980)

## „Moderne Nullung“

Bei der modernen Nullung wird neben dem N-Leiter ein besonderer Schutzleiter mitgeführt.

Vorteile:

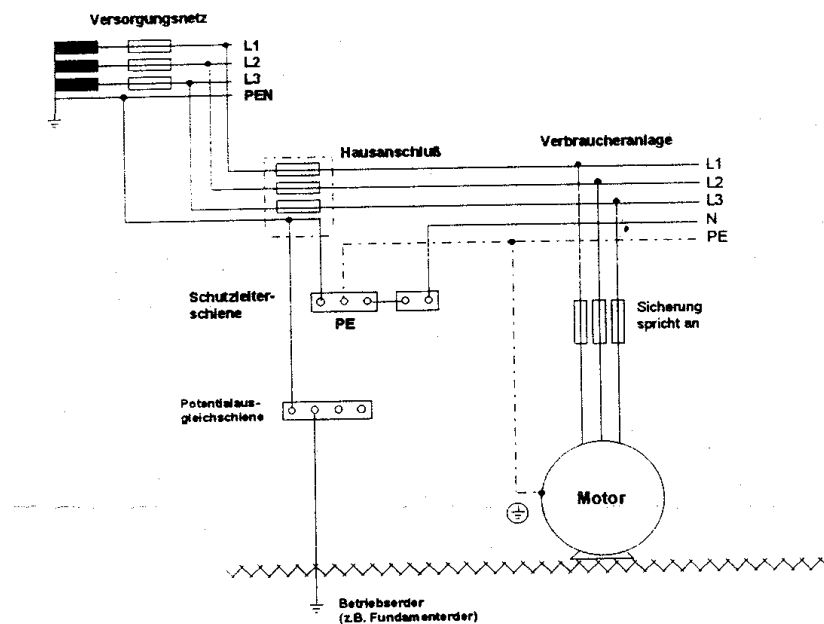
- Die Unterbrechung bringt keine Gefahr, es müssen sich schon 2 Fehler ereignen (Unterbrechung und Körperschluß), bevor ein Unfall geschieht.
- Durch die gegen Erde isolierte Verlegung des N-Leiters kann der Betriebsstrom nicht seinen Rückweg über die Erde nehmen (Erhöhung der Feuersicherheit).

Die „Moderne Nullung“ ist eindeutig überlegen, und der VDE fordert sie besonders in feuergefährdeten und medizinisch genutzten Räumen.

- Isolierung wie Außenleiter

Leitungsquerschnitte müssen für den Abschaltstrom der Sicherungen ausreichen

Der Querschnitt des Nulleiters muß bei Außenleitern bis  $\leq 16 \text{ mm}^2$  mindestens gleich dem des Außenleiters, der Schutzleiter bei ortsveränderlichen Stromverbrauchern für Außenleiter  $\leq 4 \text{ mm}^2$  nicht schwächer als dieser sein.



### 8.4.2.3 Fehlerstrom (FI)-Schutzschaltung

Durch die FI-Schutzschaltung schaltet ein fehlerhaftes Gerät innerhalb von ca. 0,2 s allpolig ab und verhindert so das Bestehenbleiben einer zu hohen Berührungsspannung. Der Vorteil liegt in dem niedrigen Nenn-Auslösestrom (ab ca. 30 mA) und den extrem kurzen Abschaltzeiten. Diese Strom-Zeit-Werte liegen so niedrig, daß sie selbst als Körperstrom für den Menschen in aller Regel ungefährlich sind.

Die FI-Schutzschaltung enthält einen Stromwandler, durch den alle zum Verbraucher führenden Leitungen gehen und der an ein Auslöserelais angeschlossen ist. Wenn alle einfließenden Ströme wieder durch den Stromwandler herausfließen, ist ihre Summe gleich Null (kein Sekundärstrom).

Umgeht aufgrund eines Körperschlusses ein Fehlerstrom den Stromwandler (z.B. Abfluß durch den Erder), entsteht ein Sekundärstrom, der den Schalter auslöst, der wiederum das geschützte Gerät allpolig vom Netz trennt.

