Praxis Elektrik

von der Planung bis zur Endkontrolle

Matthias Hallwyler

Inhaltsverzeichnis

..... 0

ISBN 6

Urheberrecht 6

Normen 6

Über den Autor 7

Über das Buch 7

1.0 Elektrik Grundlagen 8

1.1 Was ist elektrischer Strom? 9
Der Aufbau eines Atoms 9
Warum leitet ein Metall Strom? 11
Stromerzeugung durch Induktion 12

1.2 Wechselspannung 19

1.3 Gleichspannung 21

1.4 Die Spannung 22
Universalnetzteil und verschiedene Spannungen 23

1.5 Der Strom 24
Die Stromdichte 24
Universalnetzteil und Strom 27

1.6 Die Leistung 28
Energie 28

1.7 Der Widerstand 29

1.8 Einheiten und Formelzeichen 30

1.9 Das ohmsche Gesetz 31
Leistung berechnen 32

1.10 Wie kommt der Strom ins Haus? 33
Produzieren und Hochtransformieren 33
Transportieren 34
Heruntertransformieren auf Niederspannung 35

1.11 Dreiphasenwechselstrom 36
Generator Beispiel einphasig 37
Generator Beispiel Dreiphasig (Drehstrom) 38
Symmetrische Belastung Spannung 42
Symmetrische Belastung Strom 44
Unsymmetrische Belastung 47
Die 6 Stromkreise im Drehstromnetz 48
Die aktiven Leiter 50
Die drei Außenleiter 51
Der Neutralleiter 51
Der Schutzleiter 54

1.12 Der Installations-Stromkreis 55
Der Hausanschlusskasten 59
Der Hausanschluss in der Praxis 60
Verbindung zwischen PEN und Potentialausgleich 67
Stromzähler, Sicherung und Verbraucher 69
Übersicht und praktisches Beispiel 70

2.0 Elektroplanung ... 74

2.1 Grundlagen des Zeichnens ... 75
Grundriss Plan ... 75
Maßstab ... 76

2.2 Installationsarten ... 77
Auf Putz ... 77
Unter Putz ... 78

2.3 Elektrosymbole im Installationsplan ... 79
Farbcodes in Installationsplänen ... 80
Allgemeine Symbole ... 81
Erdung und Potenzialausgleich Symbole ... 83
Schalter Symbole ... 84
Kombinationen Symbole ... 86
Steckdosen Symbole ... 87
Sensoren ... 88
Energieverbraucher Symbole ... 89
Leuchten Symbole ... 91
Telefon Symbole ... 92
Akustik Symbole ... 94
Video, Radio, TV-Symbole ... 94
Klingel und Gegensprechanlage ... 95

2.4 Boden- und Deckenleitungen, Leitungsbeschriftung ... 96
Elektroinstallation zeichnen ... 96
Über Boden, Wand und Decke installieren ... 98

2.5 Bezeichnungen ... 102
Was sollte man weiter beachten? ... 103
Anzahl Drähte ... 104
Zusammengehörigkeit ... 105

2.6 Steigleitungen ... 106
Leitungen nach oben bzw. nach unten ... 106
Steigleitung ... 109
Warum ist es wichtig, die Steigleitungen einzuzeichnen? ... 111

2.7 Küchenplanung ... 114
Küche im Installationsplan ... 115

2.8 Installationsplan zeichnen ... 116
Aufteilung der Beleuchtungsstromkreise ... 116
Abzweigdosen, Verteildosen ... 117
Elektroplanung im Untergeschoss ... 119
Elektroplanung im Erdgeschoss ... 125
Elektroplanung im Obergeschoss ... 127
Installation in der Praxis ... 129

2.9 Verteilschema erstellen (einpolig) ... 131

2.10 Elektroschaltplan erstellen (allpolig) ... 133
Blatt, Pfad und Kennbuchstaben ... 134

2.11 Kompletter Schaltplan Einfamilienhaus ... 138

3.0 Elektroverteilung nach Schaltplan bauen ... 142

3.1 Erste Schritte ... 144
Verteilungsgehäuse ... 144
Kabelbefestigung und Hutschiene ... 145

3.2 Bestückung ... 147

Einspeisung und Sicherung Netzempfänger 147
Klemmen Hausinstallation 149
Leitungsschutzschalter ohne FI-Schutz 149
Leitungsschutzschalter mit FI-Schutz 150

3.3 Verdrahtung der Verteilung 152
Einspeisung ungezählt 152
Einspeisung gezählt 154
Einbau Sammelschiene 157
Verdrahtung nach dem FI-Schalter 166
Verdrahtung Leitungsschutzschalter und Wassererwärmer 170
Netzkommando Steuerung (TRE) 177
Fertigstellung der Verdrahtung 187
Stromzähler Anschluss 189

3.4 Beschriftung und Abdeckung 193
Legende Elektroverteilung 195

4.0 Die Hausinstallation 197

4.1 Starkstrom Installation Teil 1 199
Zuleitungen im Installationsplan 199
Zuleitungen verlegen 200
Festanschlüsse (Kraft) 206
Steckdosenanschluss (Kraft) 210
Lichtinstallation 214
Prinzip Heizungsverteilung und Raumthermostat 215
Installation Raumthermostat und Heizungsverteiler 218

4.2 Die Netzwerkinstallation 231
Kabelarten 234
Installation 237
Trennung von Stark- und Schwachstrom 238
Anschluss der Dosen 239
Abschirmung und Erdung 250
Messung 253
Beschriftung 254

4.3 TV-Installation 255
Koaxialkabel 256
Berechnung des Pegels 257
Einheitspegelnetz (Fixpegel) 257
Bedarfspegelnetz 259
Installation 260

4.4 Starkstrom Installation Teil 2 268
Aufschalten der Zuleitungen an der Elektroverteilung 269
Beschriftung der Installation 272
Fehlende Beschriftung ist teuer 272
Was sagen die Normen? 273
Beschriften in der Praxis 274
Niemals einer Beschriftung trauen 278

4.5 Der Potentialausgleich 279
Die Fundamenterdung 281

5.0 Die Endkontrolle 285

5.1 Das Messprotokoll 287

5.2 Sichtprüfung 289

5.3 Funktionsprüfung und Messung 292

5.4 Der Installationstester im Überblick 293

5.5 Isolationsmessung (R_{ISO}) 297
Was wird gemessen? 299
Vor der Messung 300
Praktisches Beispiel 301
Eintrag in das Messprotokoll 307
Sinn und Zweck eines Neutralleitertrenners 308
Was ist zu tun, wenn das Messresultat schlecht ist? 310
Fehlersuche 311

5.6 Niederohmmessung (R_{LO}) 315
Messgeräte 315
Leitfähigkeit des Schutzleiters und des Potentialausgleichs (Niederohm Messung, R_{LO}) 316
Praktisches Beispiel 318
Messung Schutzleiter 320
Messung Potentialausgleich 322
Eintrag in das Messprotokoll 323
Was tun, wenn die Messung fehlschlägt? 324

5.7 Der Leitungsschutzschalter 325
Sinn und Zweck des Leitungsschutzschalters 326
Der Aufbau eines Leitungsschutzschalters 328
Schaltzeichen, Symbol 331
Bemessungsströme der Leitungsschutzschalter 331
Montage eines LS 332
Gegen Einschalten sichern 333
Einspeisung und Anschluss 335
Schaltzustände 338
Hilfsschalter 339
Stromfluss im Detail 340
Das Schaltwerk und der Schaltmechanismus 341
Magnetischer Auslöser 344
Thermischer Auslöser 346
Bimetall direkt beheizt 347
Bitmetall indirekt beheizt 348
Charakteristik der Leitungsschutzschalter 351
Kennlinie magnetischer Auslöser 353
Kennlinie thermischer Auslöser 355
Kennlinie magnetischer und thermischer Auslöser 357
Lichtbogenlöschkammer 360
Die Wahl des richtigen Leitungsschutzschalters 361
Maximale Abschaltzeiten der Stromkreise 362
Welcher Kurzschlussstrom muss mindestens eingehalten werden? 362

5.8 Die Kurzschlussstrom-Messung (I_K) 364
Messung am Anfang und am Ende der Leitung 365
Nennschaltvermögen am LS 366
Messen in der Praxis 367
Trip, No-Trip, was ist der Unterschied? 372
Eintrag in das Messprotokoll 373
Maßnahmen bei zu kleinem Kurzschlussstrom 374

5.9 Drehrichtung messen 375
Anschluss 375
Messung Drehfeld 377
Eintrag in das Messprotokoll 378

5.10 Der Fehlerstromschutzschalter 379
Der elektrische Unfall, was kann ohne FI passieren? 382

Wie funktioniert der FI-Schalter? 384
Der Aufbau eines Fehlerstromschutzschalters 389
Bemessungsstrom 390
Nennfehlerstrom 392
Schaltzustände 392
Typ (Art des Fehlerstromes) 393
Auflistung der Typen Symbole 394
Selektivität 395
Prüftaste 397
Anschluss eines RCD 397
Das Innere eines Fehlerstromschutzschalters 398
Messung eines Fehlerstromschutzschalters 410
RCD Prüfung Schritt 1, Prüftaste 411
RCD Prüfung Schritt 2, 50% des Nennfehlerstroms 411
RCD Prüfung Schritt 3, Nennfehlerstrom messen 412
RCD Prüfung Schritt 4, Dimensionierung und Absicherung 412
Eintrag in das Messprotokoll 413
Fehlauslösungen und Fehlerbehebung 414
Isolationsmessung vor dem Umbau 414
Häufige Fehler 415
Die Leckstrom-Messung 416

6.0 Sicherheit im Umgang mit Elektrizität 417

6.1 Die 5 Sicherheitsregeln vor der Arbeit 419
Regel 1: Für klare Aufträge sorgen 419
Regel 2: Nur geschultes Personal einsetzen 420
Regel 3: Sichere Arbeitsmittel 421
Regel 4: Persönliche Schutzausrüstung 435
Regel 5: Nur geprüfte Anlagen in Betrieb nehmen 437

6.2 Die 5 Sicherheitsregeln beim Freischalten der Spannung 438
Regel 1: Freischalten 439
Regel 2: gegen Wiedereinschalten sichern 441
Regel 3: Spannungsfreiheit feststellen 443
Regel 4: Erden und Kurzschließen 449
Regel 5: Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken 451

Schlusswort 452

ISBN

ISBN **978-3-033-10619-2**

Urheberrecht

Die Inhalte dieses Fachbuchs sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt bei Matthias Hallwyler.

Der Inhalt darf nicht ohne vorherige Zustimmung des Autors kopiert, weitergegeben oder weiterverkauft werden.

Normen

Dieses Fachbuch wurde nach bestem Wissen entsprechend den geltenden Normen angefertigt.

Für Fehler übernimmt der Verfasser keine Haftung. Im Zweifelsfall gelten die entsprechenden Normen:

Deutschland: https://www.dke.de/de/arbeitsfelder/core-safety/din-vde-0100-normenreihe-sicherheit-schutz-elektroinstallation

Österreich: https://www.ove.at/ove-standardization/produktprogramm/fachbuecher/ove-e-8101

Schweiz: https://shop.electrosuisse.ch/de/normen-und-produkte/produkte/nin-produkte/

Über den Autor

Mein Name ist Matthias. Ich habe 1999 meine Ausbildung zum Elektriker begonnen und verfüge über mehr als 20 Jahre Berufserfahrung.

Als Gründer von Elektricks.com teile ich schon seit über 15 Jahren Informationen rund um das Thema Elektrik.

Aufgrund der vielen Rückmeldungen und des Interesses an den Inhalten meiner Webseite habe ich mich entschieden, dieses Fachbuch zu schreiben.

Über das Buch

Speziell geht es um den Ablauf vor, während und nach der Elektroinstallation.

Es handelt sich um einen Leitfaden, der die Installation von Anfang bis Ende beschreibt.

Begonnen mit ein paar ausgewählten Grundlagen geht es direkt weiter zur Planung.

Anhand der Planung wird dann eine Bespielinstallation umfangreich erklärt, bis hin zur Endkontrolle und schlussendlich zur Sicherheit, die beim Umgang mit Elektrizität sehr wichtig ist.

Dazwischen sind noch ein paar Exkurse, die aber informationstechnisch zum Ablauf gehören und zur besseren Informationsaufnahme dienen.

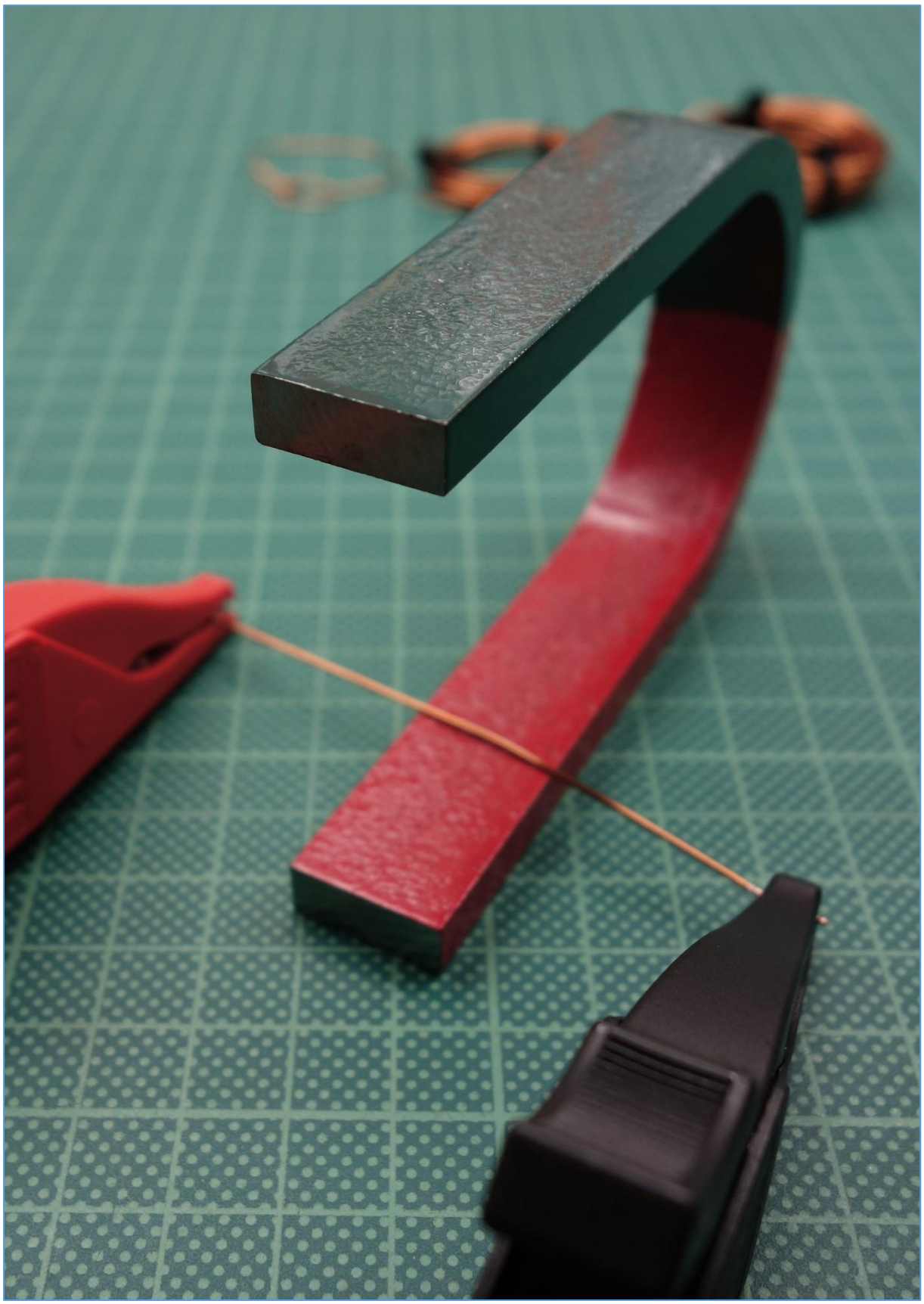
Ich empfehle, dieses Buch mehrmals durchzulesen, um den besten Lerneffekt zu erreichen.

Mein Ziel bestand darin, ein Fachbuch zu erstellen, das den komplexen Prozess einer Elektroinstallation in praxisnaher und verständlicher Weise darstellt.

Ich wünsche viel Spaß beim Lesen und hoffe, interessante Einblicke zu bieten.

Dies ist sowohl für Anfänger als auch für Experten zur Wissensauffrischung gedacht.

1.0 Elektrik Grundlagen



1.1 Was ist elektrischer Strom?

Zuerst geht es um die Frage aller Fragen, was ist denn eigentlich **elektrischer Strom**?

Um den elektrischen Strom besser zu verstehen, ist es wichtig, sich zunächst mit dem Aufbau eines Atoms zu befassen.

Das **Atom** hat nämlich sehr viel mit dem elektrischen Strom und dem elektrischen Leiter zu tun.

Der Aufbau eines Atoms

Atome sind auch unter dem besten Mikroskop nicht zu sehen, man benutzt daher zur Erklärung ein **theoretisches Model**.

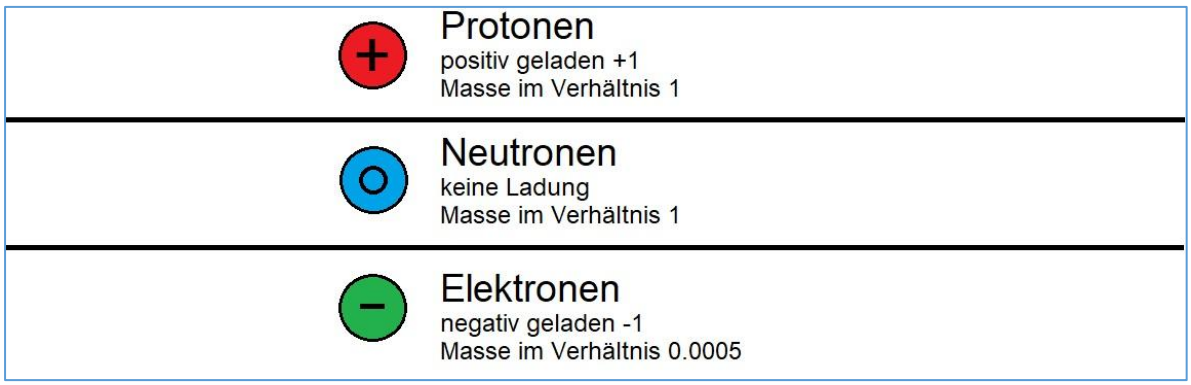


Bild 1

Ein Atom besteht aus **Protonen**, **Neutronen** und **Elektronen** *(Bild 1)*. Diese einzelnen Teile werden durch mechanische und elektrische Kräfte zusammengehalten. Dabei ziehen sich Massen und ungleiche Ladungen gegenseitig an.

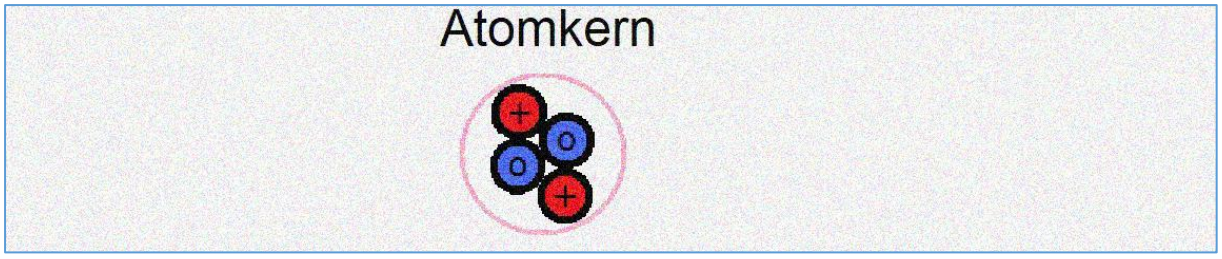


Bild 2

Das ist der Kern eines Atoms, der sogenannte **Atomkern** besteht aus **Protonen** und **Neutronen** *(Bild 2)*.

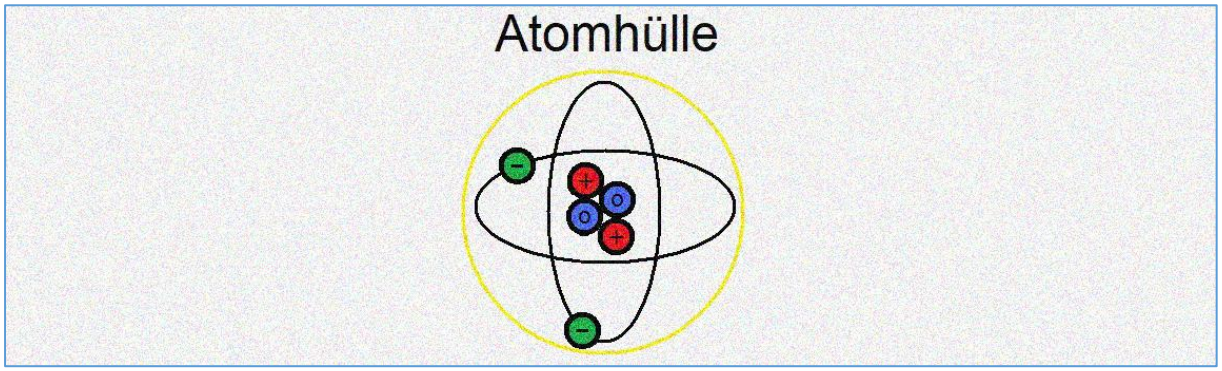


Bild 3

Die **Atomhülle** besteht aus vergleichbar viel leichteren, sehr schnell um den Kern laufenden **Elektronen**, die negativ geladen sind *(Bild 3)*.

Man kann sich den Atomkern auch als Sonne vorstellen, um den sich die Erde (Elektron) in einer Umlaufbahn dreht.

Atome gibt es in verschiedenen Arten, diese «Elemente» unterscheiden sich in der Anzahl der im Kern enthaltenen Protonen.

Im Periodensystem ist die Anzahl der Protonen anhand der Ordnungszahl abzulesen.

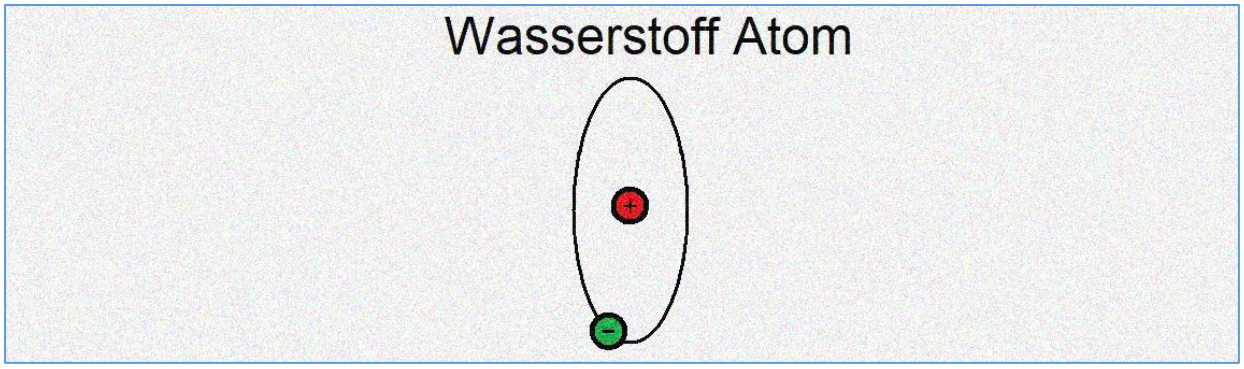


Bild 4

Zu Erklärung eignet sich das Wasserstoff Atom besonders gut. Wasserstoff ist das einfachste Atom, es hat die Ordnungszahl 1 und besitzt daher auch nur ein einziges **Proton** *(Bild 4)*.