Der FI-Schutzschalter besitzt eine Freiauslösung, wodurch das Wiedereinschalten bei bestehendem Fehler ausgeschlossen wird.

FI-Schutzschalter eignen sich nur für Wechselstrom, außerdem benötigt man zusätzlich einen Schutzleiter, da der „natürliche“ Erder nicht ausreicht.

Da praktisch nur ein Schaltfehler vorkommen kann und Erdschlüsse unverzüglich abgeschaltet werden, ist ein guter Brandschutz gewährleistet. Aufgrund dessen ist die FI-Schutzschaltung in Drehstromnetzen mit geerdetem Nulleiter für besondere Sicherheitsanforderungen zum Teil vorgeschrieben und ansonsten empfohlen. Darunter fallen Landwirtschaft, Baustellen, feuer- und explosionsgefährdete Stätten, medizinische Räume, Bäder und andere nasse Betriebe usw.

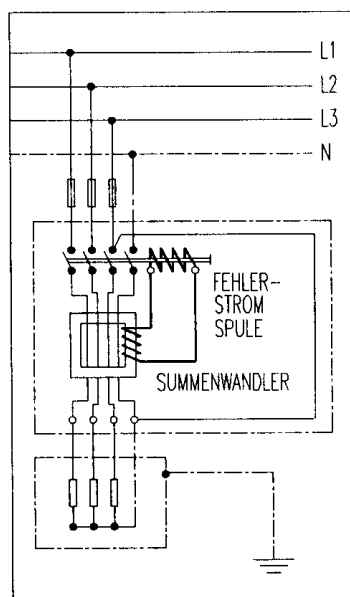


Abb. 8.4.2.4.1: FI-Schutzschaltung, Prinzipdarstellung (Volger/Laasch; 1989, S. 385)

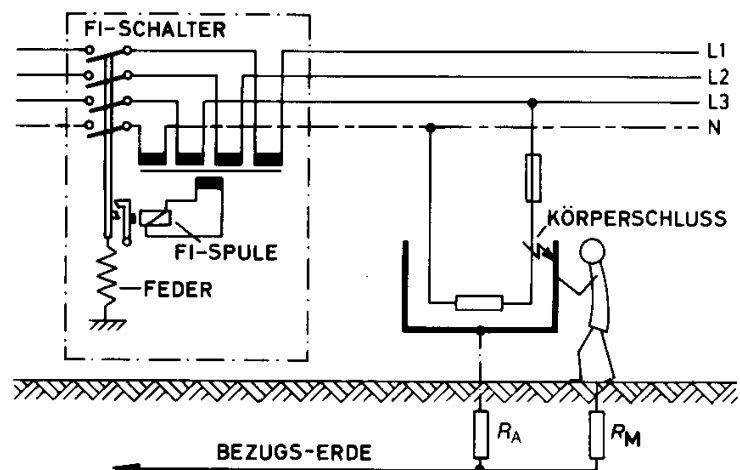


Abb. 8.4.2.4.1: Schutzkontktvorrichtung (Hösl/Ayx; 1980, S. 392)

#### 8.4.2.4 Schutzkontakt- (Schuko-) Steckvorrichtungen

Sie sind als Schutz gegen zu hohe Berührungsspannungen für ortsveränderliche Stromverbraucher für alle Räume, in denen besondere Schutzmaßnahmen erforderlich sind, vorgeschrieben.

Neben den ortsveränderlichen Geräten müssen auch die schutzisolierten Geräte einen Schutzkontaktstecker haben. Bei den schutzisolierten Geräten darf der Schutzkontakt jedoch mit keinem Leiter, auch nicht mit einem Schutzleiter, verbunden sein.

Heute verwendet man nur Schutzkontakt-Steckvorrichtungen mit 16 A und 250 V. Außer den spannungsführenden Polen verfügen sie über besondere Schutzkontakte, über die ein zusätzlicher, an das Metallgehäuse des Gerätes angeschlossener, gelbgrün gekennzeichnete Schutzleiter der beweglichen Anschlußleitung das Metallgehäuse (oder den Schutzkontakt des Gerätesteckers) leitend mit dem Nulleiter oder Schutzleiter des Netzes verbindet und so gegen eine zu hohe Berührungsspannung schützt.

### 8.4.3 Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter

#### 8.4.3.1 Schutzisolierung

Alle der Berührung zugänglichen Teile eines Gerätes, die Spannungen annehmen können, müssen durch feste und dauerhafte Bedeckung mit Isolierstoffen schutzisoliert werden. Sie bewirkt durch ihre zusätzliche Isolierschicht in dem Fehlerstromkreis einen im Idealfall eingeschalteten unendlich großen Widerstand, dadurch wird der Fehlerstrom  $I$  gleich Null.

##### a) Schutzisolierung des Betriebsmittels

Schutzisolierte Geräte dürfen keine Anschlußstelle für einen Schutzleiter haben.

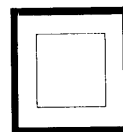
Eine fest angeschlossene bewegliche Anschlußleitung darf keinen Schutzleiter enthalten, muß bei Steckeranschluß aber mit einem Schutzkontaktstecker versehen sein:

- Schutzisolerumhüllung von Gehäusen (z.B. Haartrockner)
- Einbau von Isolierzwischenteilen (z. B. Leichtmetallbohrmaschine oder Zwischenteile in Getrieben und Wellen etc.)
- isolierende Umhüllungen von Feuchtraumleitungen

Schutzisolierung ist vorgeschrieben z. B. für Handleuchten, Zählertafeln, Spielzeugtransformatoren, ortsveränderliche Sicherheitstransformatoren.

Sehr empfohlen ist sie z.B. für Verteilungstafeln, Kraftsteckvorrichtungen, Leuchten etc. Sie sollte stets für Geräte und Griffe gewählt werden, die beim Betrieb umfaßt werden, also z.B. für Elektrowerkzeuge, Steckvorrichtungen, Griffe an Kühlschränken, Staubsauger usw.

Kennzeichnungssymbol schutzisolierter Geräte:



##### b) Standortisolierung

- Nur bei ortsfesten Betriebsmitteln zulässig
- isolierende Abdeckung des Fußbodens sowie aller im Handbereich befindlichen, mit Erde verbundenen leitfähigen Teile (z. B. Wasserrohrleitungen)

- Abdeckungen müssen fest mit ihrer Unterlage verbunden sein, ausgenommen in elektrischen Betriebsräumen.
- Können mehrere Betriebsmittel vom isolierten Standort aus gleichzeitig berührt werden, so müssen deren Metallgehäuse durch einen Schutzleiter verbunden werden.
- bei Standortisolierung muß man darauf achten, daß mit dem Einbau von neuen Fußböden oder dem Einbau von leitfähigen Teilen mit Erdverbindung (z.B. Zentralheizung) Änderungen eintreten können.

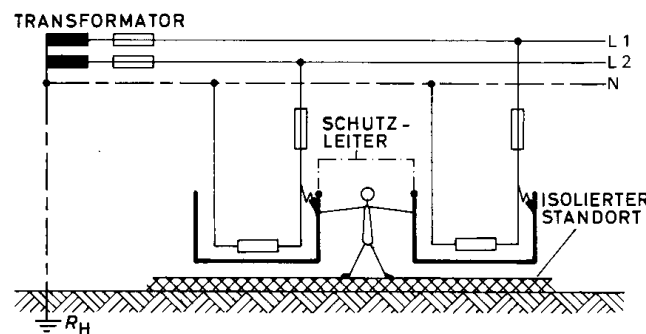


Abb.8.4.3.1: Zwei Geräte können vom isolierten Standort aus gleichzeitig berührt werden (Hösl/Ayx; 1980, S. 423)