Die Art eines Elements wird also nur durch die Anzahl der Protonen definiert. Alle Elemente im Periodensystem sind neutral geladen.

Neutrale Ladung bedeutet, dass sich die positiv und negativ geladenen Teile, also Protonen und Elektronen gegenseitig aufheben.

Man kann also immer ein Proton mit einem Elektron «streichen», sind am Ende keine geladenen Teile übrig, ist das Atom neutral geladen.

Warum leitet ein Metall Strom?

In Metallen sind die Atome dicht aneinandergedrückt. Aus diesem Grund ist es möglich, dass **Elektronen** das Atom verlassen können und zu einem sogenannten **freien Elektron** werden.

Dies geschieht bei Elektronen, die sich auf der Außenschale eines Atoms bewegen.

Das Elektron bewegt sich so nahe am benachbarten Atomkern, dass die Entfernung gleich groß ist wie zum eigenen Atomkern.

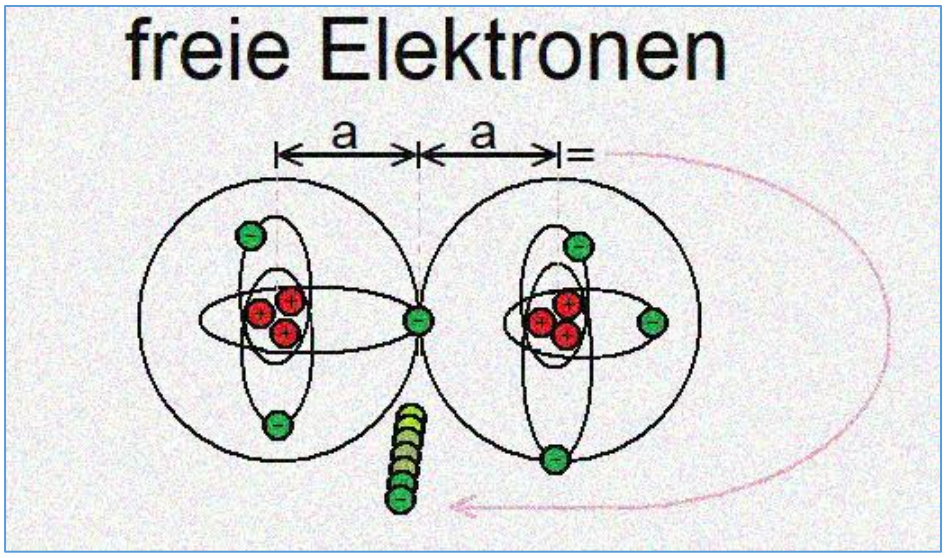


Bild 5

Die Anziehungskräfte der Kerne heben sich in diesem Fall auf und das Elektron kann sich von den beiden Atomen entfernen und sich frei im Metall bewegen *(Bild 5)*.

Sobald sich diese freien Elektronen in einem Leiter bewegen, spricht man von elektrischem Strom.

Die Elektronen fließen nicht sehr schnell, doch sie „drücken“ sich nacheinander durch den Leiter.

In der Elektroinstallation verwendet man hauptsächlich **Kupfer** als elektrischer Leiter. Dieses Metall hat sich durch seine diversen positiven Eigenschaften durchgesetzt.

Stromerzeugung durch Induktion

Elektrischer Strom entsteht durch die Bewegung freier Elektronen in einem Leiter. Dazu wird ein Stromerzeuger benötigt.

Es gibt verschiedene Stromerzeuger; ein häufiger Vertreter ist der **Generator**, der mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt.

Die Strom- oder Spannungserzeugung entsteht durch die sogenannte **Induktion**.

Voraussetzungen, um Spannung durch Induktion zu erzeugen, ist ein **elektrischer Leiter** und ein **Magnetfeld**.

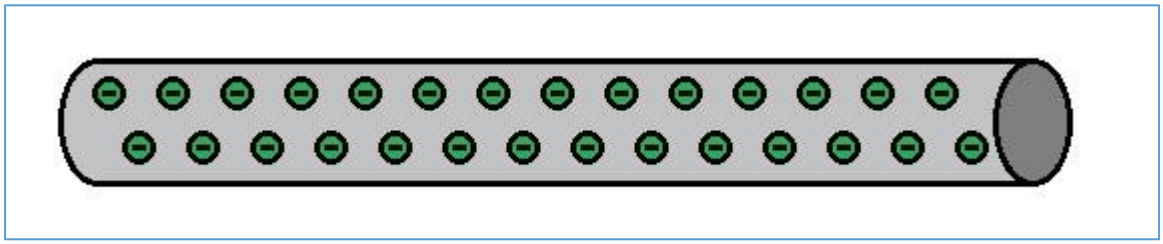


Bild 6

Das ist eine Zeichnung von einem Stück Draht, sie zeigt die freien Elektronen, welche im Leiter gleichmäßig verteilt sind. Den Elektronen scheint es da zu gefallen, wo sie sich befinden *(Bild 6)*.

Wird dieser Draht nun durch ein Magnetfeld bewegt, bewegen sich auch die Elektronen im Leiter. Die Elektronen werden dabei entlang der Längsachse abgeleitet.

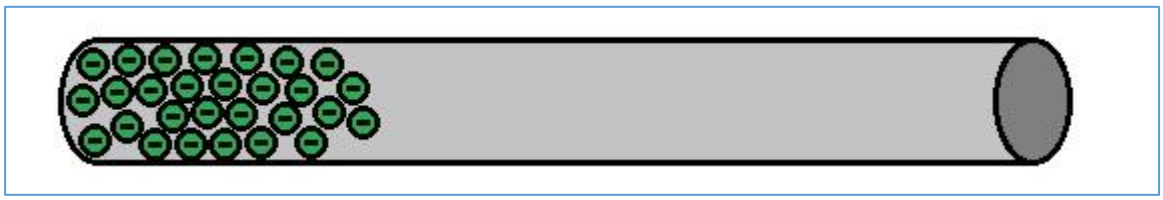


Bild 7

Darum sammeln sich die Elektronen auf der einen Seite des Leiters. Hier entsteht nun ein sogenannter **Elektronenüberschuss** *(Bild 7)*.

Auf der anderen Seite des Drahtes fehlen die Elektronen, hier spricht man von einem **Elektronenmangel**.

Während sich der Draht innerhalb dieses Magnetfeldes bewegt, sind die Elektronen gezwungen, sich entsprechend den Bewegungen des Magnetfeldes auf einer Seite des Leiters zu sammeln.

Wird der Leiter nicht mehr im Magnetfeld bewegt, verteilen sich die Elektronen wieder zurück zur Anfangsposition. **Die Elektronen haben also einen «Impuls» sich auszugleichen.**

Wir nutzen diesen Impuls der Elektronen, indem wir ihnen die Möglichkeit geben, sich auszugleichen. Dabei müssen sie jedoch einen bestimmten Pfad durchlaufen, beispielsweise durch eine Glühbirne, um Licht zu erzeugen.

Um diese Theorie zu beweisen, habe ich selbst einen Versuch gestartet und einen Leiter durch ein Magnetfeld bewegt, um zu sehen, ob ich Spannung produzieren kann.

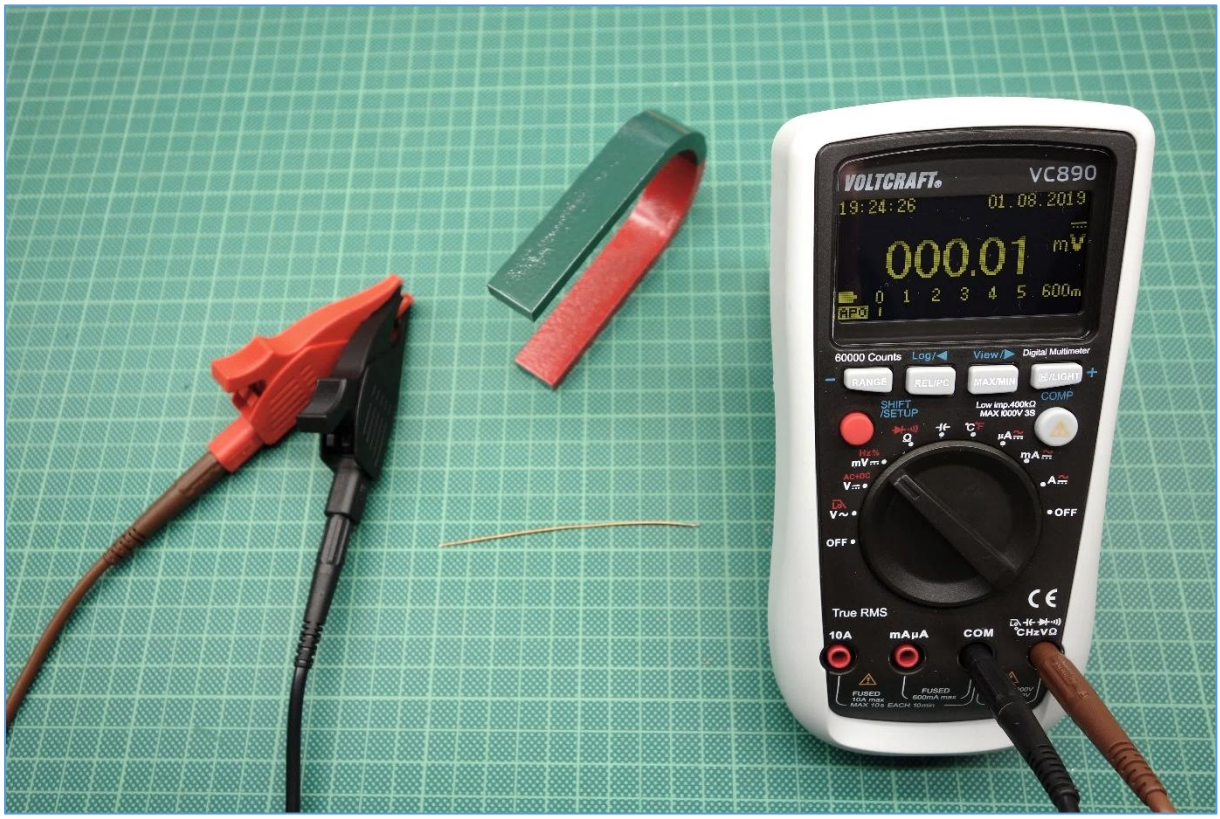


Bild 8

Dazu brauche ich lediglich einen Magneten, einen Draht und ein Multimeter mit mV (Millivolt) Anzeige *(Bild 8)*.

Wenn ich den Draht durch das Magnetfeld führe, bewegen sich die Elektronen.

Beim Vor- und Zurückbewegen des Drahtes sammeln sich die Elektronen abwechselnd auf beiden Seiten aufgrund des Magnetfelds.

Durch dieses Alternieren, entsteht einmal eine positive und einmal eine negative Spannung. Ich greife hier etwas vor: Dieses Verhalten nennt man **Wechselspannung**.

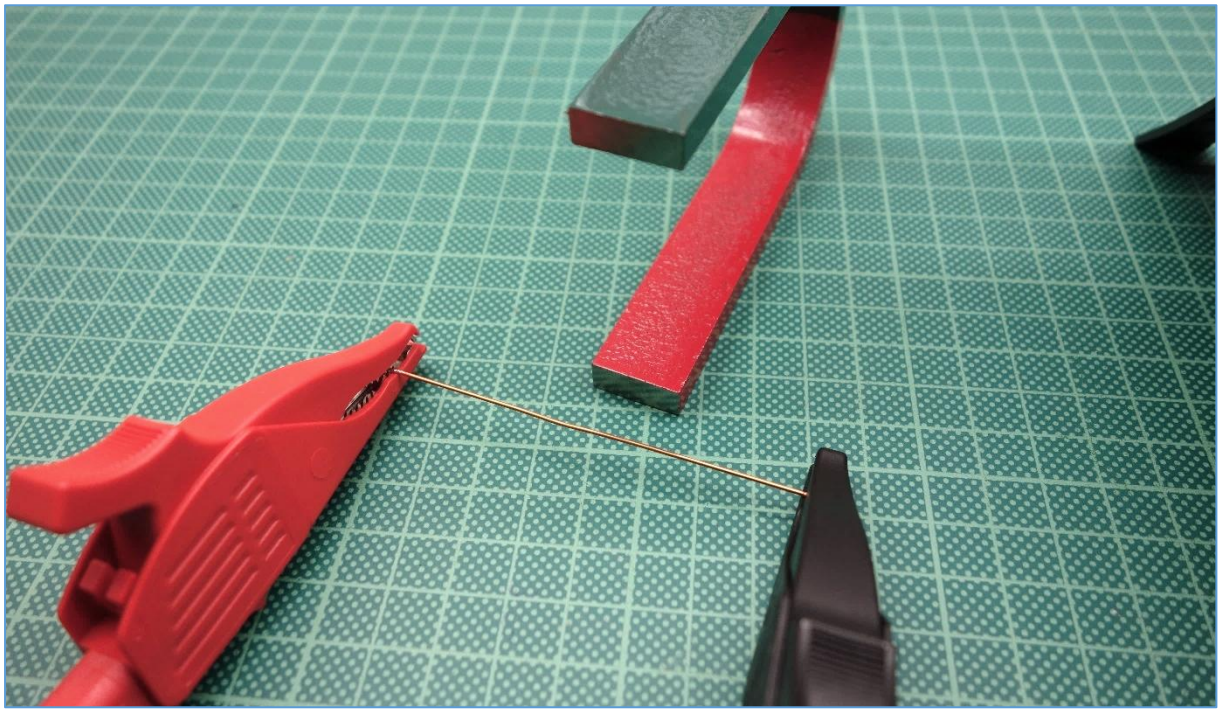


Bild 9

Um den Versuch nun durchzuführen, schließe ich die beiden Enden des Drahtes an mein Multimeter an, das auf Millivolt eingestellt ist. Diese Einstellung ist erforderlich, da nur eine sehr geringe Spannung erzeugt wird (*Bild 9*).

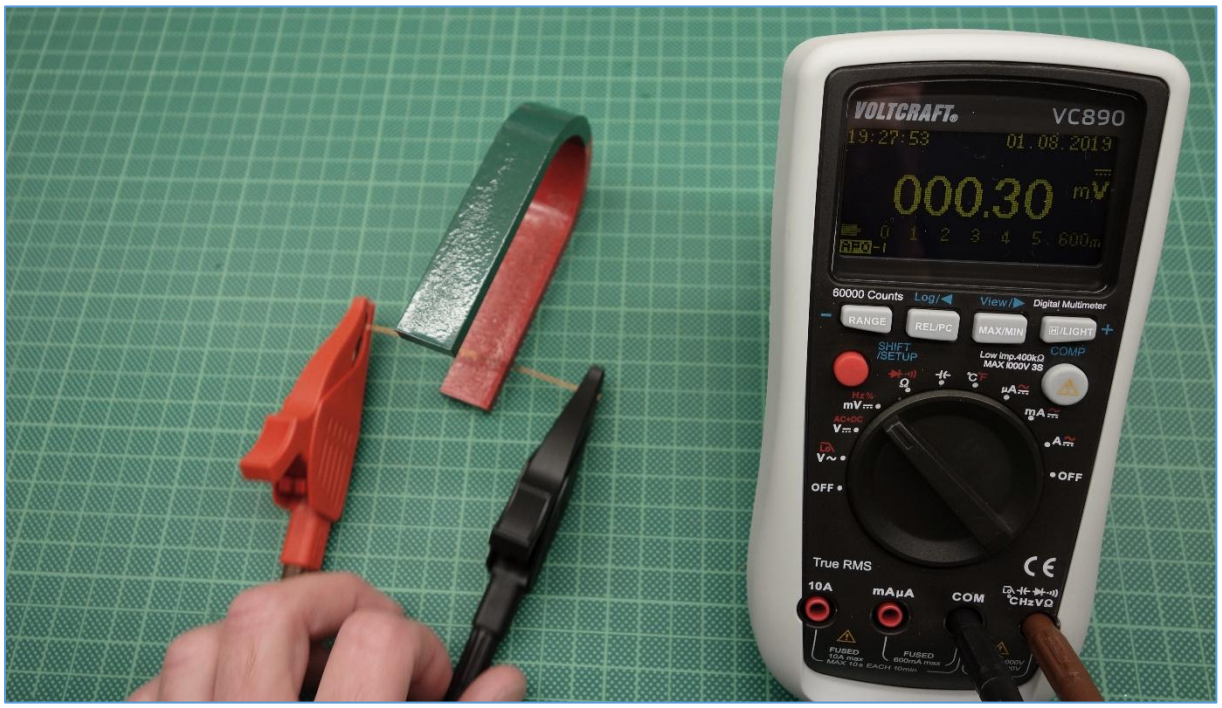


Bild 10

Ich bewege nun den Draht durch das Magnetfeld. Je schneller ich den Draht bewege, je höher wird die Spannung. Ich erreiche aber gerade mal 0.3 mV, das ist nicht gerade viel (*Bild 10*).

Der Stromkreis

Was genau geschieht in diesem Stück Kupfer, wodurch eine Spannung messbar wird?

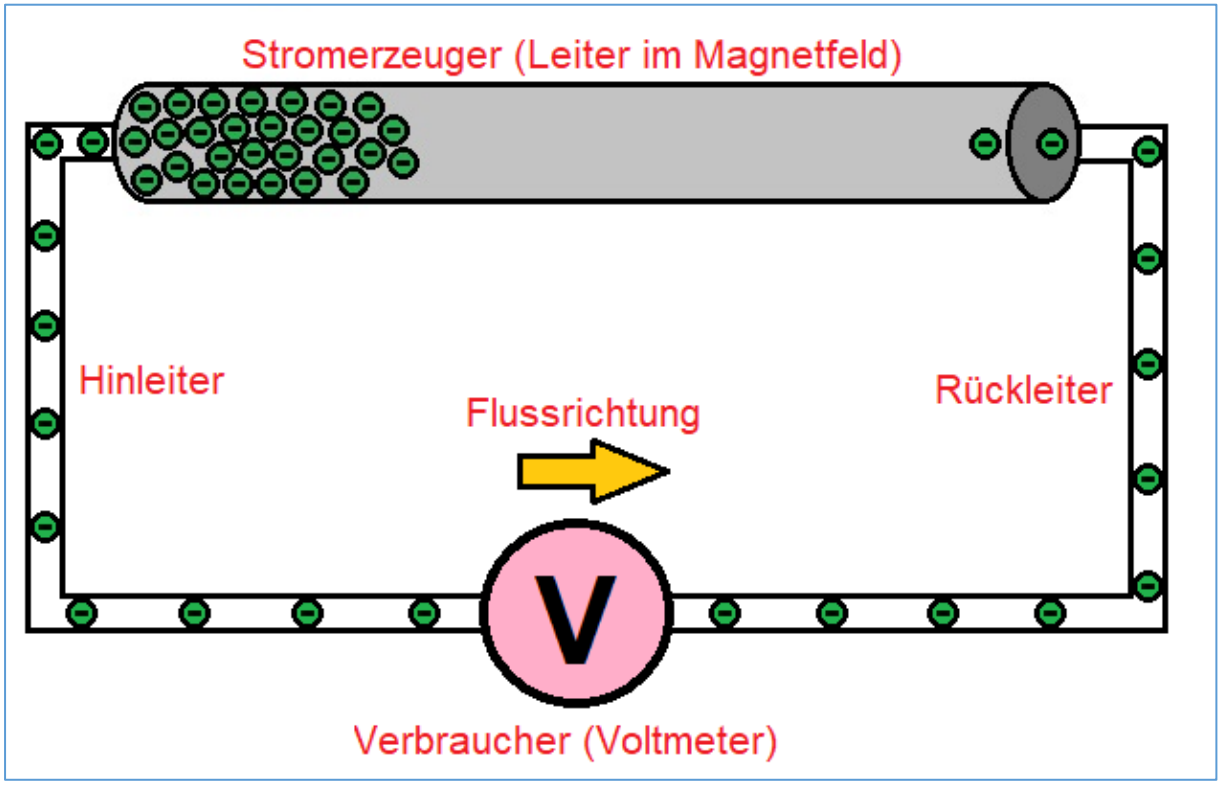


Bild 11

Durch den Anschluss an das Messgerät wurde ein Stromkreis geschaffen. **Strom kann nur fließen, wenn der Stromkreis geschlossen ist**.

Voraussetzungen für einen Stromkreis ist ein **Stromerzeuger**, ein **Stromverbraucher** und eine **Hin- und Rückleitung**.

Wie bereits erwähnt, haben die Elektronen den Drang, den Elektronenmangel in der Stromquelle auszugleichen.

Durch die **Hinleitung** über den **Verbraucher** (Voltmeter) und schlussendlich über den **Rückleiter**, finden die Elektronen den Weg zur Stromquelle zurück (*Bild 11*).

Durch eine **schnellere Bewegung** des Leiters im Magnetfeld, kann die Spannung **erhöht** werden.

Zusätzlich bestehen weitere Methoden zur Erzeugung einer höheren Spannung.

Durch **Erhöhen der Windungszahl** des Leiters sollte dies möglich sein. Das werde ich in einem weiteren Versuch testen.

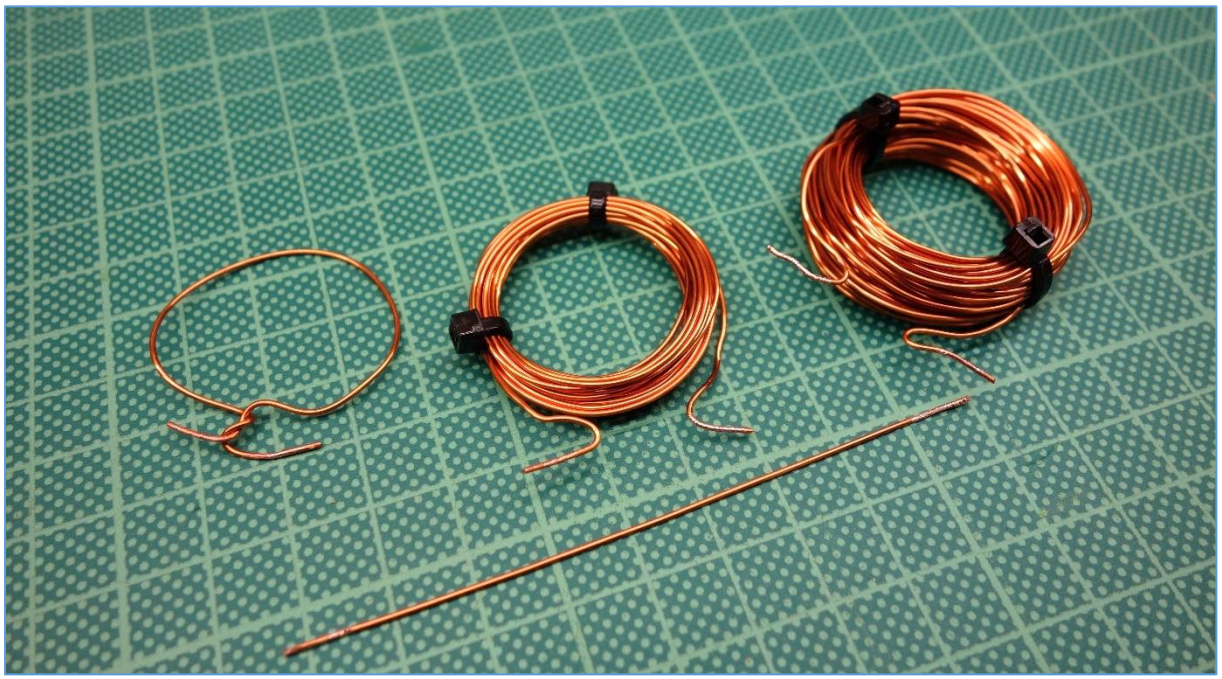


Bild 12

Um die Anzahl der Windungen zu erhöhen, habe ich **Spulen** aus isoliertem Draht gewickelt *(Bild 12)*.