#### 8.4.3.2 Schutzkleinspannung

- Begrenzung der Spannung auf  $\leq 24$  V bei medizinischen und zahnmedizinischen Geräten und bei Geräten, die in den Körper des Menschen eingeführt werden, auf  $\leq 6$  V.
- Schutzkleinspannung wird erzeugt durch einen Kleintransformator o.ä. und stellt mit einer sicheren elektrischen Trennung des Sekundärkreises (Kleinspannung) vom Primärstromkreis der Netzspannung eine Schutzmaßnahme dar, deren Wirksamkeit weder eine intakte Zuleitung noch ein unbeschädigtes Gehäuse voraussetzt.
- Leistungen  $> 1$  KW sind nicht möglich.
- Spielzeugtransformatoren werden bis 24 V gebaut. Sie dürfen keine Sicherungen enthalten und müssen schutzisoliert oder mit Isolierstoff ausgekleidet sein.
- Das Gehäuse darf von Kindern auch mit Werkzeug nicht zerlegt werden können.
- Weitere Anwendung von Kleinspannung:
- in Frisiersalons; Handleuchten und Werkzeuge, die in Kesseln etc. benutzt werden; in Stallungen, Molkerieen, Schwimmbädern etc.

Bedingungen für die Schutzkleinspannung:

- Nicht erden, keine Schutzleiter mit anderen Anlagen (250 V) verbinden
- Isolierung für 250 V (Ausnahme Spielzeug, Fernmeldegeräte)
- dürfen keine Schutzleiterklemme haben
- Stromkreise für Schutzkleinspannung sind von anderen Stromkreisen getrennt zu verlegen.

Kennzeichnungssymbol Schutzkleinspannungsgeräte:



#### 8.4.3.3 Schutztrennung

Sie trennt den geerdeten Versorgungsstromkreis durch Trenntransformatoren vom Verbraucherstromkreis und darf nur in Netzen bis 500 V angewendet werden.

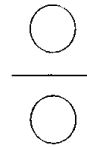
An einem Trenntransformator darf nur ein einziges Gerät mit  $\leq 15$  A Nennstrom und mindestens einer NMH-Zuleitung angeschlossen werden (keinen Schutzkontakt am Verbraucheranschluß).

Der Sekundärkreis (Verbraucherstromkreis) darf weder geerdet noch genullt und auch nicht mit anderen Anlagenteilen leitend verbunden werden.

Sie funktioniert nur bei fehlerfreier Isolierung der Sekundärseite, aufgrund dessen sollte sie regelmäßig überprüft werden.

Anwendung: Elektrorasierer, Elektrowerkzeuge, Arbeiten auf Stahlgerüsten, Arbeiten mit Werkzeugen in Kesseln, in Bädern etc.

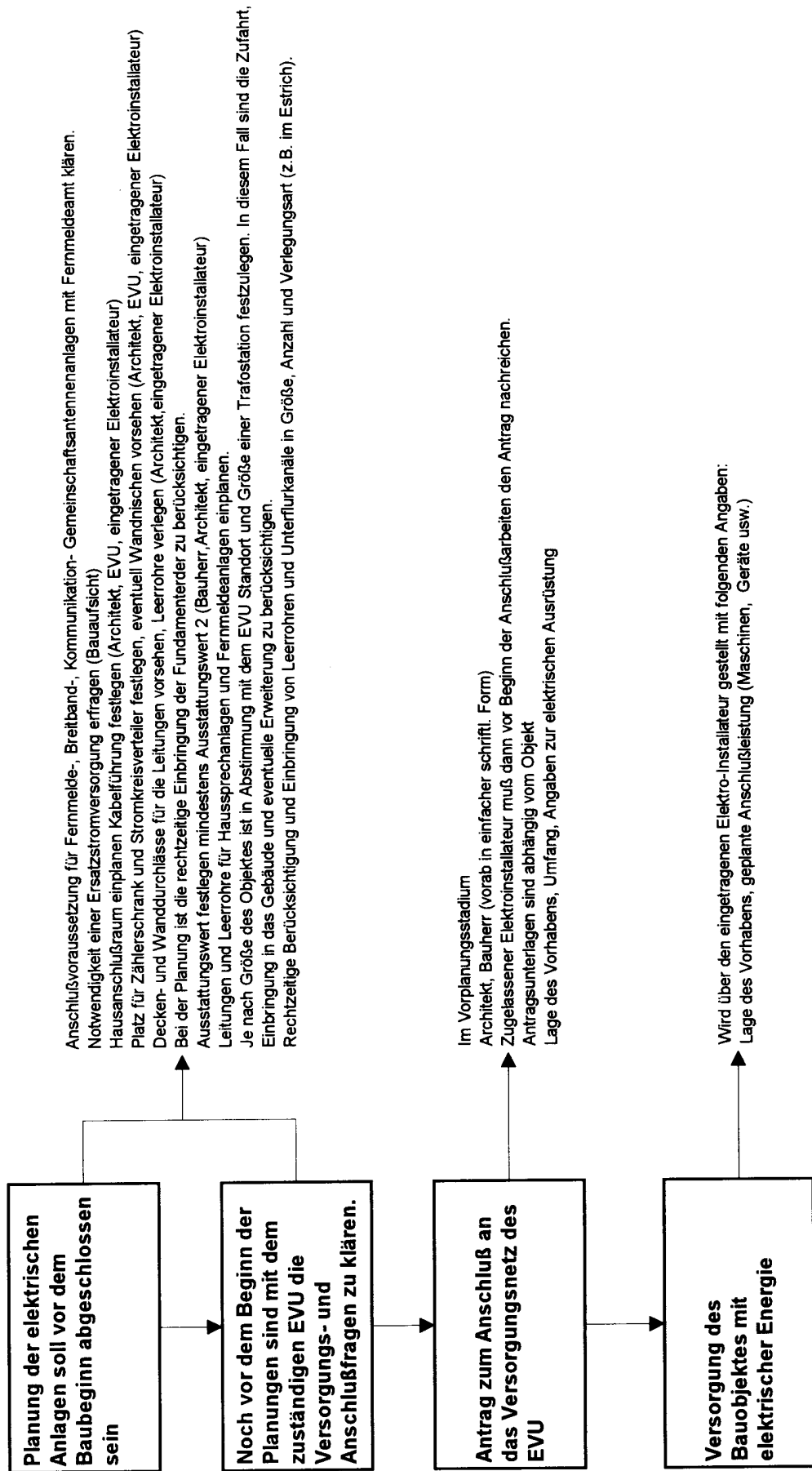
Kennzeichnungssymbol Trenntransformatoren:



## 9 Hinweise zur Planung von Elektroinstallationen

1. Bevor der Rohbau steht, sollte die Planung der Elektroinstallation vom Architekten fertiggestellt sein.
2. Es sollten möglichst keine Verbindungsdosen verwandt werden, da bei Beschädigungen sonst die Tapete abgerissen werden muß.
3. Es sollten möglichst Geräteverbindungsdosen verwandt werden, da hier Defekte nur durch Herausnehmen der Schalter bzw. Steckdosen behoben werden kann.
4. Leitungen und Kabel von Starkstromanlagen sind nur in Rohren oder in Elektro-Installationskanälen anzuordnen.
5. Die in der DIN 18015 Teil 3 angegebenen Installationszonen und Vorzugsmaße für unsichtbar verlegte Leitungen sind unbedingt einzuhalten.
6. Es sollte auf Unfall- und Brandgefahr in Bezug auf spätere Verlegung von Gas-, Wasser- oder Heizungsleitungen geachtet werden.
7. In Feuchträumen müssen Feuchtraumkabel und spritzwassergeschützte Steckdosen und Schalter benutzt werden.
8. In Badezimmern sollte auf eine besondere Erdableitung geachtet werden, um Elektro-Unfälle zu vermeiden.
9. Bei der Benutzung von Kanalsystemen im Bürohausbau und in Wohngebäuden sollte Estrich verwandt werden.
10. Bei dem Einsatz von Stahlrippendecken können die Hohlkörper als Installationskanäle verwandt werden.
11. Es empfiehlt sich, in Büroräumen Doppelböden einzusetzen, da durch den direkten Anschluß von Kabeln und Leitungen ein Kabelsalat verhindert werden kann. Im weiteren kann der Installationsraum auch als Zu- oder Abluftkammer einer Lüftung oder Klimaanlage genutzt werden.