Der Lackdraht ist ein Kupferdraht, der durch eine Lackschicht isoliert wird. Im Gegensatz zu einem gewöhnlich isolierten Draht ist diese Isolierung sehr dünn und ermöglicht so eine enge Spulenwicklung.

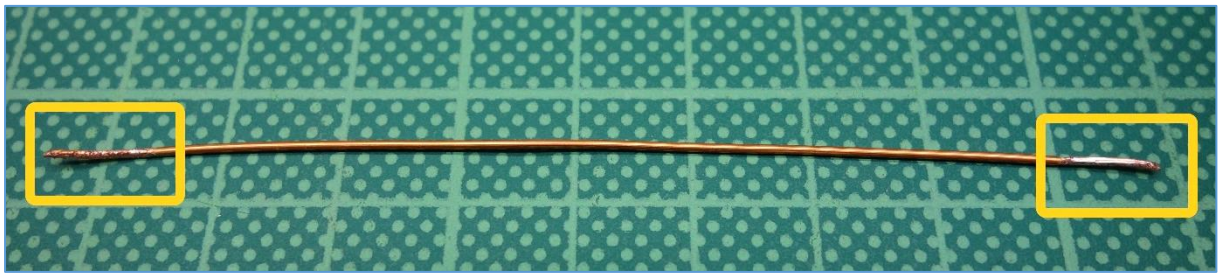


Bild 13

An den Drahtenden muss der Lack entfernt werden, um Kontakt mit der Messspitze, bzw. mit dem Messgerät herzustellen *(Bild 13)*.

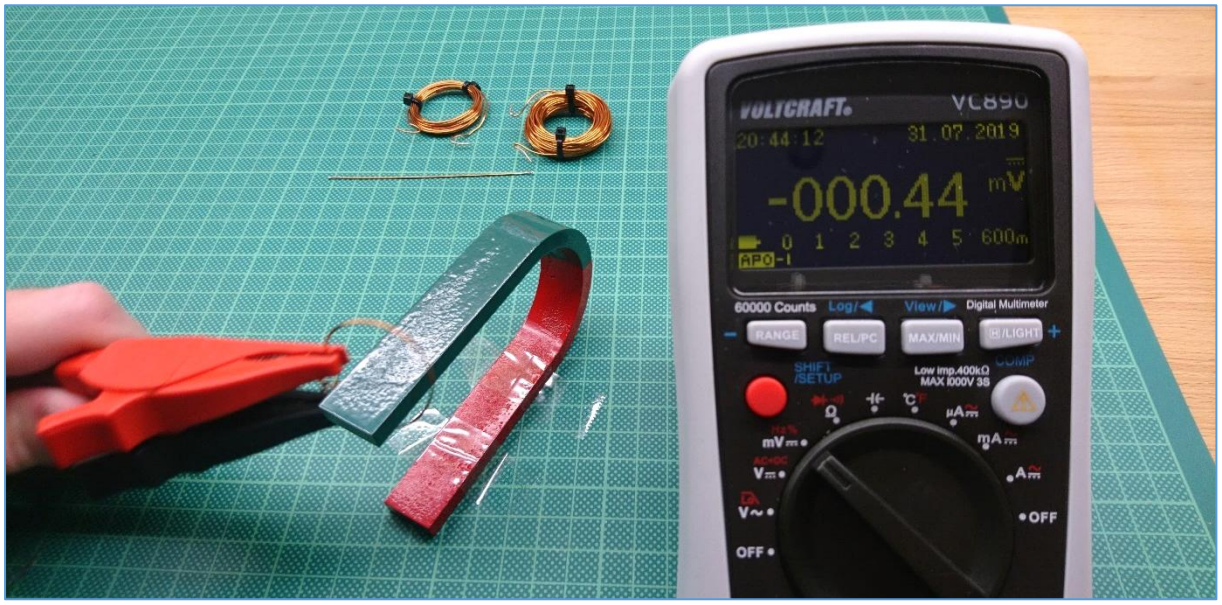


Bild 14

Ich beginne mit einer einfachen Wicklung. Dabei bemerke ich kaum einen Unterschied in der Spannungserzeugung im Vergleich zur ersten Eindraht-Variante *(Bild 14)*.

Dazu ist zu erwähnen, dass die Anzeige der Spannung nicht einfach abzulesen ist, da ich durch das Hin- und Herbewegen des Leiters im Magnetfeld ständig die Stromrichtung ändere.

Ergebnis: 0.44 mV

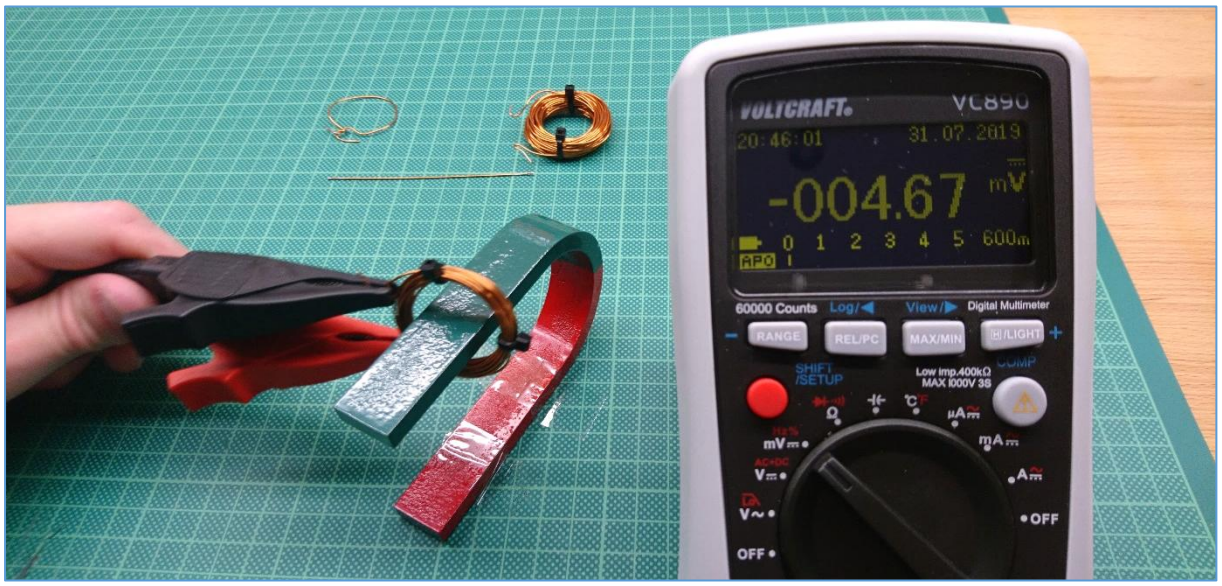


Bild 15

Bewege ich eine Spule mit ca. 20 Windungen durch das Magnetfeld, erreiche ich eine wesentlich höhere Spannung *(Bild 15)*.

Ergebnis: 4.67 mV

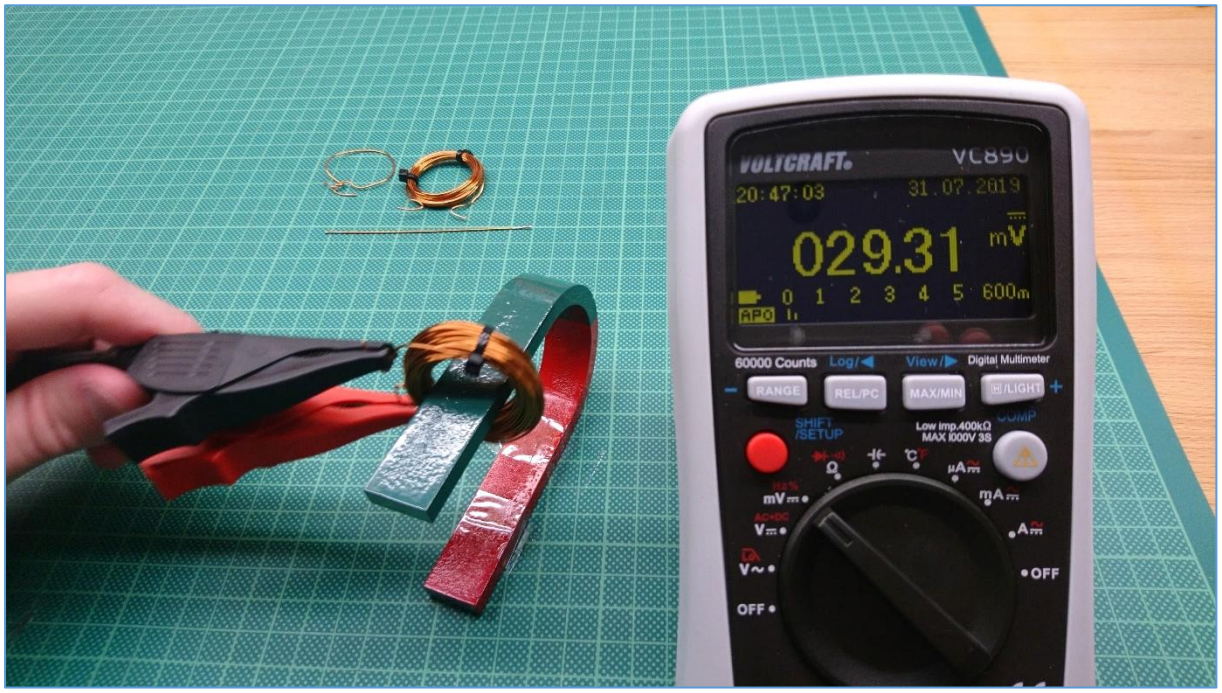


Bild 16

Bei der Spule mit 60 Windungen, erreiche ich nochmal eine höhere Spannung (*Bild 16*).

Ergebnis: 29.31 mV

Bei der Spannungserzeugung durch Induktion lässt sich durch die **Erhöhung der Windungsanzahl** auch die Spannung erhöhen.

Auch **die schnellere Bewegung** durch das Magnetfeld hat einen Einfluss auf die Spannung.

Durch das Einfügen **eines Eisenkerns** in die Spule sowie die Verwendung eines **stärkeren Magneten** kann ebenfalls eine höhere Spannung erzielt werden.

Wie man im meinem Youtube Video sieht, zeigt das Messgerät nicht immer sauber die Spannung an. Das liegt unter anderem auch daran, dass sich die Polarität der Spannung bei jeder Bewegung der Spule im Magnetfeld ändert.

Einmal wird eine positive Spannung angezeigt und dann sofort wieder eine negative Spannung. Im Prinzip spricht man hier von einer sogenannten **Wechselspannung**.

Video: Stromerzeugung durch Induktion

QR-Code oder Link zum Video:
https://www.youtube.com/watch?v=B3HaUifPY7E
https://www.youtube.com/watch?v=B3HaUifPY7E

Genau dasselbe passiert in einem Generator, es wird Wechselspannung erzeugt.

1.2 Wechselspannung

Im Gegensatz zu meinem ersten Versuch, einen Leiter durch ein Magnetfeld zu bewegen, wird die Wechselspannung, die unser Stromnetz speist, durch eine **rotierende Bewegung** erzeugt.

Hier spricht man von einem **Generator**. Dieser funktioniert im Prinzip auf ähnliche Weise wie zuvor beschrieben, jedoch sind alle Komponenten so gebaut und angeordnet, dass eine effiziente Spannungserzeugung ermöglicht wird.

Durch die rotierende Bewegung im Generator werden die Elektronen der Stromquelle rasch **hin und her** gejagt.

Die Elektronen bewegen sich in einem Wechselstromkreis ständig hin und her.

In unserer elektrischen Energieversorgung kommt es zu einem Wechsel der Spannung mit einer Frequenz von 50-mal pro Sekunde. Man spricht hier von **50 Hertz** (Hz).

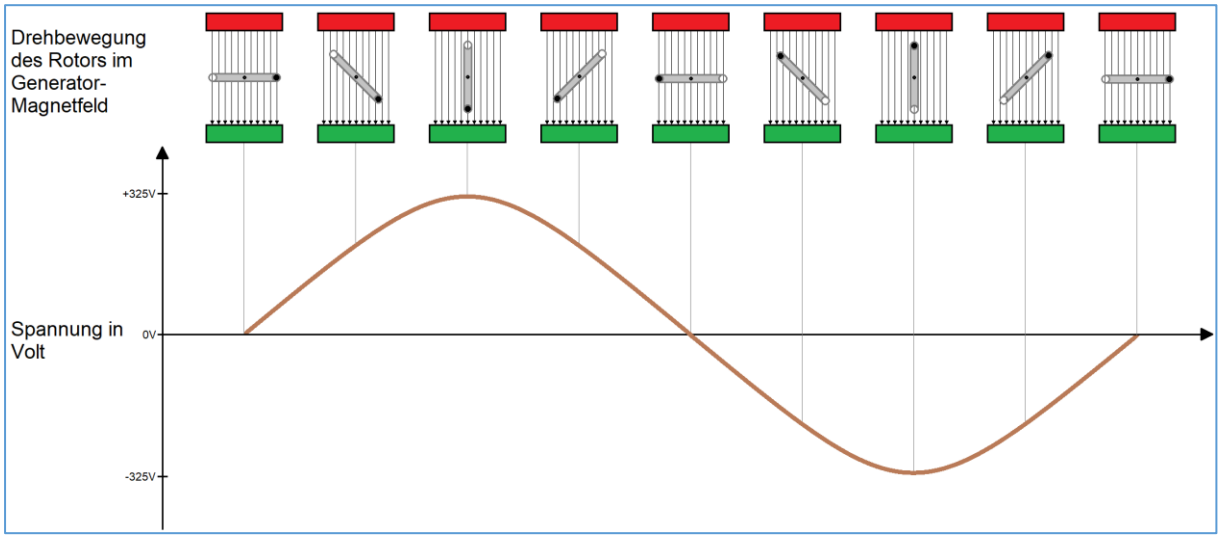


Bild 17

Diese Zeichnung *(Bild 17)* zeigt die **Drehbewegung** vom Wechselstromgenerator in einem Magnetfeld.

Im Gegensatz zu meinem früheren Versuch bewegt sich die Leiterspule jetzt drehend im Magnetfeld.

Dies ist effizienter und kann beispielsweise direkt von einem Windrad übernommen werden.

Anhand der **braun** eingefärbten Kurve (Sinuskurve) ist zu sehen, wie sich die **Spannung** dazu verhält.

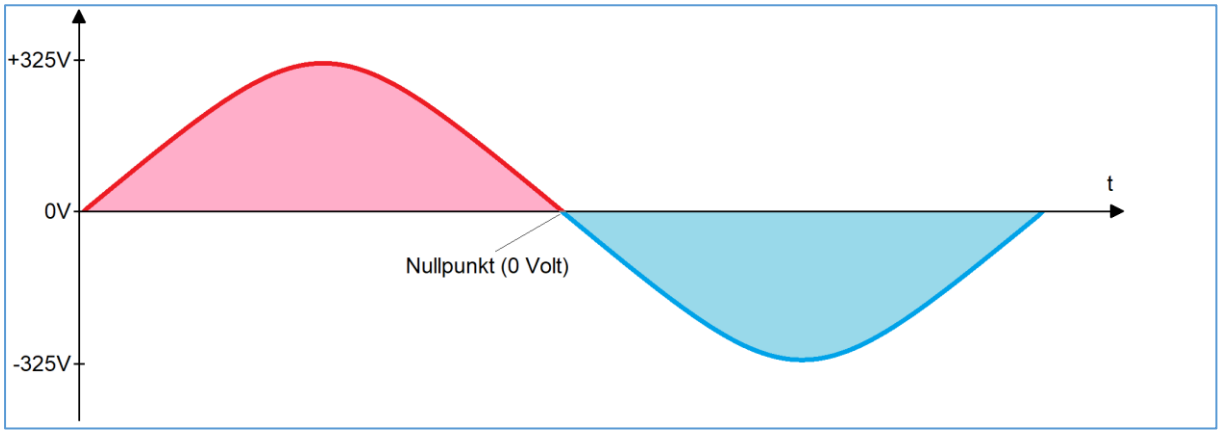


Bild 18

Damit die in unserem Netz üblichen 230V (V = Volt) Spannung erzeugt werden kann, wird an der **positiven Halbwelle** maximal 325V erzeugt, danach sinkt die Spannung wieder ab und erreicht den sogenannten Nullpunkt (0V). In diesem Moment wird effektiv 0V gemessen *(Bild 18)*.

Theoretisch kann man in diesem kurzen Moment die Leitung anfassen, ohne einen Stromschlag zu erleiden.

Im weiteren Verlauf der **negativen Halbwelle** wird eine negative Spannung mit einem Maximum von -325V erreicht.

Dieser Vorgang geschieht 50-mal pro Sekunde, also mit einer Frequenz von 50 Hertz.

Bei der Messung der Spannung am Generator wird ein Wert von **230V** angezeigt. Dies entspricht dem **Effektivwert**, also der tatsächlich erreichten Spannung.

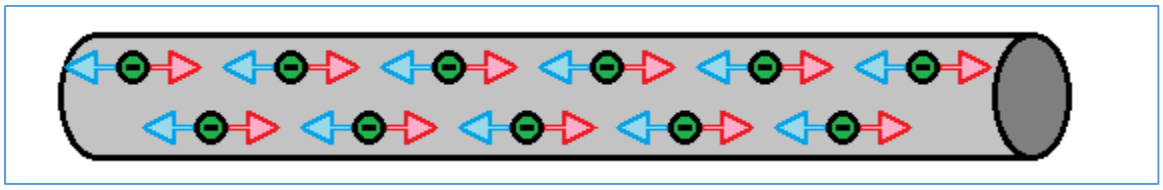


Bild 19

Bei Wechselspannung bewegen sich die Elektronen ständig hin und her, ohne weit in eine Richtung zu wandern. Klingt verwirrend, oder?

Hier hilft es, sich einfach eine Rohrleitung vorzustellen. Diese Leitung ist vollständig mit Kugeln gefüllt, die als Elektronen dargestellt werden *(Bild 19)*.

Unabhängig von der Länge der Leitung kommen genauso viele Kügelchen heraus, wie man hineinsteckt. Dieser „Impuls“ wird unverzüglich weitergeleitet, selbst über große Entfernungen hinweg.

Der Generator überträgt die Schwingung der Elektronen bis nach Hause. Beim Verbraucher wird diese Schwingung in Energie wie Wärme umgewandelt.

1.3 Gleichspannung

Obwohl der Schwerpunkt auf Wechselspannung liegt, ist es sinnvoll, auch eine kurze Erklärung zur Gleichspannung zu geben.

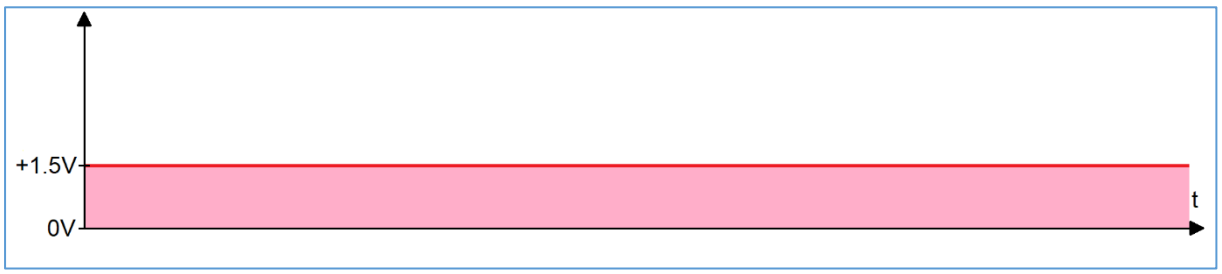


Bild 20

Bei Gleichspannung bleibt die Spannung konstant **positiv**. Daher bewegen sich sämtliche Elektronen in **eine Richtung**. *(Bild 20, 21)*

Ein Beispiel für einen Gleichspannungserzeuger ist eine handelsübliche Batterie, die eine Spannung von normalerweise 1,5 V liefert.

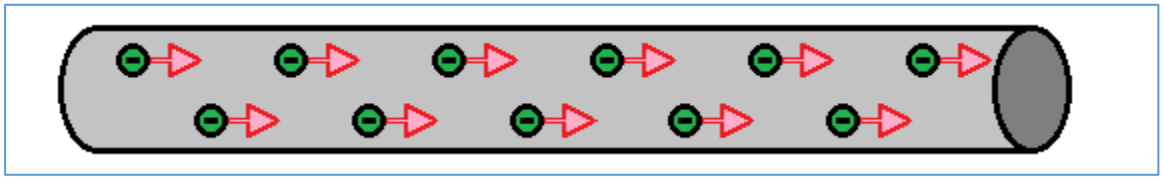


Bild 21

Gleichspannung kann im Gegensatz zu Wechselspannung **nicht transformiert** werden.

Da Transformatoren verlustarmen Energie-Transport ermöglichen, setzte sich Gleichspannung anfangs nicht für weite Strecken durch.

Dennoch werden viele der Geräte, die wir täglich verwenden, mit Gleichstrom betrieben. Netzteile wandeln Wechselspannung in Gleichspannung um *(Bild 22)*.

Bild 22

Dabei wird meistens die Wechselspannung in einem Netzteil auf eine kleine Spannung transformiert und mit einem sogenannten Gleichrichter in Gleichspannung umgewandelt.

1.4 Die Spannung

Beispiel: 230 Volt oder 230V

Spannung wird in Volt (Formelzeichen U) angegeben und definiert sozusagen den Druck oder die Kraft, mit dem die Elektronen durch den Leiter befördert werden. Elektrische Spannung ist ab einem Wert von 50V Wechselspannung lebensbedrohlich!

Die Spannung allein liefert keine Informationen über die Leistung einer Stromquelle. Ein Piezofeuerzeug kann beispielsweise eine Spannung von bis zu 15.000 V erzeugen, um einen Funken zu produzieren, der das Gas entzündet.

Doch da die Stromstärke sehr gering ist, ist auch die Leistung, welche sich aus dem Produkt von Spannung und Strom ergibt, sehr klein.

Unser Stromnetz, an das wir alle unsere Geräte anschließen, liefert eine Spannung von **230 Volt**. Zusätzlich gibt es noch 400 Volt, aber darauf komme ich später noch zurück.

Im Niederspannungsnetz bleibt die Spannung konstant, im Gegensatz zur Stromstärke.

Die Steckdose in einem Wohnhaus liefert stets 230 Volt. Es kann kleine Schwankungen von 1-5 Volt geben, aber der Wert bleibt im Wesentlichen **konstant**.