# Allgemeiner Ablauf und Planungshinweise



## 10 Schaltzeichen

|  |                                                                                      |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Leiter, Leitung, Kabel                                                               |
|  | Leiter, bewegbar                                                                     |
|  | Leiter, geschirmt                                                                    |
|  | Leiter im Erdreich, Erdkabel                                                         |
|  | Leiter, oberirdisch Freileitung                                                      |
|  | Kabelkanal, Trasse, Elektro-Installationsrohr                                        |
|  | Leiter auf Putz                                                                      |
|  | Leiter im Putz                                                                       |
|  | Leiter unter Putz                                                                    |
|  | Leitung oder Kabel, nicht angeschlossen                                              |
|  | Leitung mit 3 Kupferleitern 1,5 mm <sup>2</sup>                                      |
|  | Dreiphasen-Vierleitersyst. mit drei Außenleitern u. einem Neutraleiter, 50 Hz, 400 V |
|  | Leiter in einem Kabel, 3 Leiter dargestellt                                          |
|  | Leitung mit 3 Leitern                                                                |
|  | Leitung mit 3 Leitern, vereinfachte Darstellung                                      |
|  | Schutzleiter (PE)                                                                    |
|  | Neutraleiter (N), Mittelleiter (M)                                                   |
|  | Neutraleiter mit Schutzfunktion (PEN)                                                |
|  | Drei Leiter, ein Neutraleiter, ein Schutzleiter                                      |
|  | Leitung, nach oben führend                                                           |
|  | Leitung, nach unten führend                                                          |
|  | Leitung, nach unten und oben führend                                                 |
|  | Verbindung von Leitern                                                               |
|  | Abzweig von Leitern (Form 1)                                                         |
|  | Abzweig von Leitern (Form 2)                                                         |
|  | Anschluß (z. B. Klemme) (Der Kreis darf ausgefüllt werden)                           |

|  |                                                                                     |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Anschlußdose, Verbindungsdose                                                       |
|  | Abzweigdose, allgemein                                                              |
|  | Dose, allgemein<br>Leerdose, allgemein                                              |
|  | Stichdose                                                                           |
|  | Durchschleifdose                                                                    |
|  | Hausanschlußkasten, allgemein, dargestellt mit Leitung                              |
|  | Verteiler, dargestellt mit 5 Anschlüssen                                            |
|  | Umrahmungslinie, Begrenzungslinie                                                   |
|  | Schutzerde                                                                          |
|  | Primärzelle, Primärelement, Akkumulator                                             |
|  | Transformator mit zwei Wicklungen                                                   |
|  | Gleichrichter-Gerät                                                                 |
|  | Wechselstromrichter                                                                 |
|  | Spannungskonstanthalter                                                             |
|  | Sicherung, allgemein                                                                |
|  | Schraubsicherung, dargestellt 10 A, Typ D II, dreipolig                             |
|  | Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherung (NH), dargestellt 25 A, Größe 00            |
|  | Sicherungstrennschalter                                                             |
|  | Sicherungsschalter                                                                  |
|  | Schalter, dargestellt 10 A, dreipolig                                               |
|  | Fehlerstrom-Schutzschalter, vierpolig                                               |
|  | Leitungsschutzschalter                                                              |
|  | Motorschutzschal., dreipol. mit therm. u. magnet. Auslösung, in einpol. Darstellung |
|  | Notschalter                                                                         |
|  | Schalter, allgemein                                                                 |
|  | Schalter mit Kontrollleuchte                                                        |