Jedes Gerät ist auf eine gewisse Spannung ausgelegt. Gibt man diesem Gerät eine zu tiefe oder zu hohe Spannung, funktioniert es nicht oder wird sogar zerstört.

Der Netzbetreiber ändert nie die Spannung an der Steckdose. Blitzeinschläge können jedoch Überspannung und daraus resultierende Schäden verursachen.

Universalnetzteil und verschiedene Spannungen

Bild 23

Zu diesem Thema ist das **Universalnetzteil** *(Bild 23)* relevant. Dieses erzeugt zwar Gleichspannung, aber es geht um das Prinzip.

Mitgeliefert sind diverse Stecker für alle möglichen Anschlüsse. Die Ausgangsspannung kann mit dem gelben Drehregler eingestellt werden.

Sinn und Zweck dieser Spannungsquelle ist es, verlorene, oder nicht auffindbare Netzteile mit diesem universell einsetzbaren Gerät zu ersetzen.

Wenn jedoch eine zu hohe Spannung eingestellt wird, kann das angeschlossene Gerät beschädigt werden.

Ist die Spannung zu niedrig eingestellt funktioniert es nicht.

Elektrogeräte sind nicht dafür ausgelegt, mit unterschiedlichen Spannungen betrieben zu werden. Dasselbe ist auch bei der Wechselspannung der Fall.

Merke: Die Spannung in unserem Energieversorgungsnetz bleibt immer konstant.

Höhere Spannungen als 230/400V gibt es beispielsweise in der **Industrie**, beim **Bahnbetrieb** und vor allem beim **Transport** von elektrischer Energie.

Dabei wird die Spannung nach der Stromerzeugung hochtransformiert, um einen verlustarmen Transport zu erreichen.

Hier sind Spannungen von 110, 220 oder gar 380 Kilovolt (380'000 Volt) möglich.

Die höheren Spannungen bleiben ebenfalls konstant.

1.5 Der Strom

Beispiel: 16 Ampere oder 16A

Strom wird in Ampere (Formelzeichen I) angegeben und bezeichnet die Elektronen, genauer die Menge der Elektronen, die in einer gewissen Zeit durch einen Leiter fließen.

Bei einer Spannung von 230V kann eine Stromstärke ab 5mA bereits gefährlich für den Menschen sein!

Anders als bei der Spannung, **ändert** sich die Stromstärke je nach Energieverbrauch von einem Verbraucher. Leistung setzt sich aus Spannung und Strom zusammen. Da sich beim Beispiel unserer Steckdose die Spannung nicht verändert, muss dies über die Stromstärke geschehen.

Beispiel:

- Eine 40 Watt Glühbirne genehmigt sich **0.17A** bei 230V
- Ein 3400 Watt Geschirrspüler nimmt sich **14,78A** bei 230V

Es fällt auf, dass diese beiden Geräte zwar mit 230V betrieben werden, jedoch einen signifikanten Unterschied in Bezug auf Stromstärke und die daraus resultierende Leistung aufweisen.

Man kann sich jetzt vorstellen, dass diese Geräte nicht mit demselben Leitungsquerschnitt betrieben werden sollten, aber warum?

Die Stromdichte

Die Wahl des **Leiterquerschnittes hängt nicht von der Spannung ab**, sondern von der Stromstärke.

Wenn ich einen Hausanschluss mit **40A** bei 230V realisiere oder einen Soundverstärker im Auto einsetze, welcher sich ebenfalls **40A** bei 12V genehmigt, bleibt der Querschnitt des Leiters aufgrund der identischen Stromstärke gleich, obwohl hier große Unterschiede bei der Leistung vorhanden sind:

- Hausanschluss: 40A x 230V = **9200 Watt**
- Soundverstärker: 40A x 12V = **480 Watt**

Je größer der elektrische Leiter, desto weniger Reibung erzeugen die Elektronen, da sie mehr Platz haben.

Wenn der Leiter kleiner wird, müssen die Elektronen schneller fließen, um in derselben Zeit das Ziel zu erreichen.

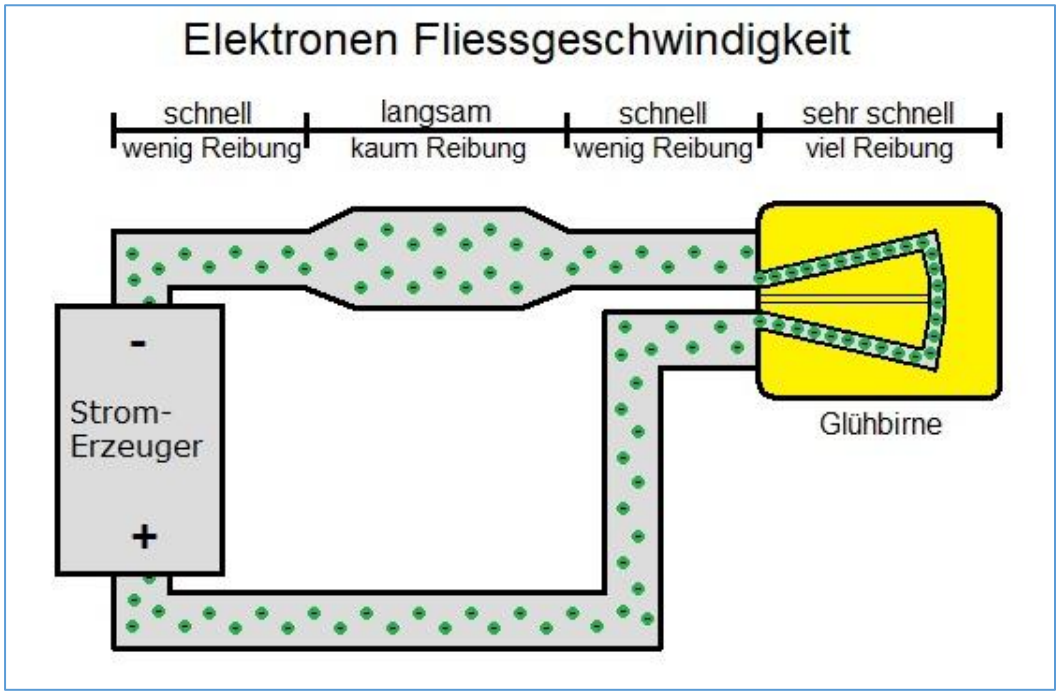


Bild 24

Hier ist ein Stromkreis mit drei verschiedenen Querschnitten zu sehen *(Bild 24)*.

- **Schnell, wenig Reibung:** Im ersten Abschnitt fließen die Elektronen schnell. Weil sie viel Platz im Leiter haben, entsteht auch nur wenig Reibung.

- **Langsam, kaum Reibung:** Im mittleren Abschnitt weist der Leiter einen noch größeren Querschnitt auf, hier können die Elektronen langsam fließen, es ist mehr als genug Platz vorhanden. Hier entsteht kaum Reibung.

- **Sehr schnell, viel Reibung:** Im dritten Abschnitt müssen sich die Elektronen durch einen sehr dünnen Draht einer Glühbirne zwängen, wodurch sie sich sehr schnell bewegen, was viel Reibung erzeugt. Der Draht fängt nun an zu glühen.

Dazu geschieht noch etwas Interessantes. Durch die Erzeugung von Wärme und Licht in der Glühbirne, wird die Energie der Elektronen abgegeben bzw. umgewandelt. Die Glühbirne ist also ein Verbraucher und wandelt elektrische Energie in Wärme und Licht um.

Wolframdraht hat im Vergleich zu Kupfer einen höheren Schmelzpunkt von 3422°C und wird zusätzlich durch ein Vakuum oder ein Schutzgas geschützt, um ein Schmelzen zu verhindern.

Die Kernaussage der Stromdichte ist, dass ein elektrischer Leiter einen **zur Stromstärke passenden Querschnitt haben muss**, um eine unerwünschte Erwärmung oder das Durchbrennen zu vermeiden.

Im Gegensatz zur Glühbirne, bei der das Glühen in einer sicheren Umgebung beabsichtigt ist, kann eine fehlerhafte Elektroinstallation erhebliche Schäden oder Brände verursachen.

Dem Verbraucher ist es egal, wie dick oder dünn der Leiter ist, er nimmt sich die benötigte Stromstärke.

Die Aufgabe des Elektrikers besteht darin, einen angemessenen Querschnitt der Leiter zu wählen, um Schäden zu vermeiden.

Die nachstehende Liste bietet einen ungefähren Überblick darüber, welcher Leitungsquerschnitt für welche maximale Stromstärke verwendet werden sollte. Im Zweifelsfall wird empfohlen, den Leitungsquerschnitt eine Stufe höher zu wählen.

Leiterquerschnitt in mm²	**Stromstärke in Ampere**
1,5 mm²	10/13 Ampere
2,5 mm²	16 Ampere
4 mm²	20 Ampere
6 mm²	25 Ampere
10 mm²	40 Ampere
16 mm²	63 Ampere
25 mm²	80 Ampere
35 mm²	100 Ampere

(alle Angaben ohne Gewähr!)

Die Wahl des Leiterquerschnitts unterliegt vielen Normen und Vorschriften, die Abklärung erfordert. Hierfür sollten die in der betreffenden Region geltenden Normen herangezogen werden.

Zu beachten sind unter anderem folgende Faktoren:

- Maximale Stromstärke
- Leitungslänge
- Verlegeart (in Rohren, einzelne Drähte, mehradrig usw.)

Universalnetzteil und Strom

Zum Abschluss des Themas Strom möchte ich noch kurz auf das Thema des universellen Netzteils im Zusammenhang mit dem Stromverbrauch eingehen.

Bild 25

Vor dem Kauf eines Netzteils ist es wichtig zu wissen, welche maximale Leistung das Gerät erbringen kann.

Angenommen, das Netzteil meiner externen Festplatte weist plötzlich einen Defekt auf.

Da es dringend ist, verwende ich mein Universelles Netzteil als Ersatz für das defekte Gerät. Einer der mitgelieferten Stecker passt, sodass die Inbetriebnahme erfolgen kann *(Bild 25)*.

Zunächst stelle ich die korrekte Spannung ein und verbinde den Stecker mit der Festplatte. Leider tritt jedoch keine Reaktion auf. Woran könnte das liegen?

Bild 26

Jedes Netzteil hat eine gewisse Leistung (Watt) resultierend aus Spannung mal Strom.

Wenn ich die Leistungsschilder der beiden Netzteile betrachte, stelle ich fest, dass mein Universalnetzteil lediglich **0.6A** bei 12V (7.2 Watt) liefert, während das Netzteil meiner Festplatte einen Strom von **1.6A** bei 12V (18 Watt) benötigt.

Das Ersatz-Netzteil liefert also **nicht genug Strom**, um meine Festplatte zu betreiben. Auch USB-Netzgeräte mit identischer Spannung sind mit verschiedenen Stromstärken erhältlich.

Die Leistungsangaben auf den Netzteilen sind unter **«Output»** oder **«Sec»** zu entnehmen *(Bild 26)*.

1.6 Die Leistung

Beispiel: 1 Watt oder 1W

Die elektrische Leistung (Formelzeichen P) ist das Produkt aus **Spannung** und **Strom**.

Die meisten Elektrogeräte besitzen ein sogenanntes Typenschild. Auf diesem sind je nach Gerät verschiedene Daten aufgeführt. Darunter auch die Leistung.

Viele Menschen, die sich noch nie mit diesem Thema beschäftigt haben, sind überrascht, wie viel Leistung bestimmte Geräte verbrauchen.

Es ist wichtig, sich der Geräte bewusst zu sein, die eine hohe Leistung und somit tendenziell auch einen hohen Energieverbrauch aufweisen.

Hier eine kleine Auflistung der durchschnittlichen Maximalwerte:

- PC-Monitor ca. 40 Watt
- alte Glühbirne alt ca. 60 Watt
- Leuchtstoffröhre ca. 50 Watt
- PC ca. 200 Watt
- Bohrmaschine ca. 600 Watt
- Kaffeemaschine ca. 1300 Watt
- Toaster ca. 1400 Watt
- Staubsauger ca. 1500 Watt
- Haartrockner ca. 1800 Watt
- Geschirrspüler ca. 2200 Watt

Geräte mit Heizfunktion erfordern eine beträchtliche Menge an Leistung. Es ist ratsam, ihren Einsatz effizient zu gestalten.

Energie

Energie ergibt sich aus der Multiplikation von **Leistung** und **Zeit**. Sie beschreibt, wie viel elektrische Leistung in einem bestimmten Zeitraum verbraucht wird.

Energie wird in Ws (Wattsekunden) Wh (Wattstunden) oder besser bekannt in kWh (Kilowattstunden) angegeben.

Der Stromverbrauch in Haushalten wird vom Stromzähler in Kilowattstunden (kWh) gemessen und abgerechnet.

Eine Person verbraucht durchschnittlich 1300 kWh im Jahr.

1.7 Der Widerstand

Beispiel: 1 Ohm oder 1Ω

Der Widerstand (Formelzeichen R) gibt an, wie stark die Elektronen gebremst werden. Dabei spielen Leiterquerschnitt, Leiterlänge, Umgebungstemperatur und die Zusammensetzung des Leiters eine Rolle (gut und schlecht leitende Leiter).

In einem Leiter fließen die Elektronen an den Atomen vorbei. Atome bewegen sich in diesen metallischen Leitern und dadurch werden die Elektronen gebremst.

Je nach Werkstoff werden die Elektronen stärker oder weniger stark gebremst. Man spricht hier also vom Widerstand oder vom Widerstandswert.

Bauteil Widerstand

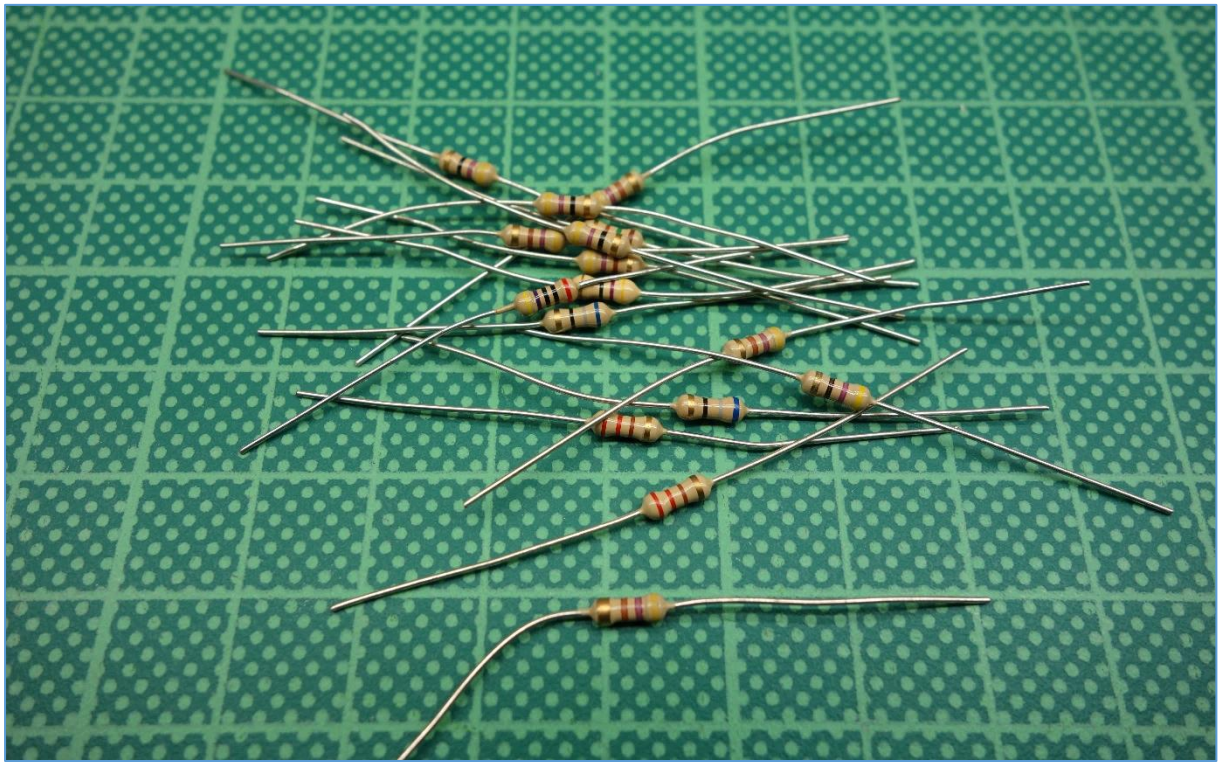


Bild 27

Ein weiteres Bauteil in der Elektrik oder Elektronik ist der Widerstand *(Bild 27)*. Dieser wird in verschiedene Schaltungen eingebaut und hat meist einen festen Widerstandswert, zum Beispiel 470 Ohm.

Dieser Widerstandswert kann anhand der Markierungen abgelesen oder mit einem Multimeter gemessen werden. Weitere Informationen dazu folgen später.

1.8 Einheiten und Formelzeichen

Um einige grundlegende Berechnungen durchführen zu können, habe ich eine Übersicht der wichtigsten Größen in der Elektrotechnik erstellt.

Spannung und Stromstärke

	Einheit	Formelbuchstaben
Spannung	Volt (V)	U
Strom	Ampere (A)	I

Der elektrische Widerstand

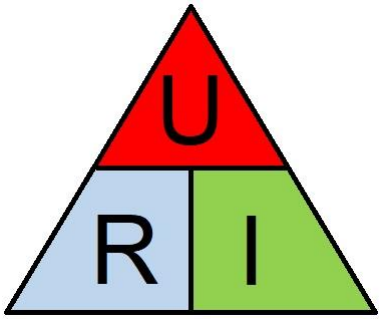
	Einheit	Formelbuchstaben
Widerstand	Ohm (Ω)	R

Leistung

	Einheit	Formelbuchstaben
Leistung	Watt (W)	P

1.9 Das ohmsche Gesetz

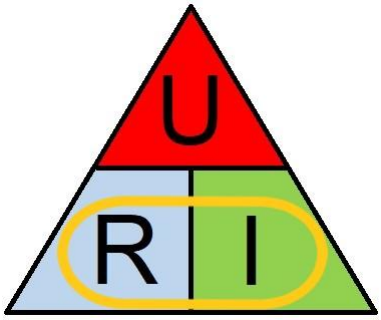
Mit den Formeln dieses Gesetzes lassen sich die drei Grundgrößen des Stromkreises berechnen, wenn mindestens zwei davon bekannt sind.



Dabei sollte man sich die Buchstabenfolge U oben und R, I darunter merken. Mit dieser pyramidenähnlichen Darstellung lassen sich die drei wichtigsten Formeln einfach ableiten.

Spannung berechnen:

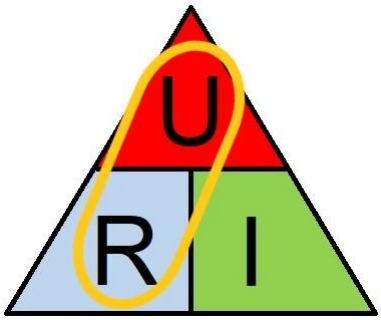
U=?



U=R·I

Strom berechnen:

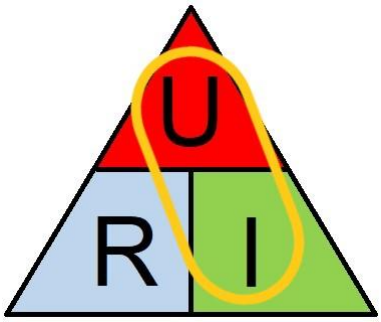
I=?



I=U/R

Widerstand berechnen

R=?



R=U/I

Leistung berechnen

Zum Berechnen der Leistung, lohnt es sich diese drei Formeln zu kennen:

P= U·I

I= P/U

U= P/I

Ein kleines Rechenbeispiel:

Eine Glühbirne verbraucht 60 Watt bei 230 Volt. Welcher Strom fließt durch sie und welchen Widerstand hat sie?

Bekannt sind P und U.

I= P/U

60/230 = **0,260 Ampere**

Da I bekannt ist, kann R berechnet werden. Wie funktioniert das noch einmal mit der Pyramide?

R=U/I

230/0,260 = **884,615 Ohm**

Es ist von wichtig, stets die gleiche Maßeinheit zu verwenden.

Daher dürfen Ampere nicht mit Millivolt oder Megaohm zusammengerechnet werden, sondern nur Ampere mit Volt und Ohm. Dieser Fehler passiert schneller als man denkt.

1.10 Wie kommt der Strom ins Haus?

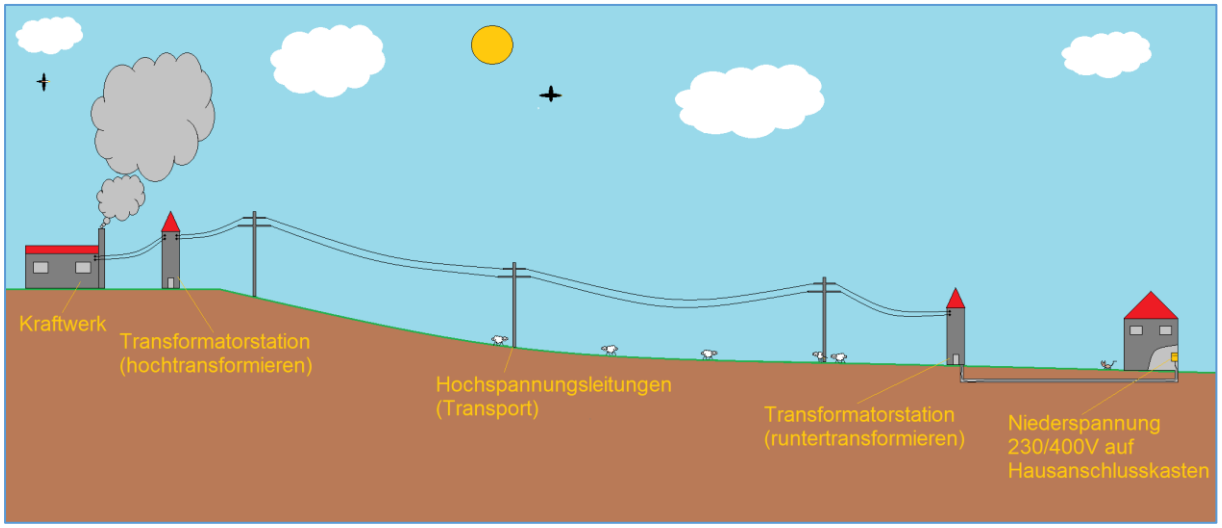


Bild 28

Bevor wir uns dem Thema der Elektroinstallation widmen, ist es wichtig, einen zentralen Aspekt zu klären: **Wie gelangt der Strom vom Kraftwerk in unser Haus** *(Bild 28)***?**

Produzieren und Hochtransformieren

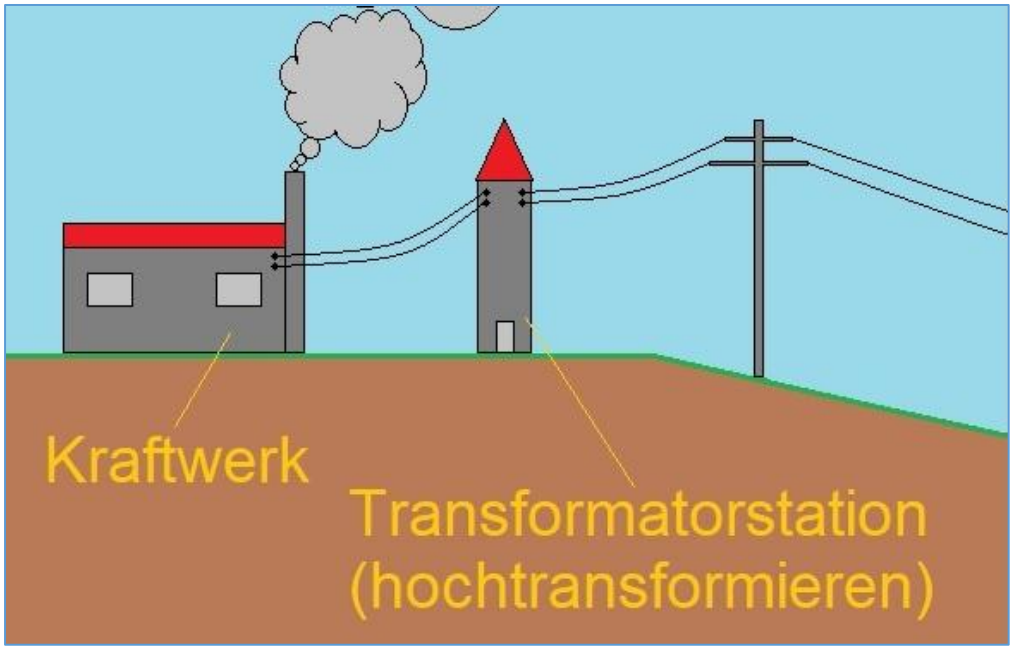


Bild 29

Zuerst muss der Strom natürlich produziert werden. Dies geschieht bekanntlich in einem **Kraftwerk** *(Bild 29)*.