|  |                                                              |
|--|--------------------------------------------------------------|
|  | Ausschalter, einpolig<br>Schalter 1/1                        |
|  | Ausschalter, zweipolig<br>Schalter 1/2                       |
|  | Serienschalter, einpolig<br>Schalter 5/1                     |
|  | Wechselschalter, einpolig<br>Schalter 6/1                    |
|  | Kreuzschalter<br>Schalter 7/1                                |
|  | Schalter mit Zugschnur                                       |
|  | Zeitschalter, einpolig                                       |
|  | Taster                                                       |
|  | Taster mit Leuchte                                           |
|  | Stromstoßrelais                                              |
|  | Näherungssensor                                              |
|  | Berührungssensor                                             |
|  | Näherungsschalter (Ausschalter)                              |
|  | Berührungsschalter (Wechselschalter)                         |
|  | Dimmer                                                       |
|  | Steckdose, allgemein                                         |
|  | Schutzkontaktsteckdose                                       |
|  | Schutzkontaktsteckdose, dargestellt für Drehstrom, fünfpolig |
|  | Schutzkontaktsteckdose, abschaltbar                          |
|  | Schutzkontaktsteckdose, mit verriegeltem Schalter            |
|  | Schutzkontaktsteckdose, dargestellt als Dreifachsteckdose    |
|  | Wahlweise Darstellung                                        |
|  | Steckdose mit Trenntrafo, z. B. für Rasierapparat            |
|  | Fernmeldesteckdose                                           |
|  | Antennensteckdose                                            |
|  | Elektrizitätszähler<br>Wattstundenzähler                     |

|  |                                                                                |  |                                                             |  |                                                                             |
|--|--------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------|
|  | Schaltuhr                                                                      |  | Mikrowellenherd                                             |  | Fernsprengerät, fernberechtigt                                              |
|  | Zeitrelais                                                                     |  | Backofen                                                    |  | Fernsprecher für zwei oder mehr Amtsleitungen                               |
|  | Blinkrelais, dargestellt mit einer Blinkfrequenz von 5/min                     |  | Wärmeplatte                                                 |  | Wechselsprechstelle, z. B. Haus- oder Torsprechstelle                       |
|  | Tonfrequenz-Rundsteuerrelais                                                   |  | Friteuse                                                    |  | Gegensprechstelle z. B. Haus- oder Torsprechstelle                          |
|  | Leuchte, allgemein                                                             |  | Heißwasserspeicher                                          |  | Lautsprecher, allgemein                                                     |
|  | Leuchtenauslaß, dargestellt mit Leitung                                        |  | Durchlauferhitzer                                           |  | Mikrofon, allgemein                                                         |
|  | Leuchtenauslaß auf Putz, dargestellt mit nach links führender Leitung          |  | Heißwassergerät                                             |  | Lautsprecher / Mikrofon                                                     |
|  | Leuchte mit Schalter                                                           |  | Infrarotgrill                                               |  | Vermittlungszentrale, allgemein                                             |
|  | Leuchte mit veränderbarer Helligkeit                                           |  | Waschmaschine                                               |  | Wecker Klingel                                                              |
|  | Sicherheitsleuchte in Dauerschaltung                                           |  | Wäschetrockner                                              |  | Schnarre Summer                                                             |
|  | Sicherheitsleuchte Notleuchte mit getrenntem Stromkreis                        |  | Geschirrspülmaschine                                        |  | Gong Einschlagwecker                                                        |
|  | Sicherheitsleuchte mit eingebauter Stromversorgung                             |  | Händetrockner, Haartrockner                                 |  | Horn Hupe                                                                   |
|  | Scheinwerfer, allgemein                                                        |  | Heizelement                                                 |  | Sirene                                                                      |
|  | Punktleuchte                                                                   |  | Speicherheizgerät                                           |  | Leuchtmelder, allgemein                                                     |
|  | Flutlichtleuchte                                                               |  | Infrarotstrahler                                            |  | Türöffner                                                                   |
|  | Leuchte, dargestellt mit zusätzlicher Sicherheitsleuchte in Dauerschaltung     |  | Ventilator                                                  |  | Zeiterfassungsgerät                                                         |
|  | Leuchte, dargestellt mit zusätzl. Sicherheitsleuchte in Bereitschaftsschaltung |  | Klimagerät                                                  |  | Brand-Druckknopf-Nebenmelder                                                |
|  | Leuchte für Entladungslampe, allgemein                                         |  | Kühlgerät, Tiefkühlgerät Anzahl der Sterne siehe DIN 8950-2 |  | Temperaturmelder                                                            |
|  | Leuchte für Leuchtstofflampe, allgemein                                        |  | Gefriergerät Anzahl der Sterne siehe DIN 8950-2             |  | Schlüsselschalter Wächtermelder                                             |
|  | Leuchte mit 3 Leuchtstofflampen                                                |  | Motor, allgemein                                            |  | Erschütterungsmelder (Tresorpendel)                                         |
|  | Leuchte mit 5 Leuchtstofflampen                                                |  | Umformer                                                    |  | Passierschloß für Schaltwege in Sicherheitsanlagen                          |
|  | Vorschaltgerät für Entladungslampen                                            |  | Generator                                                   |  | Rauchmelder, selbsttätig, lichtabhängiges Prinzip                           |
|  | Starter für Leuchtstofflampe                                                   |  | Stern-Dreieck-Schaltung                                     |  | Brandmelder, selbsttätig                                                    |
|  | Elektrogerät, allgemein                                                        |  | Fernsprecher, allgemein                                     |  | Dämmerungsschalter                                                          |
|  | Küchenmaschine                                                                 |  | Fernsprengerät, halbamtstberechtigt                         |  | Antenne, allgemein                                                          |
|  | Elektroherd, allgemein                                                         |  | Fernsprengerät, amtstberechtigt                             |  | Verstärker, allgemein; Spitze des Dreiecks gibt die Verstärkungsrichtung an |