Um den Strom verlustarm zu transportieren, wird er zuvor in einer sogenannten Transformatorstation **hochtransformiert**. Das bedeutet die Spannung wird erhöht und die Stromstärke reduziert.

Die Spannung wird dabei in 4 Stufen unterteilt:

Spannungsstärke	Einsatzgebiet
Höchstspannung: 220kV – 380kV	Überwindung von sehr großen Strecken, Anschluss von Großkraftwerken wie Braunkohle, Kernkraft, Steinkohle, Wasserkraft
Hochspannung: 110kV	Überwindung von mittleren Stecken, Anschluss von Industriekraftwerken, Versorgung von Großindustrie und kleinere Städte
Mittelspannung: 10kV – 30kV	Überwindung von kleineren Stecken, Versorgung von kleinen Ortschaften, kleine bis mittlere Industrieanlagen, Flughäfen, Krankenhäuser, Schulen usw.
Niederspannung 230V – 400V	Kleinste und endgültige Spannung, zur direkten Versorgung von Wohnhäusern

Transportieren

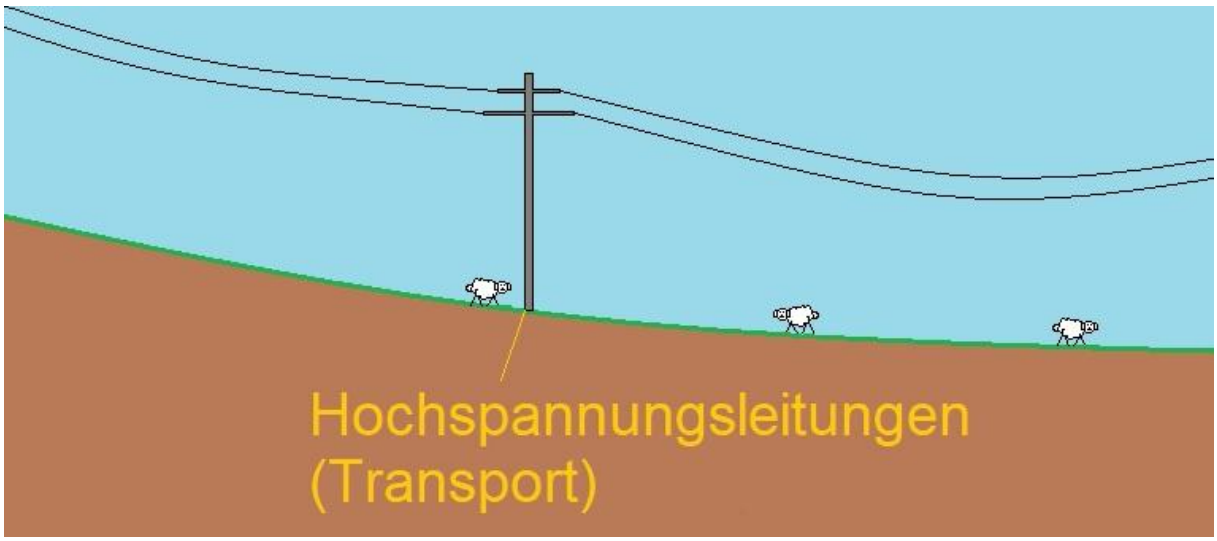


Bild 30

Heute wird der Strom überwiegend durch unterirdische Kabel oder über **Freileitungsmasten** transportiert (*Bild 30*).

Heruntertransformieren auf Niederspannung

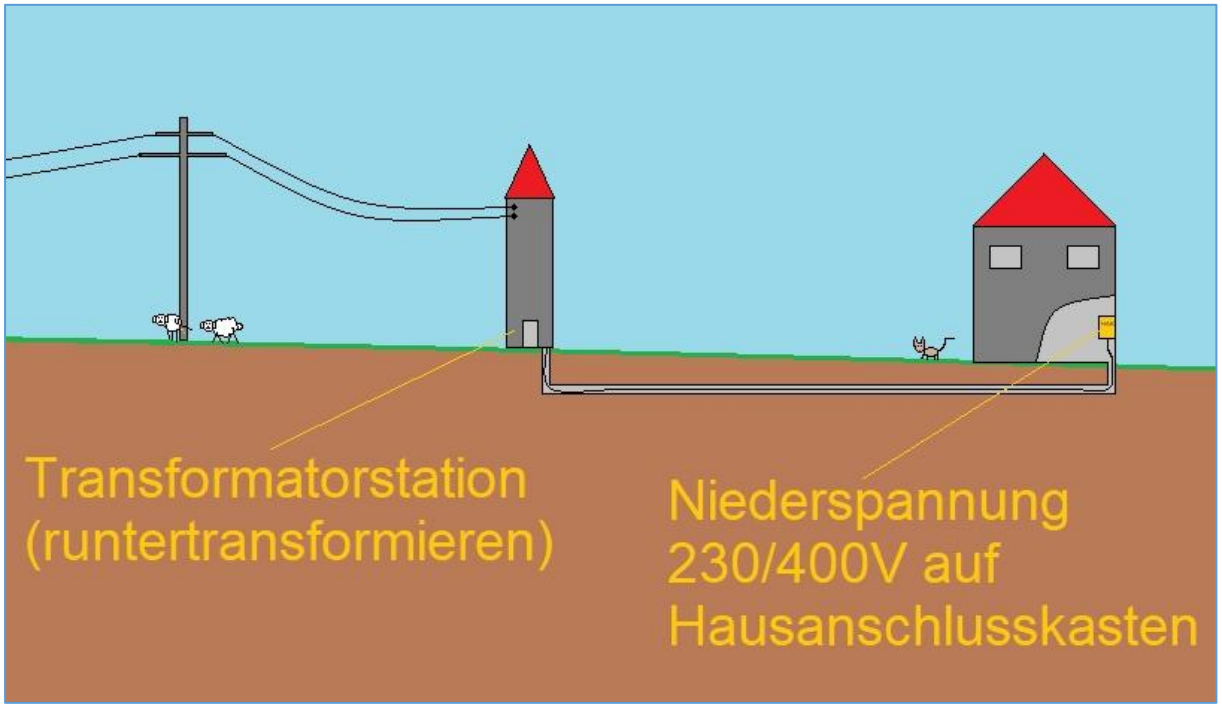


Bild 31

Im letzten Teil des Stromtransports, wird die Hochspannung in der **Transformatorstation** wieder **heruntertransformiert** *(Bild 31)*.

Danach bleiben nur noch kurze Strecken, bis der Strom beim Endverbraucher ankommt.

In der Nähe jedes Wohnhauses gibt es immer irgendwo eine Transformatorstation die den Strom liefert, oft geht man daran vorbei, ohne es zu bemerken.

Der Hausanschluss wird heutzutage unterirdisch verlegt und endet am sogenannten **Hausanschlusskasten (HAK).**

Der Hauptanschlusskasten (HAK) wird in der Regel im Keller installiert; in Ausnahmefällen auch an der Außenwand des Gebäudes.

Der **Netzbetreiber** ist zuständig für die Leitung, die zum Hausanschlusskasten führt, sowie für den Hausanschlusskasten selbst.

Jegliche Installationen, die vom Hausanschlusskasten (HAK) abzweigend erfolgen und angeschlossen werden, fallen in den Verantwortungsbereich des **Grundeigentümers**.

Die Spannung des Hausanschlusses beträgt nun **230V-400V Wechselstrom**.

Ab 400 Volt handelt es sich hier bereits um den sogenannten **Zwei- oder Dreiphasenwechselstrom**.

1.11 Dreiphasenwechselstrom

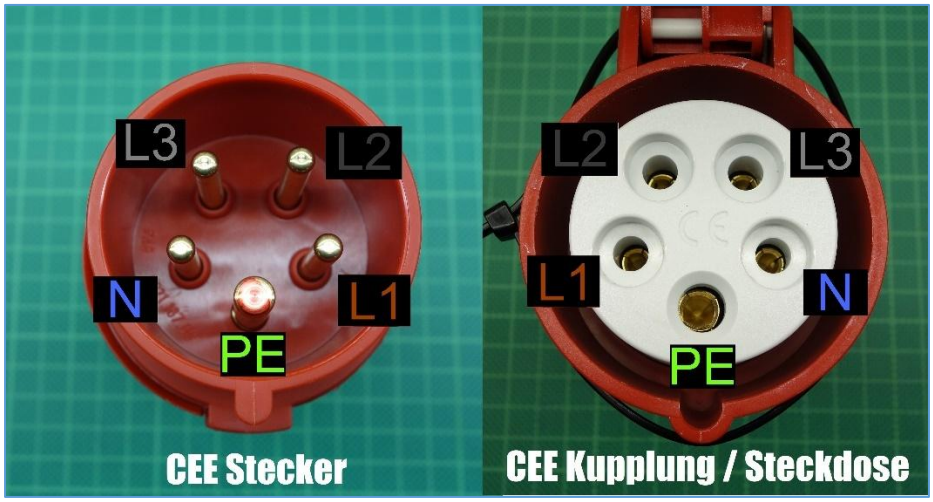


Bild 32

Im Gegensatz zum Einphasenwechselstrom weist der **Dreiphasenwechselstrom**, auch **Drehstrom** genannt, unterschiedliche Eigenschaften auf.

Bild 32 zeigt einen typischen Drehstromanschluss, wie er beispielsweise in industriellen Anwendungen zu finden ist.

Zu sehen ist ein sogenannter «CEE» Anschluss. **Links** der CEE-Stecker für den Verbraucher und **rechts** die passende CEE-Steckdose als Stromquelle.

Aus technischer und installationstechnischer Sicht ist der Dreiphasenwechselstrom besonders von Interesse, da er zum einen dreiphasig erzeugt wird und zum anderen nahezu überall vorhanden ist.

In der Elektroinstallation hat man also nonstop mit diesem Thema zu tun.

Auch aus wirtschaftlicher Sicht ist die Stromversorgung mit Drehstrom vorteilhaft, da im Vergleich zum weniger leistungsstarken Einphasenwechselstromnetz verhältnismäßig weniger Material benötigt wird.

Genauer gesagt verringert sich der Materialaufwand einer Drehstromleitung im Vergleich zu einer einphasigen Leitung bei gleicher Leistung **um die Hälfte**.

Drehstrom entsteht in einem Generator, der drei Spulen verwendet, im Gegensatz zum Einphasenwechselstromgenerator mit nur einer Spule.

Dieses Unterkapitel behandelt den Dreiphasenwechselstrom, seine Vorteile und die dafür eingesetzten Leiter.

Generator Beispiel einphasig

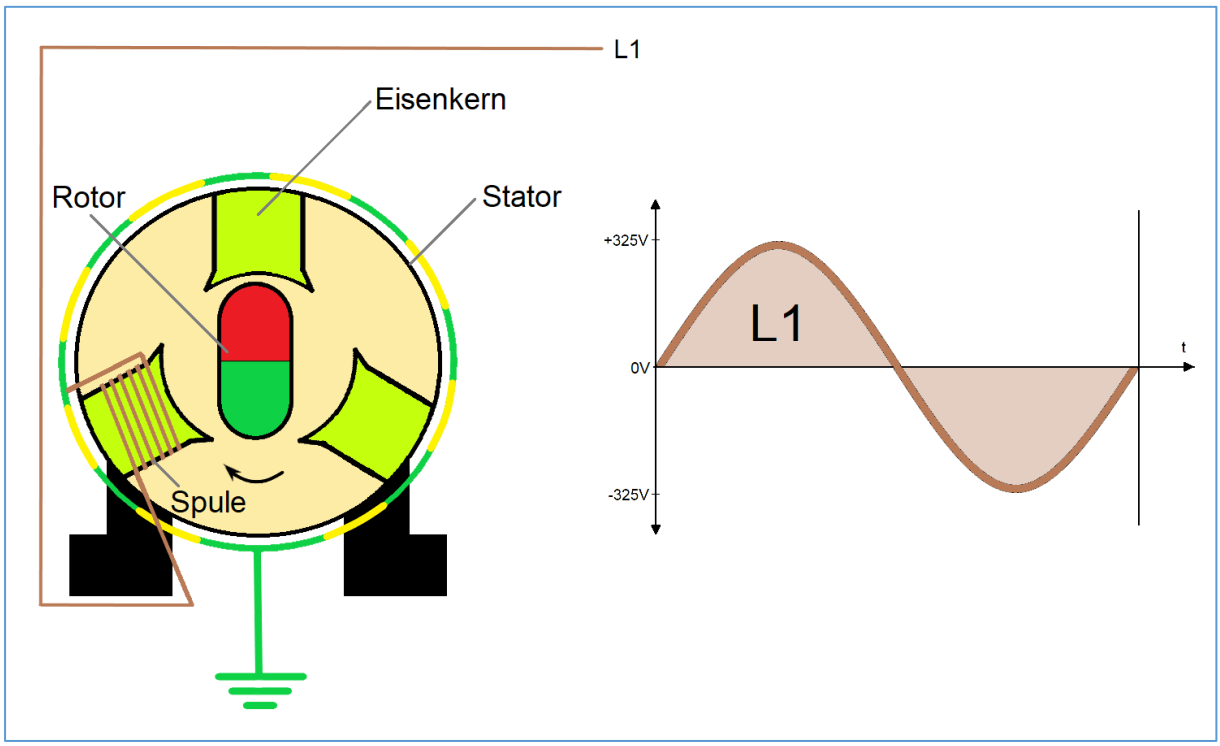


Bild 33

Im *Bild 33* ist ein **Drehstromgenerator** zu sehen, der im Prinzip dem Generator im Kapitel 1.2 Wechselspannung entspricht. Hier wird jedoch der Magnet als **Rotor** verwendet, während die Spule am Gehäuse, dem sogenannten **Stator**, befestigt ist.

Zur Veranschaulichung wurde dieser Dreiphasenwechselstrom-Generator zunächst mit **einer** Spule (Wicklung) dargestellt.

Der Generator würde in diesem Moment somit lediglich **Einphasenwechselstrom** erzeugen. Die Sinuskurve ist ebenfalls erkennbar, was darauf hinweist, dass die Grundprinzipien unverändert sind.

Im Gehäuse selbst sind noch zwei weitere Vorrichtungen (**Eisenkerne**) vorhanden, die mit **Spulen** bestückt werden können.

Diese drei Punkte sind gleichmäßig im Kreis (360°) verteilt, was einen Winkel von jeweils 120° ergibt.

Generator Beispiel Dreiphasig (Drehstrom)

Wenn alle drei Spulen vorhanden sind, erzeugt der Generator im Betrieb drei verschiedene Spannungskurven (**L1**, **L2** und **L3**). Dies wird als **Drehstrom** bezeichnet *(Bild 34)*.

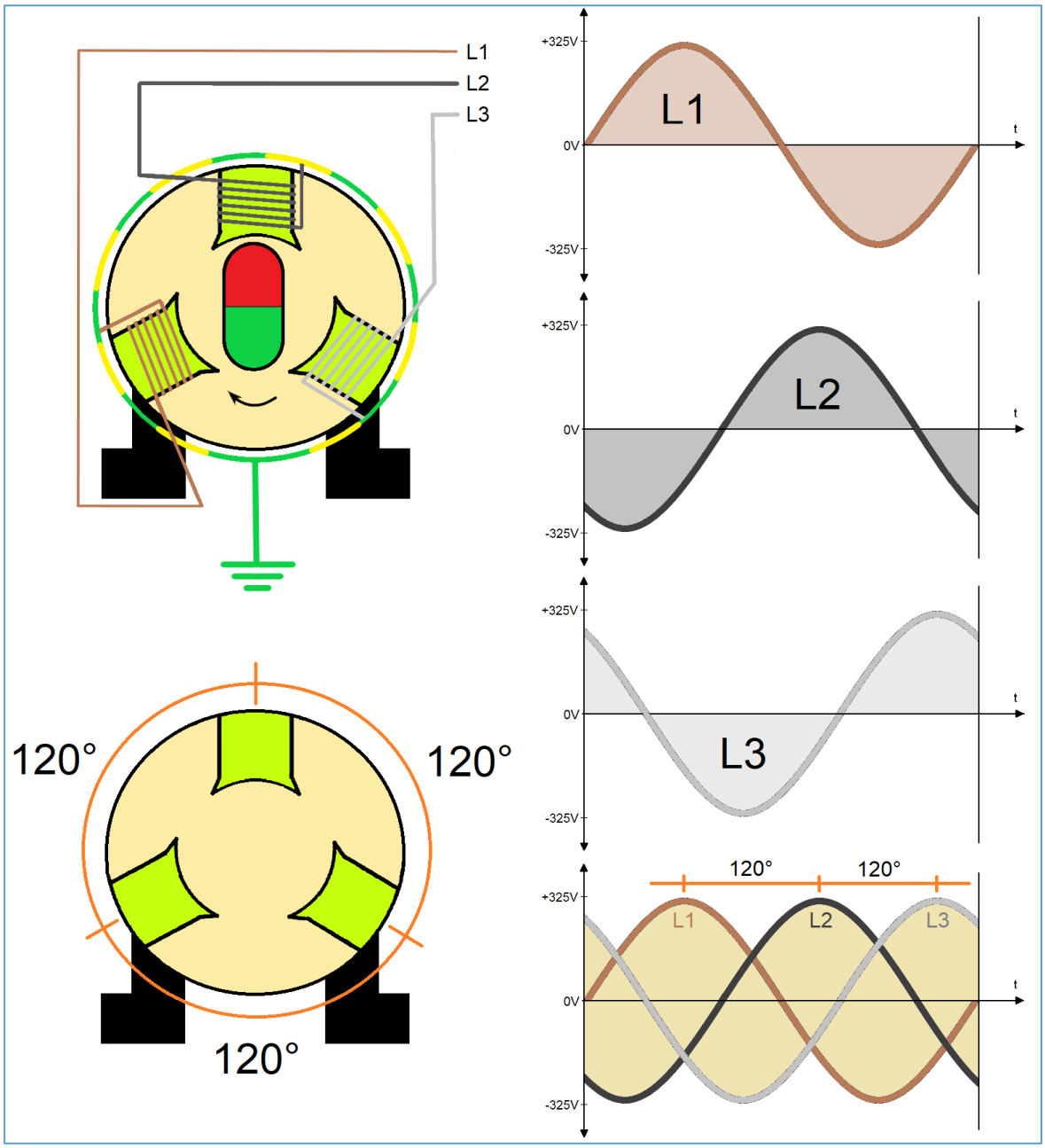


Bild 34

Genauer gesagt, sind es nicht verschiedene Kurven, sondern es handelt sich immer um **dieselbe Sinuskurve**.

Die Kurven sind um **120° versetzt** – genau wie die Spulen im Generator.

Im Drehstromgenerator werden also **drei einzelne Wechselströme und Wechselspannungen produziert**.

Da diese drei Wechselströme und Wechselspannungen **zeitlich versetzt** sind, können sie **unabhängig** voneinander verwendet werden.

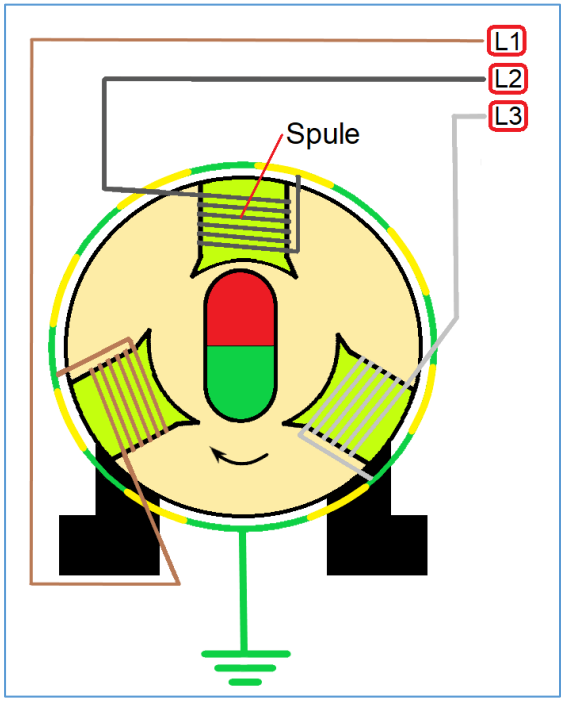


Bild 35

Die drei Leiter, die an **einem Ende** der Spule angeschlossen sind, werden als **Außenleiter** bezeichnet und mit **L1**, **L2** und **L3** abgekürzt. Früher wurde die Bezeichnung «Phase» verwendet, wobei die Abkürzungen R, S und T genutzt wurden *(Bild 35)*.

Neue Leiterbezeichnung (Außenleiter)	Alte Leiterbezeichnung (Phase)
L1	**R**
L2	**S**
L3	**T**

Achtung: Es ist wichtig, sich dieser alten Bezeichnungen bewusst zu sein, da viele Anlagen aus dieser Zeit weiterhin in Betrieb sind.

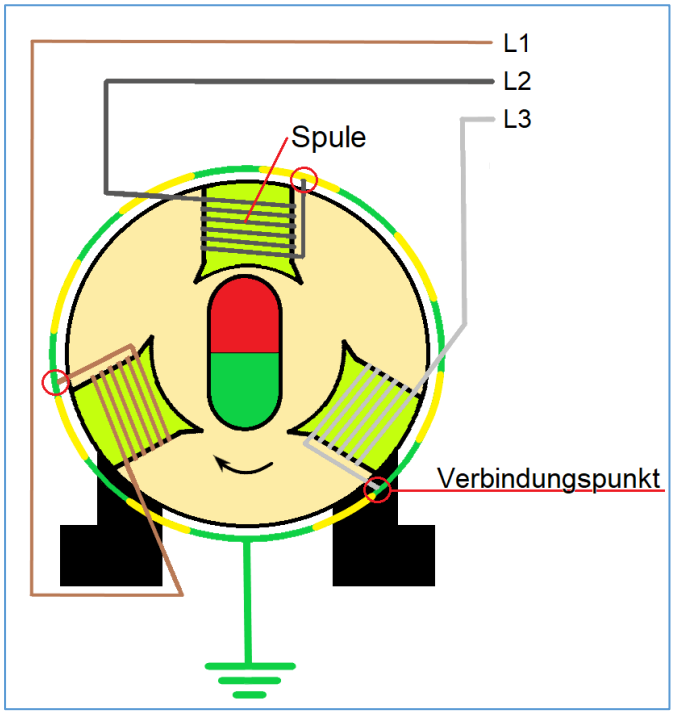


Bild 36

Bild 36 zeigt den **Verbindungspunkt**, an dem die Enden der Spulen zusammenlaufen. Dies wird gleich näher erklärt.

Drehstrom erzeugt 230V und 400V

Der Transport von Drehstrom ist ökonomisch vorteilhaft. Für die Übertragung werden lediglich **drei oder vier Leiter** benötigt. Aus diesem Grund hat sich diese Methode der Energieübertragung etabliert.

Ein Vorteil des Dreiphasenwechselstrom-Netzes sind die **zwei Spannungen** (230V und 400V), die zur Verfügung stehen.

Zudem können durch das Drehfeld Motoren der einfachsten Bauart betrieben werden.

Hier wird die Drehbewegung des Generators direkt vom Motor übernommen. Eine komplizierte Schaltung oder Elektronik ist daher nicht erforderlich.

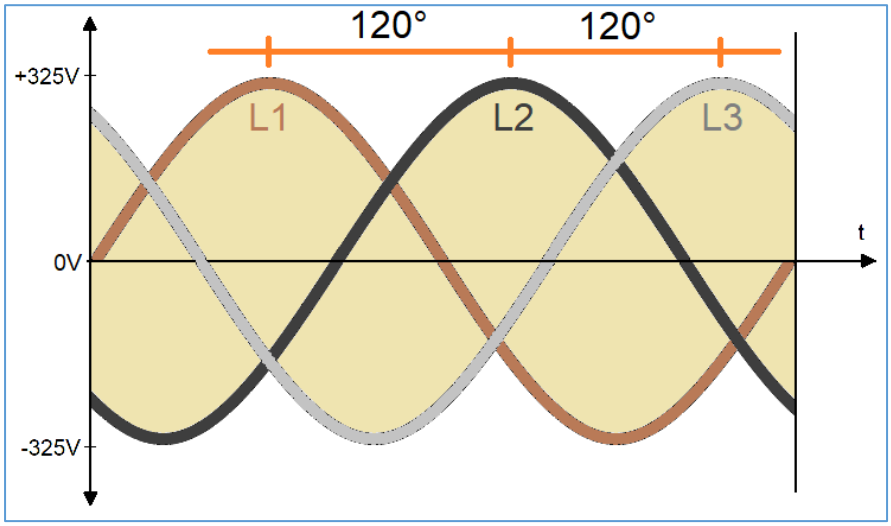


Bild 37

Im *Bild 37* sind die drei zeitlich versetzten Spannungen erneut dargestellt. Bemerkenswert ist hierbei, dass sich die Spannungen **zu jedem Zeitpunkt gegenseitig ausgleichen**.

Symmetrische Belastung Spannung

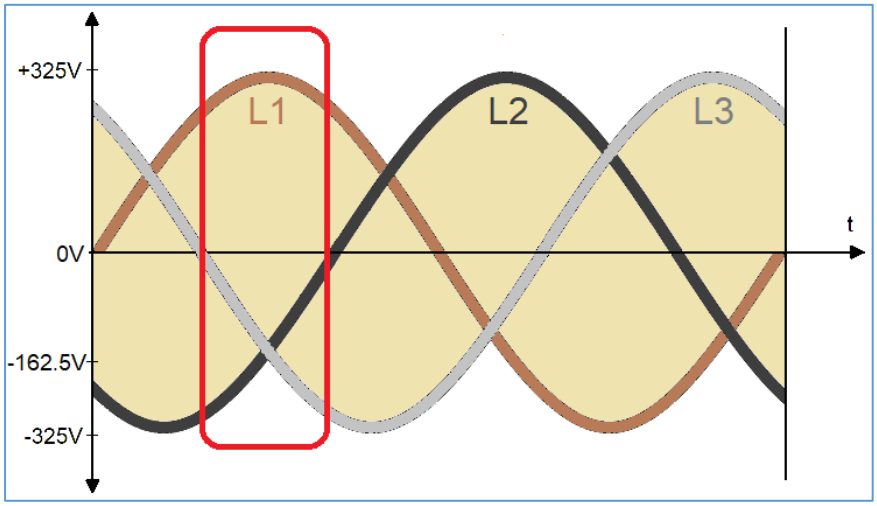


Bild 38

Betrachtet man den im rot markierten Feld dargestellten Moment *(Bild 38)*, so erkennt man, dass sich die Kurve von **L1** bei **plus** 325V befindet. Die Kurven der anderen Leiter, **L2** und L3, bewegen sich hingegen jeweils bei **minus** 162.5V (**2**x162.5 = 325V).

Unabhängig von der Position des rot markierten Feldes sind die Werte auf der positiven und der negativen Seite immer gleich groß.

Das bedeutet, dass **die Summe der drei Spannungen gleich Null** ist. Dadurch heben sie sich gegenseitig auf, was einen erheblichen Vorteil darstellt.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Spannungen und Ströme, die fließen, **symmetrisch** sein müssen, um diesen Effekt zu erzielen.

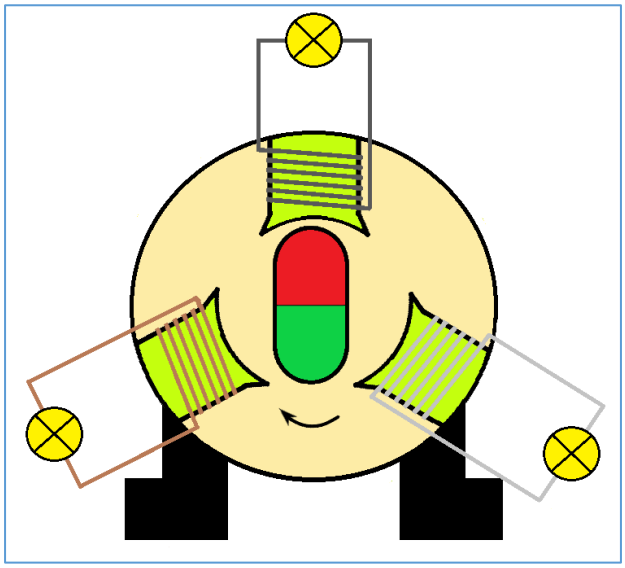


Bild 39

Zur Veranschaulichung dieses Verhaltens habe ich den Generator mit drei separaten Stromkreisen ausgestattet. Die gelben Symbole mit dem Kreuz in der Mitte stellen Leuchten dar, die als Verbraucher an die Stromkreise angeschlossen sind (*Bild 39*).

Es müssen nicht unbedingt Leuchten sein, andere Verbraucher sind auch möglich.

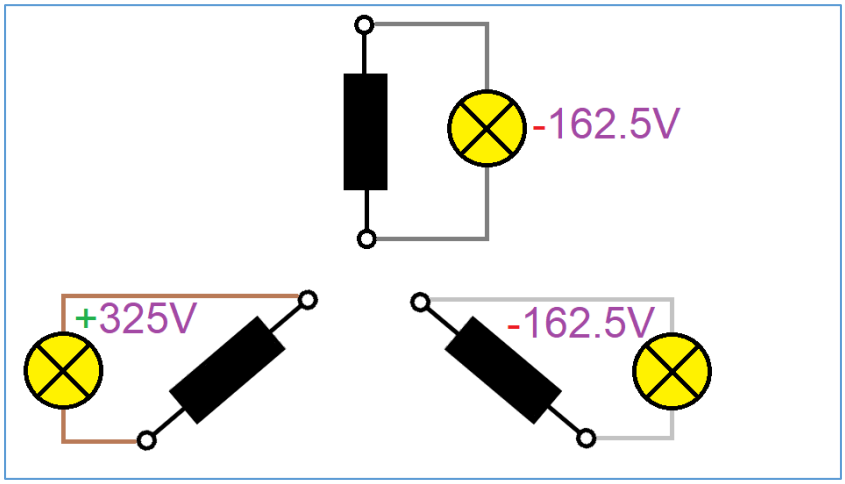


Bild 40

Auf *Bild 40* habe ich die Zeichnung angepasst, um sie elektroschaltplanverträglicher zu machen und die Momentan-**Spannungswerte** vom rot markierten Feld von *Bild 38* eingetragen.

Eine Beschreibung der Elektrosymbole im Elektroschaltplan findest du hier.

Da die Spannung im Netz immer gleich ist, ist die Symmetrie also gewährleistet.

Symmetrische Belastung Strom

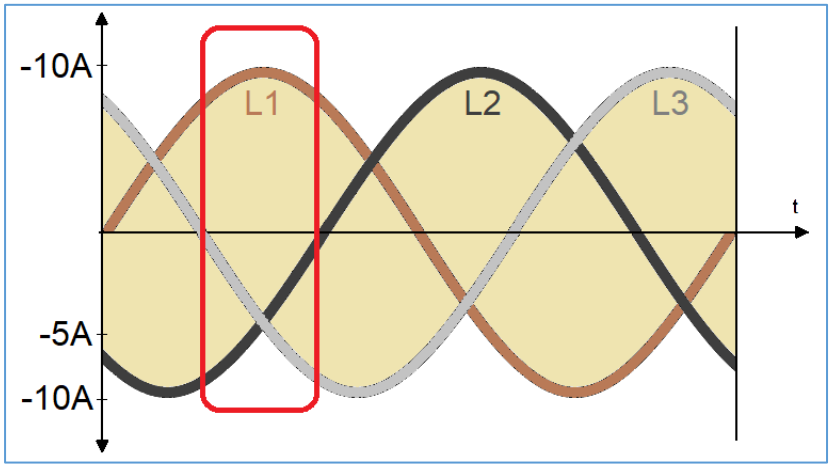


Bild 41

Nach den Momentan- Spannungswerten geht es weiter mit den Momentan-**Stromwerten**.

Da weiterhin eine symmetrische Belastung besteht, verbrauchen alle Verbraucher die gleiche Menge an Strom.

In diesem Fall beträgt der Strom 10A, was eine einfache Berechnung ermöglicht *(Bild 41)*.

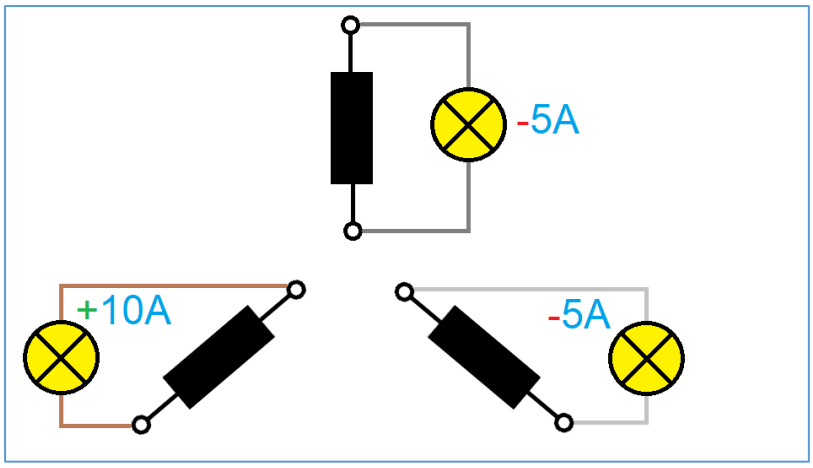


Bild 42

Wie bei den Spannungswerten, heben sich auch hier die Werte in der Summe auf. Der **Momentanwert** ist auch hier immer **gleich Null** *(Bild 42)*.

Schaltung eines Generators (Sternschaltung)

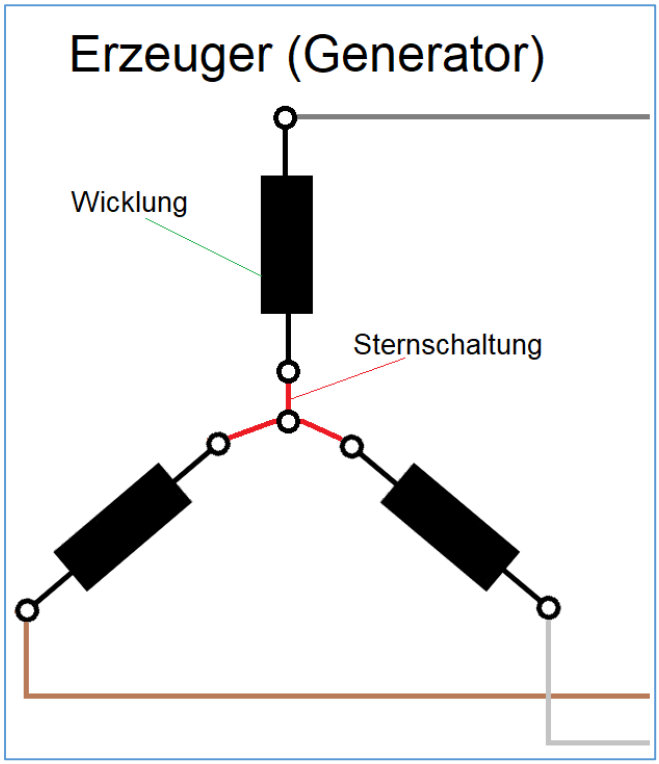


Bild 43

Bild 43 zeigt die tatsächliche Schaltung des Drehstromgenerators.

Anders als bei der theoretischen Darstellung mit drei Stromkreisen, wird hier eine Seite aller drei Wicklungen zusammengeschaltet.

Dies bezeichnet man als **Sternschaltung**. Der Generator verfügt nun über drei Anschlüsse, die für den Anschluss an den Verbraucher vorgesehen sind:

Außenleiter L1

Außenleiter L2

Außenleiter L3

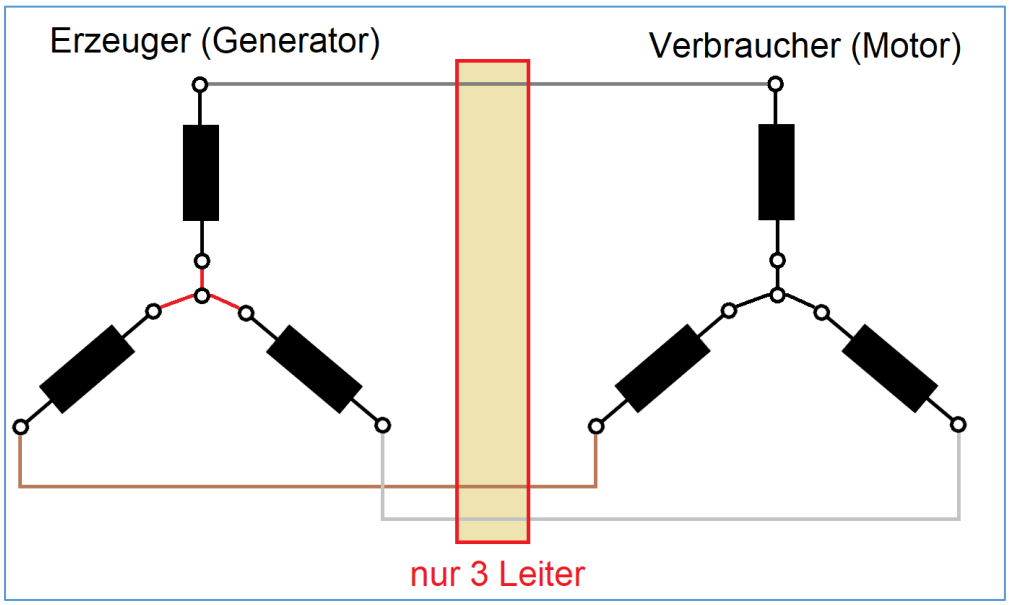


Bild 44

Schließt man nun einen symmetrischen Verbraucher an den Generator an, benötig man **nur diese drei Leiter** *(Bild 44)*.

Alle stromführenden Leiter bezeichnet man als «**aktive Leiter**».

Für diese Schaltung wählte ich einen **Drehstrommotor** als idealen symmetrischen Verbraucher.

Dieser ist ebenfalls mit einer Sternschaltung ausgestattet, was aber zu vernachlässigen ist. Wichtig ist, dass der Verbrauch **auf allen drei Außenleitern symmetrisch ist**.

Die Kernaussage dieser Schaltung ist, dass der Betrieb eines symmetrischen Verbrauchers, durch den Drehstrom und die sich darin aufhebenden Ströme nur 3 Leiter benötigt. Es ist also kein Rückleiter (Neutralleiter) nötig. Die Ströme heben sich gegenseitig auf.

Der Neutralleiter ist ein weiterer aktiver Leiter, aber dazu gleich mehr.

Mit den zuvor verwendeten drei separaten Stromkreisen wurden insgesamt sechs aktive Leiter benötigt. Durch die Anwendung des Drehstroms können somit **drei Leiter eingespart werden**.

In der Elektroinstallation sind symmetrische Verbraucher jedoch eher selten anzutreffen.

Unsymmetrische Belastung

Da die meisten Verbraucher weder symmetrisch noch für den Betrieb mit Drehstrom ausgelegt sind, gibt es auch für diesen Fall eine entsprechende Lösung.

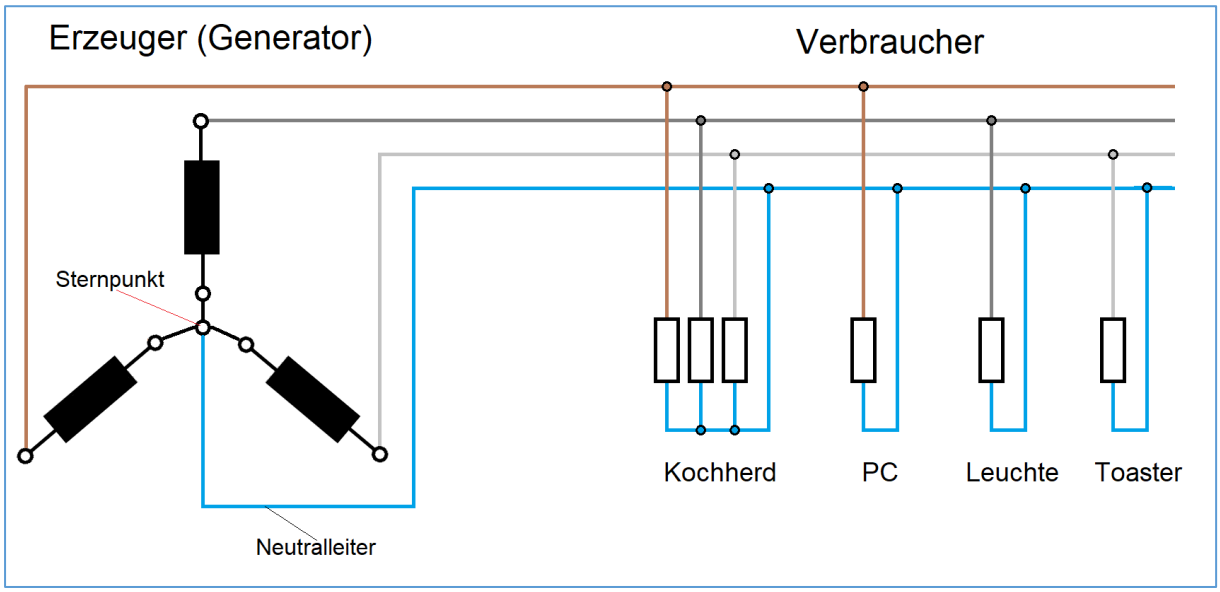


Bild 45

Ein **unsymmetrischer** Verbraucher wie ein Kochherd belastet alle drei Außenleiter **unterschiedlich**.

Für den Betrieb dieses Geräts ist ein **zusätzlicher Leiter** erforderlich, der als **Neutralleiter** bezeichnet wird und stets in der Farbe **Blau** gekennzeichnet sein muss *(Bild 45)*.

Da im Neutralleiter Strom fließt, ist er ein weiterer aktiver Leiter.

Zusätzlich zu den asymmetrischen 400V-Verbrauchern, die zwei oder drei Außenleiter erfordern, gibt es weitere Verbraucher, die aufgrund ihrer geringeren Leistungsaufnahme typischerweise mit nur einem Außenleiter betrieben werden können. Diese Verbraucher fallen in die Kategorie der 230V-Verbraucher.

Der Neutralleiter wird am **Sternpunkt** des Generators angeschlossen.

Bei dieser unsymmetrischen Belastung fließen Ströme im Neutralleiter, um die **Asymmetrie auszugleichen**.

Der Neutralleiter erreicht maximal den Strom des am stärksten belasteten Außenleiters.

Die 6 Stromkreise im Drehstromnetz

Beim Drehstromgenerator sind ganze **6 Stromkreise** zu nutzen. Man unterscheidet hier zwischen 3x230V und 3x400V.

3x230 Volt

Zunächst betrachten wir die drei 230-Volt-Stromkreise. Diese Spannung wird jeweils von einer separaten Spule erzeugt, wodurch drei unabhängige Stromkreise entstehen.

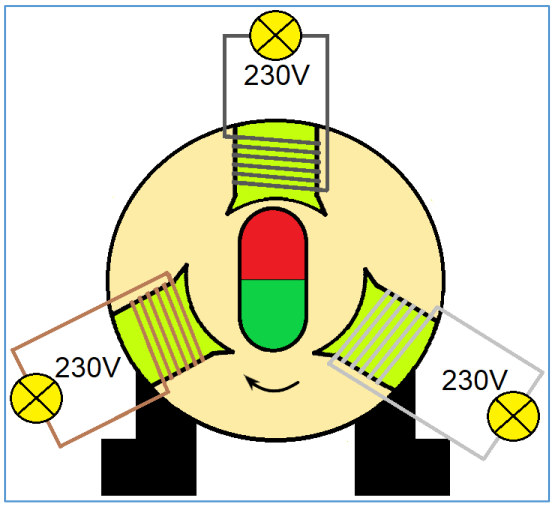


Bild 46

In diesem Fall bräuchte man **6 Leiter**, um drei Verbraucher mit drei Stromkreisen zu betreiben (Einen solchen Generator gibt es nicht, *Bild 46* dient nur zur Erklärung).

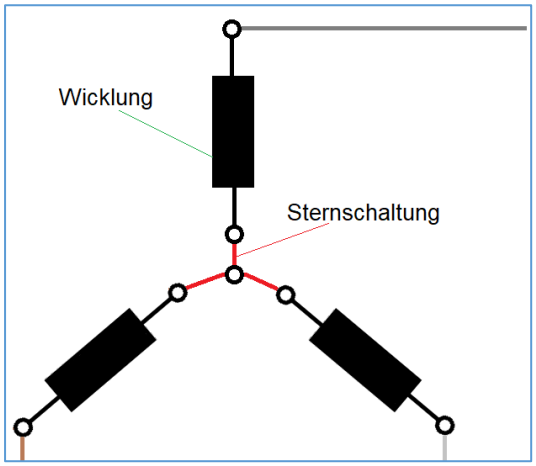


Bild 47

Da es sich um einen Dreiphasenwechselstromgenerator handelt, werden die Enden jeder Spule miteinander verbunden. Dies wird als **Sternschaltung** mit Sternpunkt bezeichnet *(Bild 47)*.