## 11 Literaturverzeichnis

|                      |                                                                                                                              |              |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Volger/Laasch</b> | Haustechnik, Karl Volger/ Erhard Laasch,<br>8. Auflage 1989, Teubner-Verlag Stuttgart                                        |              |
| <b>Daniels</b>       | Gebäudetechnik, Klaus Daniels<br>Auflage 1992, R. Oldenbourg Verlag                                                          |              |
| <b>Daniels II</b>    | Technologie des ökologischen Bauen; Klaus Daniels<br>1.Auflage 1995; Birkhäuser Verlag                                       |              |
| <b>Wellpott</b>      | Technischer Ausbau von Gebäuden, Edwin Wellpott<br>4. Auflage 1991, Kohlhammer-Verlag                                        |              |
| <b>Hösl/Ayx</b>      | Die neuzeitliche und vorschriftsmäßige Elektroinstallation,<br>Roland Ayx<br>15. Auflage 1992, Hüthig Buch Verlag Heidelberg | Alfred Hösl, |
| <b>Vogt</b>          | Elektroinstallationen in Wohngebäuden, D. Vogt<br>VDE –Verlag, Berlin 1984                                                   |              |
| <b>Seip</b>          | Elektrische Installationstechnik Teil 1-3, G.G. Seip<br>2. Auflage 1985, Siemens AG, Berlin / München                        |              |
| <b>Pistohl</b>       | Handbuch der Gebäudetechnik Band 1, Wolfram Pistohl<br>Auflage 1994, Werner-Verlag Düsseldorf                                |              |
| <b>Schmid</b>        | Photovoltaik Strom aus der Sonne, Jürgen Schmid<br>Auflage 1994, C.F. Müller Verlag Heidelberg                               |              |
| <b>Schäfer</b>       | Energiewirtschaft und Umwelt, Schaefer/Geiger/Rudolph<br>Auflage 1995, Economica Verlag Bonn                                 |              |
| <b>Gasch</b>         | Windkraftanlagen, Robert Gasch<br>Auflage 1996, B.G. Teubner-Verlag Stuttgart                                                |              |
| <b>RWE</b>           | RWE Energie Bau-Handbuch,<br>12. Ausgabe, 1. Auflage 1998, RWE Aktiengesellschaft Essen                                      |              |
| <b>TGA</b>           | Skript zur Vorlesung „Technische Gebäudeausrüstung II “von Prof. Dr. Hausla-<br>den, Kapitel 2 Elektrotechnik (01/97)        |              |
| <b>c t</b>           | „Himmliche Attacke “von Carsten Fabich<br><b>c t</b> –Magazin für Computer und Technik; Heft 17/1999 S.130-143               |              |
| <b>DIN 18015</b>     | Elektrische Anlagen in Wohngebäuden –Planungsgrundlagen                                                                      |              |
| <b>HEA</b>           | Elektroinstallation in Wohngebäuden.<br>Merkblatt: Allgemeine Planungsgrundlagen - Empfehlungen                              |              |