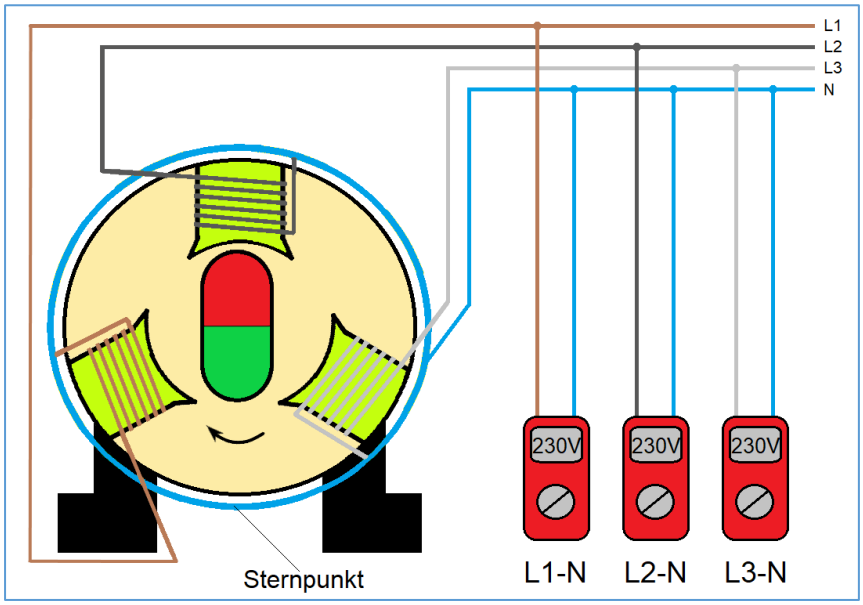


Bild 48

Der Sternpunkt ist auf dieser Zeichnung *(Bild 48)* in der Farbe Blau markiert.

Die drei 230V-Stromkreise funktionieren weiterhin wie zuvor, jedoch mit insgesamt nur **vier Leitern**. Dies beinhaltet den erwähnten Neutralleiter, der am Sternpunkt angeschlossen wird.

Für die Messung der drei 230V-Stromkreise wird das Voltmeter zwischen Außenleiter und Neutralleiter angeschlossen.

Durch das Zusammenschalten der drei Spulen im Generator kann Kupfer eingespart werden. Dies ist einer der Vorteile eines Drehstromgenerators.

Strom im Neutralleiter

Was passiert nun mit dem Strom?

Da bei einer üblichen Installation viele verschiedene Verbraucher angeschlossen sind, fließen in den Außenleitern ungleiche Ströme. Es ist daher erforderlich, einen **Ausgleich** sicherzustellen.

Der Neutralleiter gleicht die unsymmetrische Belastung aus, in dem dieser Leiter Strom zum Sternpunkt zurückführt. Man spricht hier vom sogenannten **Ausgleichsstrom**.

Je unsymmetrischer die Belastung ist, je mehr Strom fließt im Neutralleiter.

Der Ausgleichsstrom im Neutralleiter kann durch die zeitlich versetzten Stromkurven maximal so groß werden, wie der größte Strom, der in einem der drei Außenleiter fließen kann.

Der Neutralleiter kann aus diesem Grund den gleichen Querschnitt wie der des Außenleiters aufweisen, ohne überlastet zu werden.

3x400 Volt

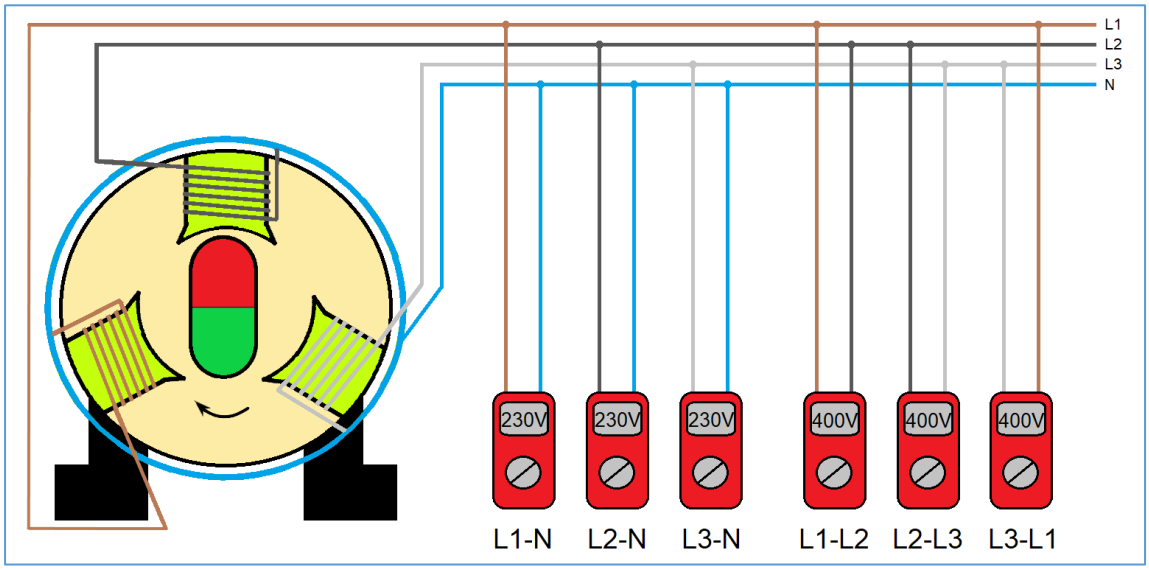


Bild 49

Ein Vorteil des Dreiphasenwechselstroms ist, dass **drei weitere** Stromkreise mit jeweils **400V** zur Verfügung stehen. Dies wird in drei zusätzlichen Voltmeteranzeigen dargestellt *(Bild 49)*.

Diese drei Stromkreise sind **ausschließlich zwischen den Außenleitern** zu messen. Die Spannung von 400V entsteht durch Addition von zwei 230V Sinuskurven.

Diese Spannung wird auch verkettete Spannung genannt und kann mit einem Verkettungsfaktor berechnet werden. Dieser Faktor ist $\sqrt{3}$.

230V x $\sqrt{3}$ = **400V**

Zusammenfassung

- Bei symmetrischer Belastung kompensieren sich die Ströme. Dies ist der Fall bei einem Drehstrommotor, dessen Außenleiter denselben Stromverbrauch haben.

- Bei unsymmetrischer Belastung der drei Außenleiter, gleicht der Neutralleiter die ungleiche Belastung aus, indem dieser den Ausgleichsstrom zurück zum Sternpunkt führt.

- Das Drehstromnetz bietet mit 3x230 und 3x400V ganze 6 Stromkreise

Die aktiven Leiter

Leiter welche stromführend sind, gelten als **aktive Leiter**. Dazu zählen alle drei Außenleiter, wie auch der Neutralleiter.

Die drei Außenleiter

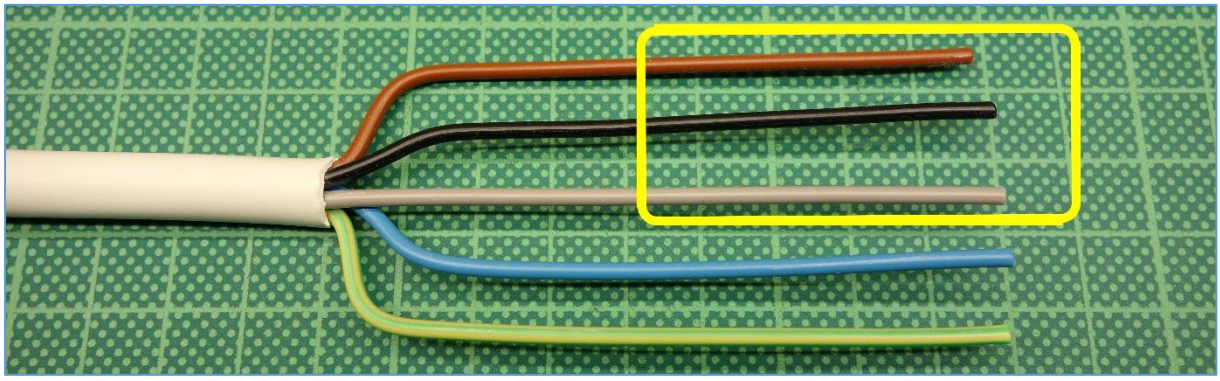


Bild 50

Die Außenleiter **L1**, **L2** und **L3** *(Bild 50)* sind die Leiter, welche die elektrische Energie zum Verbraucher transportieren.

Beim Verbraucher wird die elektrische Energie in eine **andere Energieform** wie Wärme, Licht oder mechanische Energie usw. umgewandelt.

Der Strom wird also dazu verwendet, Energie zu transportieren. Für den Transport verwenden wir Kupferleitungen.

Der Neutralleiter

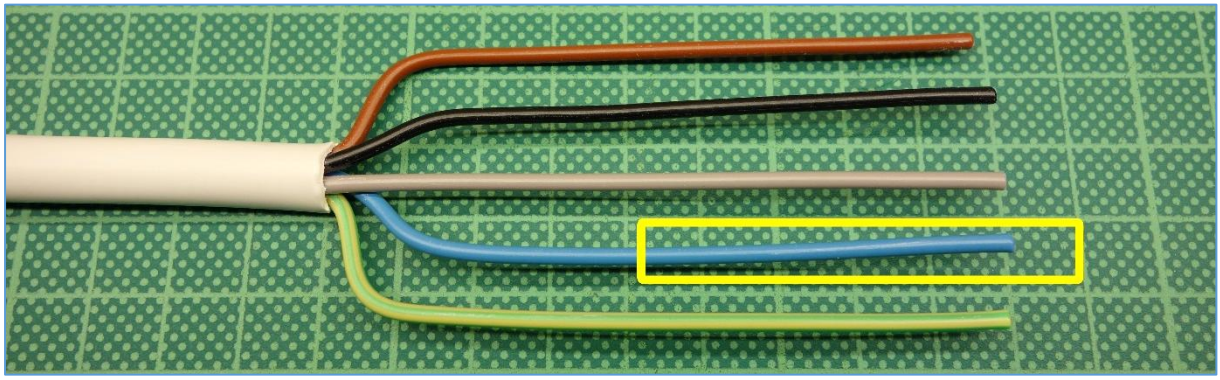


Bild 51

Der Neutralleiter (**N**) hat nun die Aufgabe, die verbrauchte Energie zurück zur Quelle zu führen *(Bild 51)*.

In diesem Leiter fließt ebenfalls Strom, wodurch er als aktiver Leiter klassifiziert wird. Dieser Strom kann gemessen werden.

Was passiert, wenn ich den Neutralleiter berühre?

Achtung: Berühre den Neutralleiter nur nach Beachtung der Sicherheitsregeln (Kapitel 6). Vorher den Stromkreis abschalten!

Beim Berühren des Neutralleiters bekommt man **keinen Stromschlag**, auch wenn dieser Strom führt, warum?

Die Rückführung vom Stromverbraucher zum Stromerzeuger erfolgt sowohl über die Kupferleitung als auch über das Erdreich.

Das Erdreich ist ein kostenloser Leiter, den wir überall ohne großen Aufwand verwenden können.

So ist das Erdreich folglich **leitend** und darin kann eine elektrische Verbindung über weite Strecken realisiert werden.

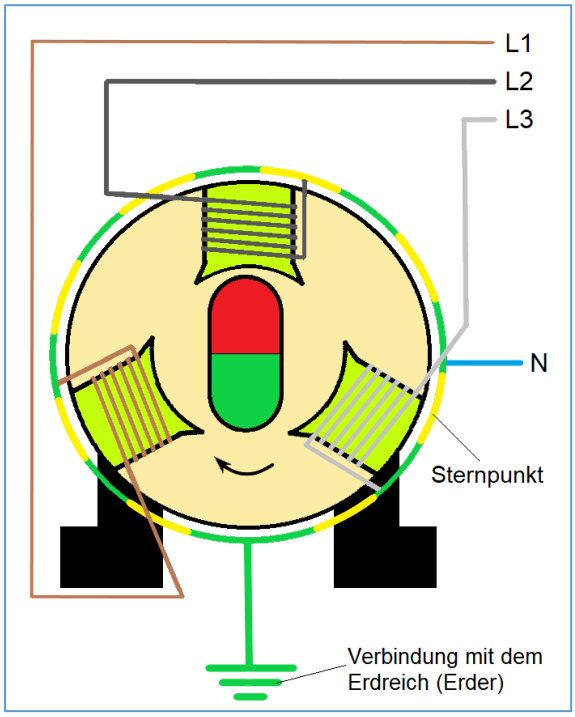


Bild 52

Der Generator wird am **Sternpunkt** mit dem **Neutralleiter** und dem **Erdreich** verbunden *(Bild 52)*.

Die Verbindung mit dem Erdreich ist also schlicht und einfach eine Verbindung mit dem **Boden**, auf dem wir stehen.

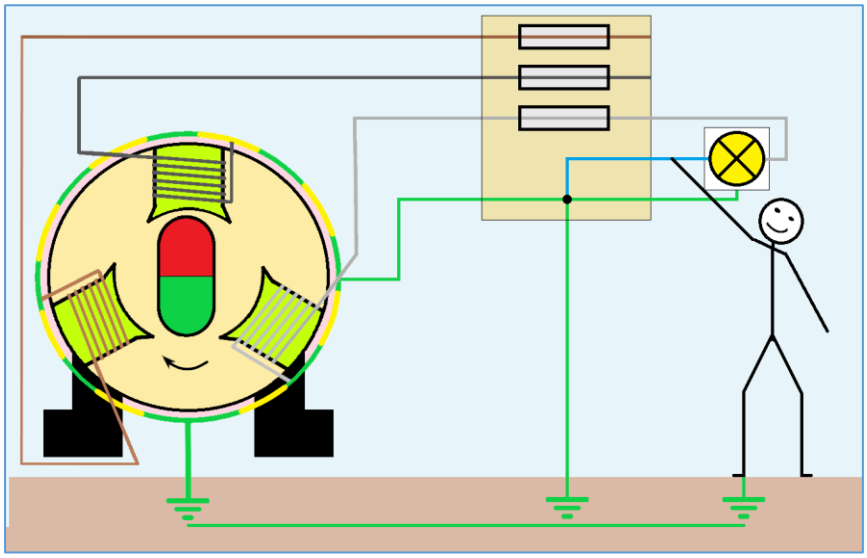


Bild 53

Wenn wir Kontakt mit dem Boden haben, sind wir Teil dieses Stromkreises und somit verbunden mit der Erde und dem Neutralleiter *(Bild 53)*.

Hier besteht **kein** «Potentialunterschied», da der Neutralleiter bzw., der Sternpunkt mit der Erde verbunden ist.

Ist kein Potential vorhanden, gibt es auch keine **Spannung**.

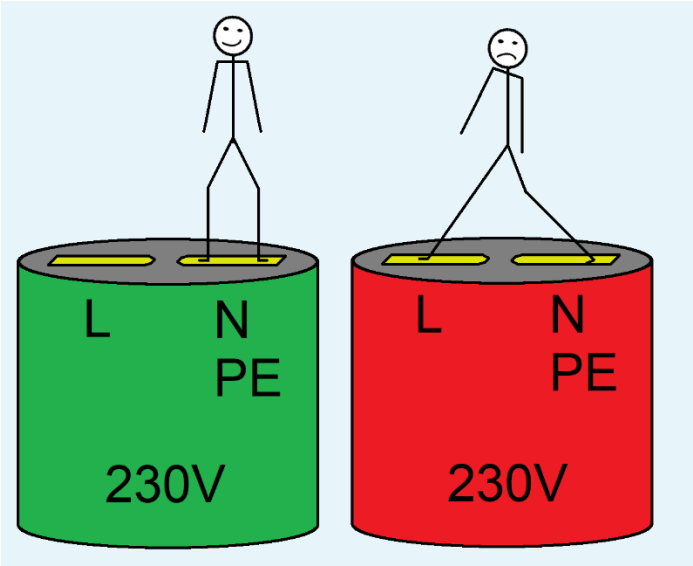


Bild 54

Man kann sich auch einfach eine übergroße Batterie vorstellen *(Bild 54)*:

Links steht der Mensch auf dem «**Minuspol**» **(Neutralleiter und Erde)** und kann diesen somit auch berühren, ohne Schaden zu nehmen.

Rechts auf der Zeichnung wird es problematisch, wenn eine Person den Außenleiter (Pluspol) berührt, da dieser ein elektrisches Potential und somit eine Spannung besitzt.

Anders könnte man sagen, wir können nur Schaden nehmen, wenn wird ein Teil des Stromkreises sind und dazwischengeraten, indem wir den Stromkreis schließen und durch die Energie der Stromquelle Schaden nehmen.

Spannung und Stromstärke müssen bestimmte Werte erreichen, um gefährlich zu sein.

Der Schutzleiter

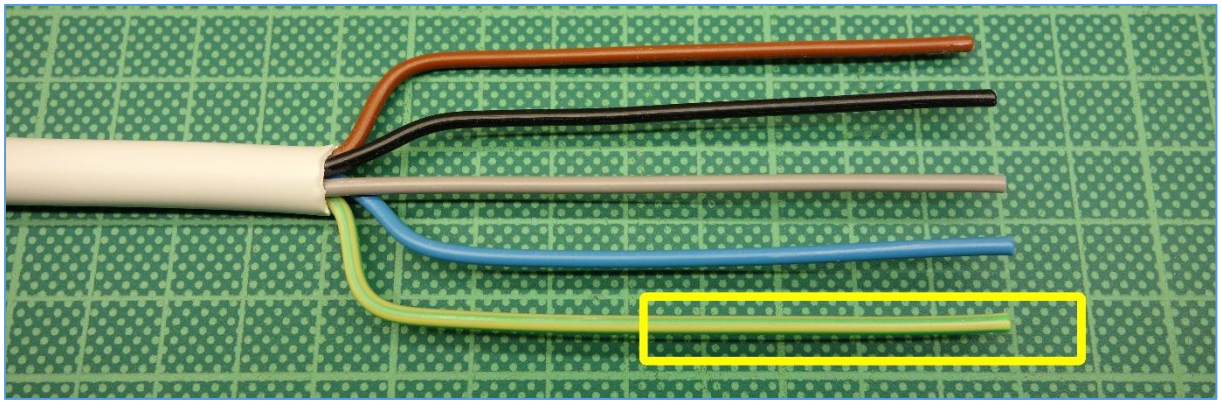


Bild 55

Der **Schutzleiter** (**PE**) hat die Drahtfarbe gelb-grün und ist **kein** aktiver Leiter, da dieser im Normalbetrieb keinen Strom leitet *(Bild 55)*.

Der Schutzleiter ist wie der Neutralleiter, ebenfalls mit dem Erdreich verbunden.

Man kann sagen, dass Schutz- und Neutralleiter sich in der Ausführung einander ziemlich ähnlich, oder gar identisch sind.

Der Schutzleiter **wird nicht direkt an den Verbraucher angeschlossen** und ist nicht für den Betrieb des Verbrauchers relevant.

Jedoch hat der Schutzleiter eine andere Aufgabe. Dieser wird dazu eingesetzt, um **Strom im Fehlerfall** zurückzuführen.

Er wird zum Zweck der elektrischen **Sicherheit** eingesetzt und hat die Aufgabe, den Strom in einem Fehlerfall so widerstandsarm abzuleiten, dass eine rasche Auslösung der Sicherung herbeigerufen wird. Dazu später mehr.

1.12 Der Installations-Stromkreis

Vom Transformator bis zum Verbraucher

Der Installations-Stromkreis ist der Stromkreis, an den die Hausinstallation angeschlossen wird. Dieser Stromkreis umfasst mehr als nur die Verbindung von der Elektroverteilung bis zum Verbraucher.

Jeder Stromkreis verläuft vom **Transformator bis zum Verbraucher**. Bei Messungen wird die gesamte Leitung bis zum Transformator geprüft.

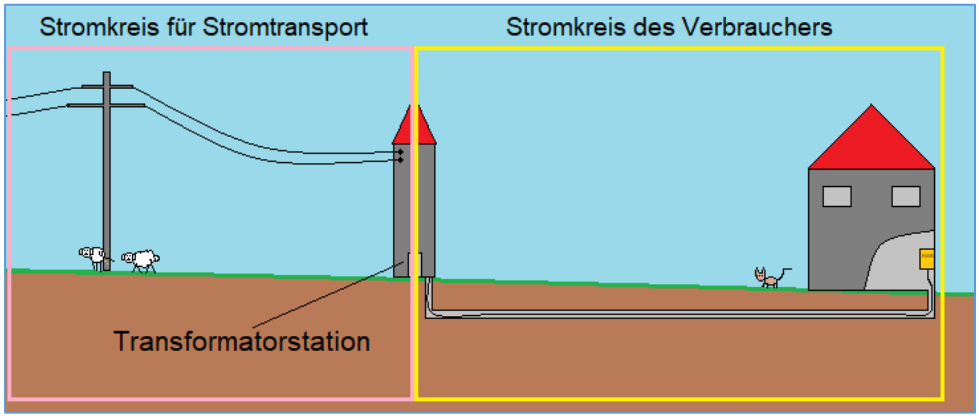


Bild 56

Der Verbraucherstromkreis eines Wohnhauses endet an der ersten Trennstelle im Transformator, der sich in der **Transformatorstation** befindet (*Bild 56*).

Bild 57

Bild 57 zeigt das Innere einer **Transformatorstation** mit zwei Transformatoren. Die Primärseite beider Transformatoren ist anhand der braunen Isolatoren deutlich erkennbar.

Auf der Primärseite wird der Strom mit der hohen, für den Transport geeigneten Spannung eingespeist.

Weiter vorne am Gitter ist die Sekundärseite mit dem 230V/400V Ausgang zum Verbraucher.

Transport- und Verbraucherstromkreis

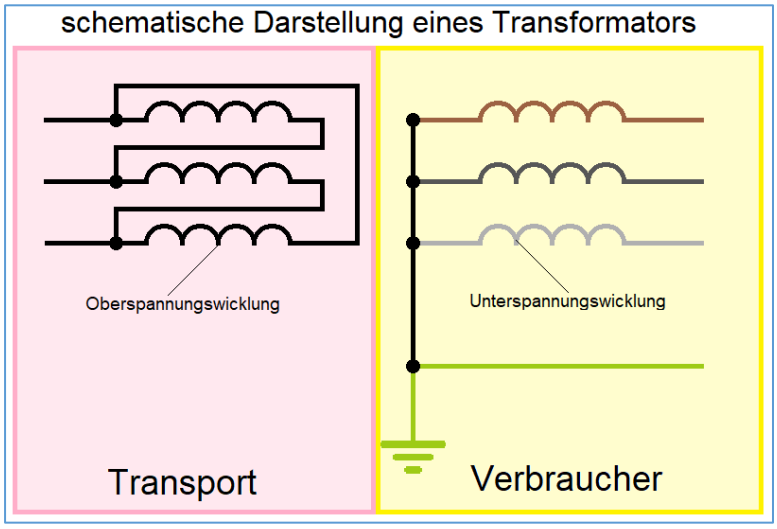


Bild 58

Die Zeichnung des Transformators zeigt in Rosa die sogenannte **Primärseite** des Transformators und in Gelb die **Sekundärseite** *(Bild 58)*.

Die elektrische Energie wird im Transformator zwar weitergegeben, jedoch sind die Leiter **nicht fest verbunden**. Hier handelt es sich also um zwei verschiedene Stromkreise.

Man unterscheidet zwischen **Transport- und Verbraucherstromkreis**.

Die Primär- und Sekundärseiten des Transformators unterscheiden sind grob gesagt durch verschiedene Wicklungen (jeweils eine pro Außenleiter).

Diese Wicklungen werden auch Oberspannungs- und Unterspannungswicklungen genannt. Wicklungen bestehen aus aufgewickeltem Kupferdraht auf einem Magnetkern.

Um nun die Spannung hoch- oder runter- zu transformieren, braucht es pro Seite unterschiedliche Wicklungen, genauer gesagt eine unterschiedliche Anzahl Windungen.

Bild 59

Das Prinzip der unterschiedlichen Windungszahl ist dasselbe wie bei meinem Experiment Stromerzeugung durch Induktion *(Bild 59)*.

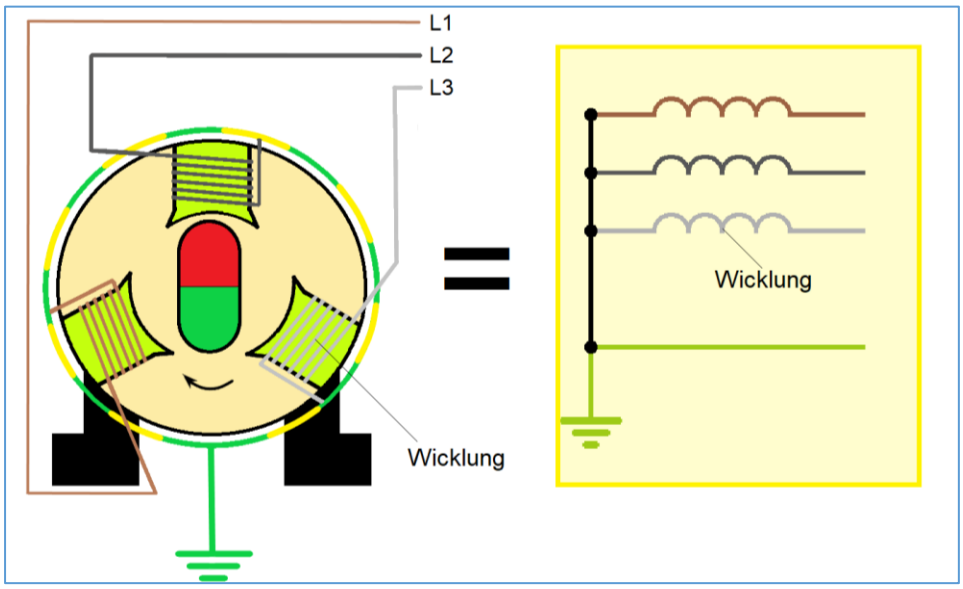


Bild 60

Man kann sich auch einen Generator vorstellen und den Transportstromkreis weglassen *(Bild 60)*.

Dieser ist auch wie die Sekundärseite des Transformators mit einer Sternschaltung ausgestattet.

Auch die **Wicklungen** sind wie beim Transformator identisch in der schematischen Darstellung.

Ein Generator scheint passender, da der Strom letztendlich von einem Generator erzeugt wird und der Transformator hauptsächlich für den Stromtransport verwendet wird.

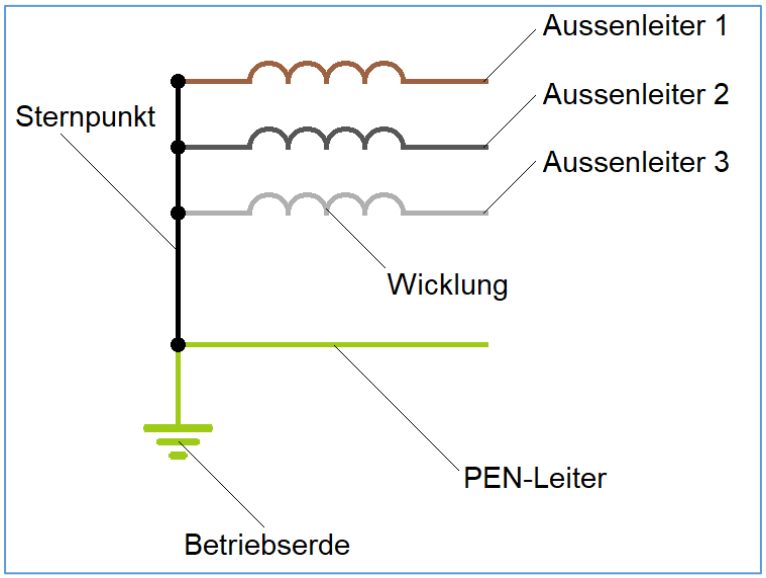


Bild 61

Der Installations-Stromkreis

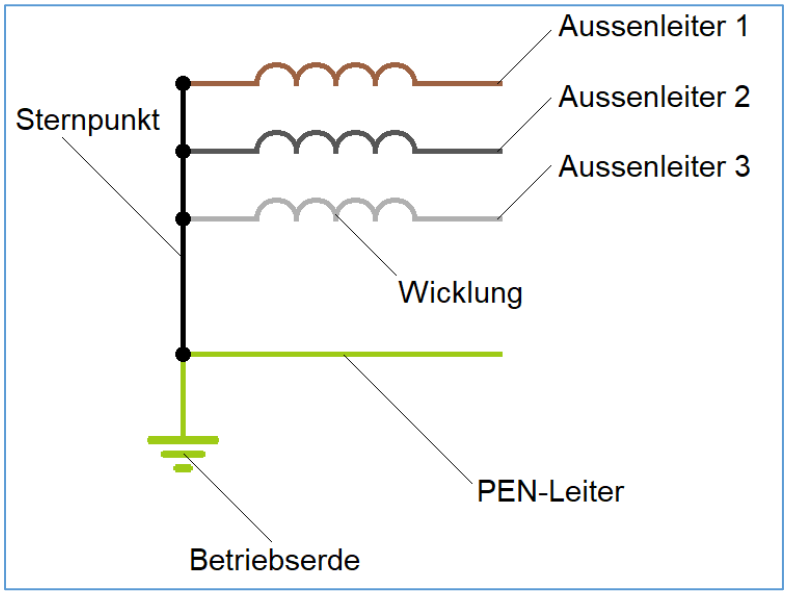


Bild 62

Der Stromkreis der Hausinstallation beginnt auf der **Sekundärseite** des Transformators *(Bild 61, 62)*.

Zusätzlich zu den bereits bekannten Begriffen wie Wicklungen, Sternpunkt und Außenleiter kommen die Begriffe **Betriebserde** und **PEN-Leiter** hinzu.

Der Transformator wird am Sternpunkt mit der Erde durch einen sogenannten **Betriebserder** verbunden.

Hier wird eine Verbindung mit dem Erdreich hergestellt, die einen geringen Widerstand aufweist, beispielsweise durch die Verwendung eines oder mehrerer **Staberder**. Ein Staberder ist ein Stahlmetallstab, der ins Erdreich geschlagen wird.

Der **PEN-Leiter** hat dieselbe Aufgabe wie die Betriebserde.

Dieser ist ebenfalls am Sternpunkt des Stromerzeugers angeschlossen. Der Unterschied ist, dass der PEN-Leiter **durchgehend aus einer Kupferleitung** besteht.

Diese drei Außenleiter (L1, L2, L3) und der PEN-Leiter führen vom Transformator in einem Kabel bis zum Verbraucher (z.B. Wohnhaus).

Im Gebäude wird das Kabel im Hausanschlusskasten angeschlossen.

Der Hausanschlusskasten

Der Hausanschlusskasten ist die **Übergabestelle** vom Netzbetreiber zum Verbraucher.

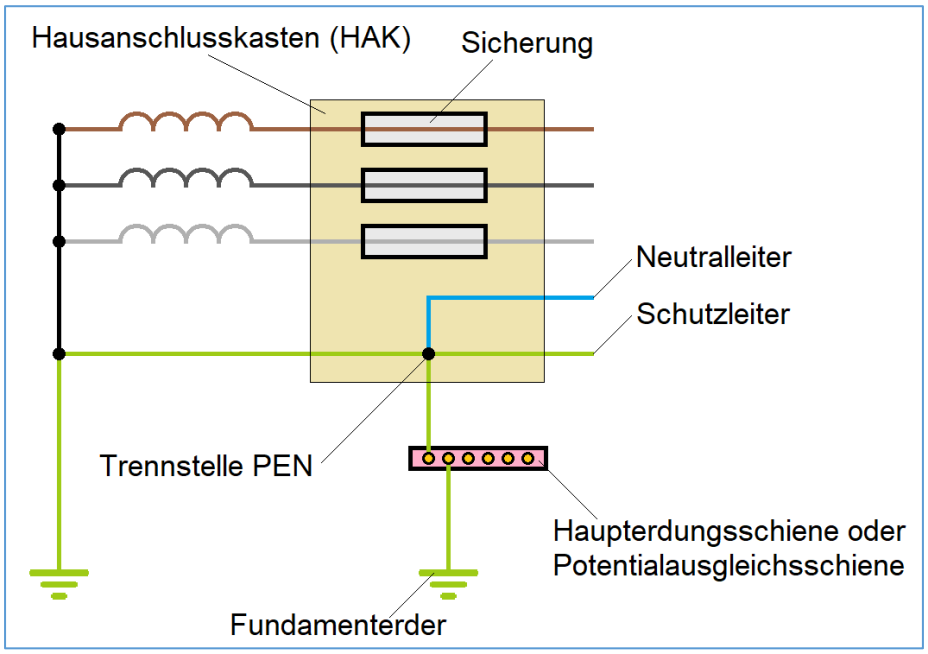


Bild 63

Das gelb markierte Feld stellt den **Hausanschlusskasten (HAK)** inklusive aller internen Komponenten dar *(Bild 63)*.

Zu Beginn wird jeder der drei Außenleiter, die vom Transformator stammen, an ein **Sicherungselement** angeschlossen. Dies stellt den ersten Ort im Gebäude dar, an dem der Stromkreis abgesichert wird.

Weiter unten auf der Zeichnung befindet sich die **Trennstelle**, an der der **PEN-Leiter aufgeteilt wird**.

Aus dem PEN-Leiter werden nun **Neutralleiter** und **Schutzleiter**, die für die Elektroinstallation erforderlich sind und, wie bereits erläutert, unterschiedliche Funktionen erfüllen.

Der PEN-Leiter verläuft vom Transformator bis zum Hausanschlusskasten, wo er in Neutral- und Schutzleiter aufgeteilt wird. Dieses System nennt man **TN-C**.

Das **TN-C** System wird hauptsächlich aus wirtschaftlichen Gründen eingesetzt (Kupfereinsparung).

Ausgeschrieben wird es französisch «Terre Neutre Combiné». Das bedeutet so viel wie Erde und Neutral kombiniert.

Sind Neutral- und Schutzleiter separat geführt, wie nach dem HAK, nennt man das ein **TN-S** System. Auch wieder französisch «Terre Neutre Séparé». Das bedeutet so viel wie Erde und Neutral getrennt.

Der Hausanschluss in der Praxis

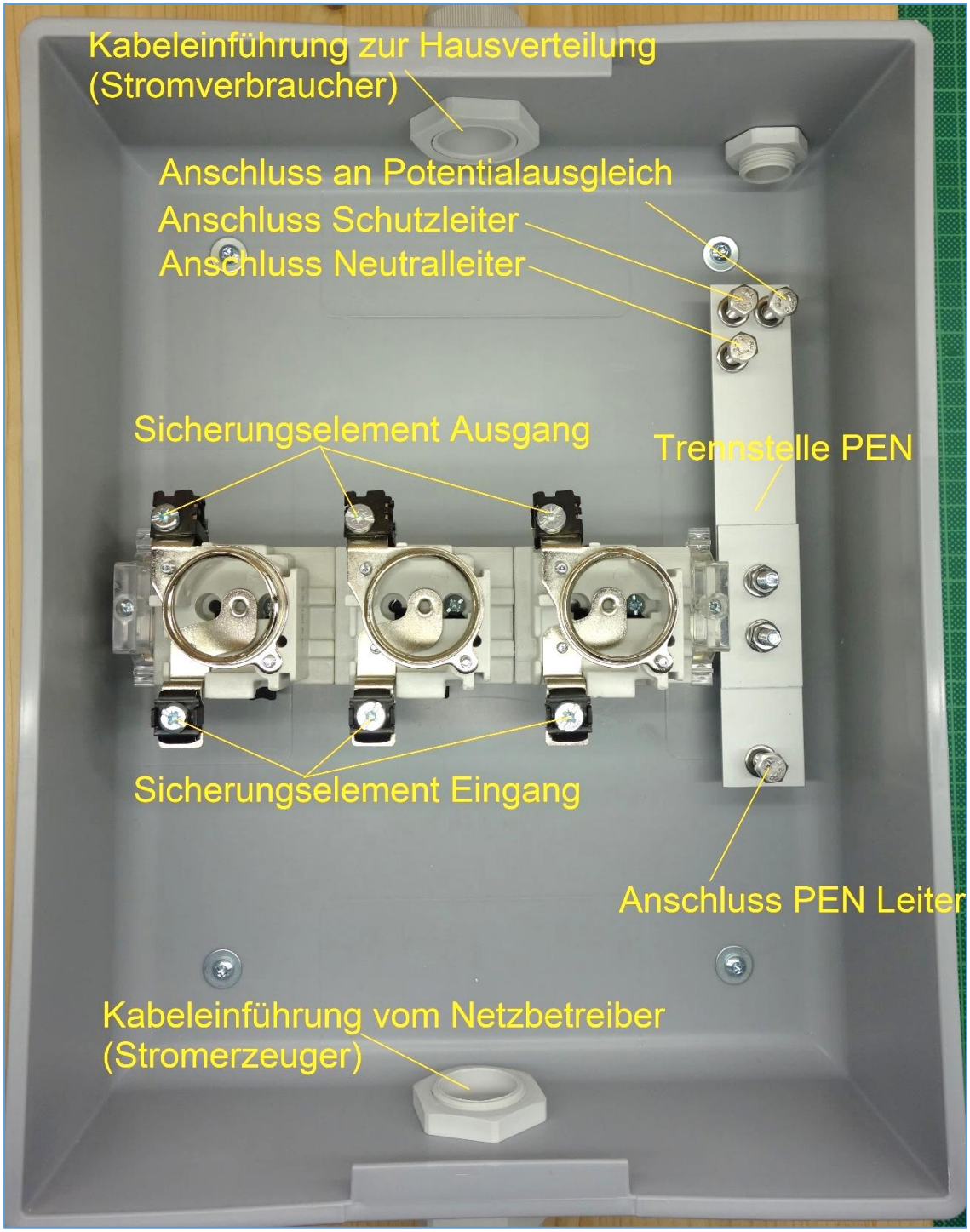


Bild 64

Das Innere eines Hausanschlusskastens präsentiert sich in einer sehr einfachen Struktur. Der Aufbau ist klar und übersichtlich gestaltet *(Bild 64)*.

In der Mitte des Kastens sind **drei Sicherungselemente** für Schraubsicherungen der Baugröße D3 (DIII), die Schraubsicherungen von 35A bis 63A aufnehmen kann. An diese werden die drei Außenleiter angeschlossen.

Ein Sicherungselement macht nichts anderes, als die Leitung **aufzutrennen**.

Mit dem Einsetzen der Sicherung wird der Stromkreis wieder geschlossen. Der elektrische Strom fließt nun durch die eingesetzte Sicherung, wodurch die Leitung von diesem Punkt an geschützt ist.

Anstelle von Schraubsicherungselementen, werden auch oft NH-Sicherungselemente im Hausanschlusskasten verwendet. Diese sind in der Lage, auch größere Ströme abzusichern, dürfen aber nicht von Laien bedient werden.

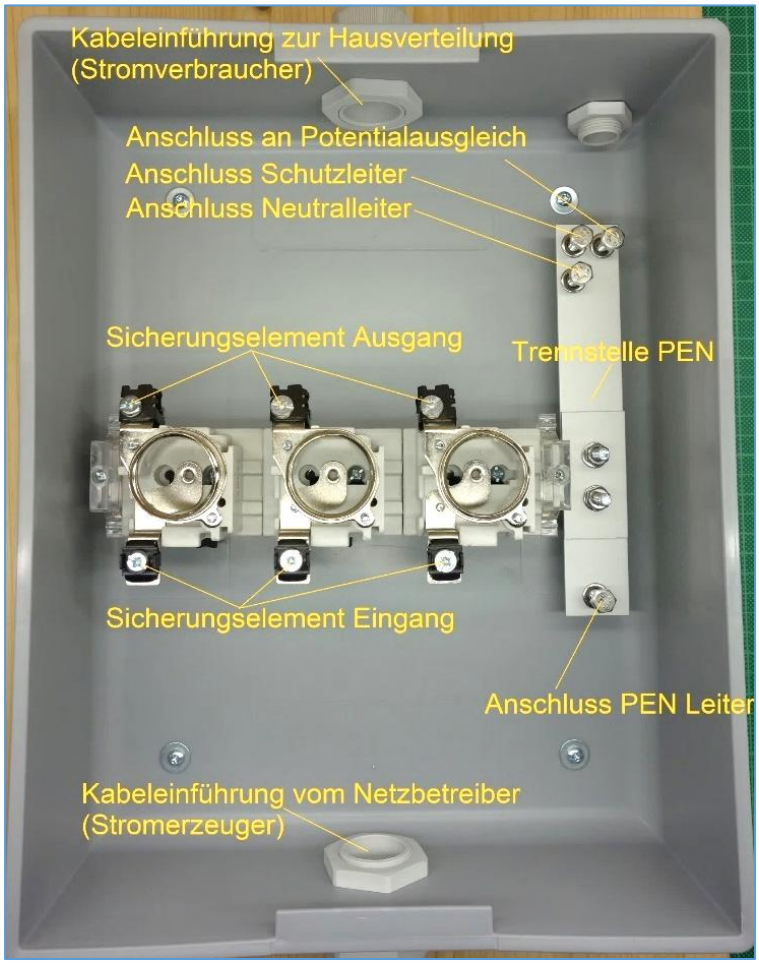


Bild 65

Rechts befindet sich die **Trennstelle**, die mit den Schrauben für die Anschlüsse ausgestattet ist. Diese ist vollständig verbunden *(Bild 65)*.

Die beiden Schrauben in der Mitte der Schiene können gelöst werden, um das Verbindungselement, welches als Neutralleitertrenner bezeichnet wird, zu entfernen. Nach dem Öffnen ist der PEN-Anschluss von den übrigen Anschlüssen getrennt.

Diese Trennung darf nur in stromlosem Zustand durchgeführt werden und dient zu Messzwecken. Wird der Neutralleitertrenner unter Strom geöffnet, können verheerende Schäden an der Elektrik bzw. der Elektronik die Folge sein.

Anschluss eingangsseitig

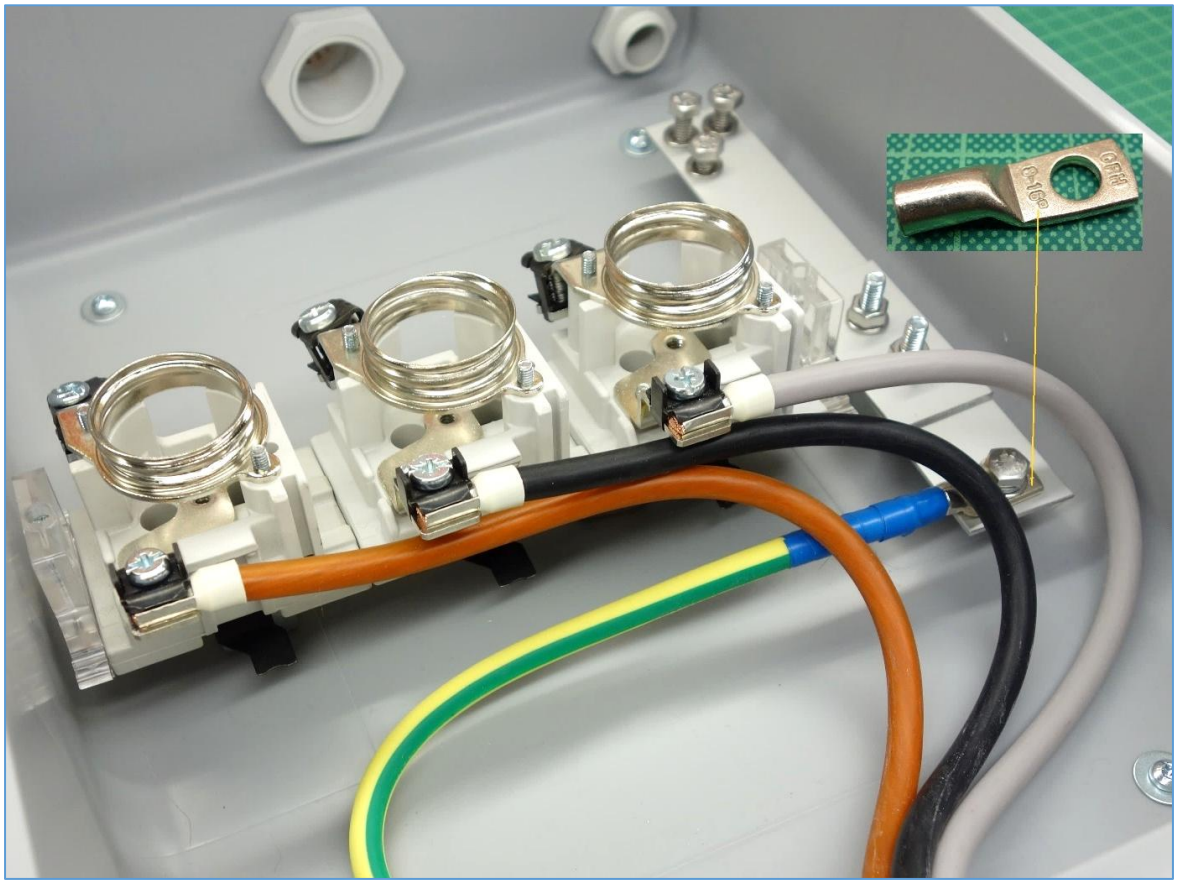


Bild 66

Nachdem der Netzbetreiber die Zuleitung angeschlossen hat, sieht es folgendermaßen aus *(Bild 66)*.

Der PEN-Leiter (gelb-grün) wurde mithilfe eines Kabelschuhs an die Schiene angeschlossen.

Kabelschuhe werden mit dem Kupfer eines Kabels verpresst und verfügen über eine Öse. Sie werden verwendet, wenn eine Verbindung zu einer Schraube hergestellt werden muss.

Als PEN-Leiter wird immer der gelb-grüne Schutzleiterdraht verwendet. Dieser muss zusätzlich an den Enden der Leitung **blau gekennzeichnet sein**.

So kann dieser unmissverständlich als solcher (PEN) erkannt werden. Blau ist die Farbe des Neutalleiters und so wird verständlich gemacht, dass sowohl Schutz- als auch Neutralleiter in diesem Leiter kombiniert sind.

Die drei Außenleiter (**L1, L2,** L3) werden auf der Eingangsseite des Sicherungselements angeschlossen.

Da es sich um ein flexibles Litzenkabel handelt, ist es erforderlich, die abisolierten Enden mit einer Aderendhülse zu versehen, um einen sicheren und sauberen Kontakt des Drahtes zu gewährleisten.

Anschluss ausgangsseitig

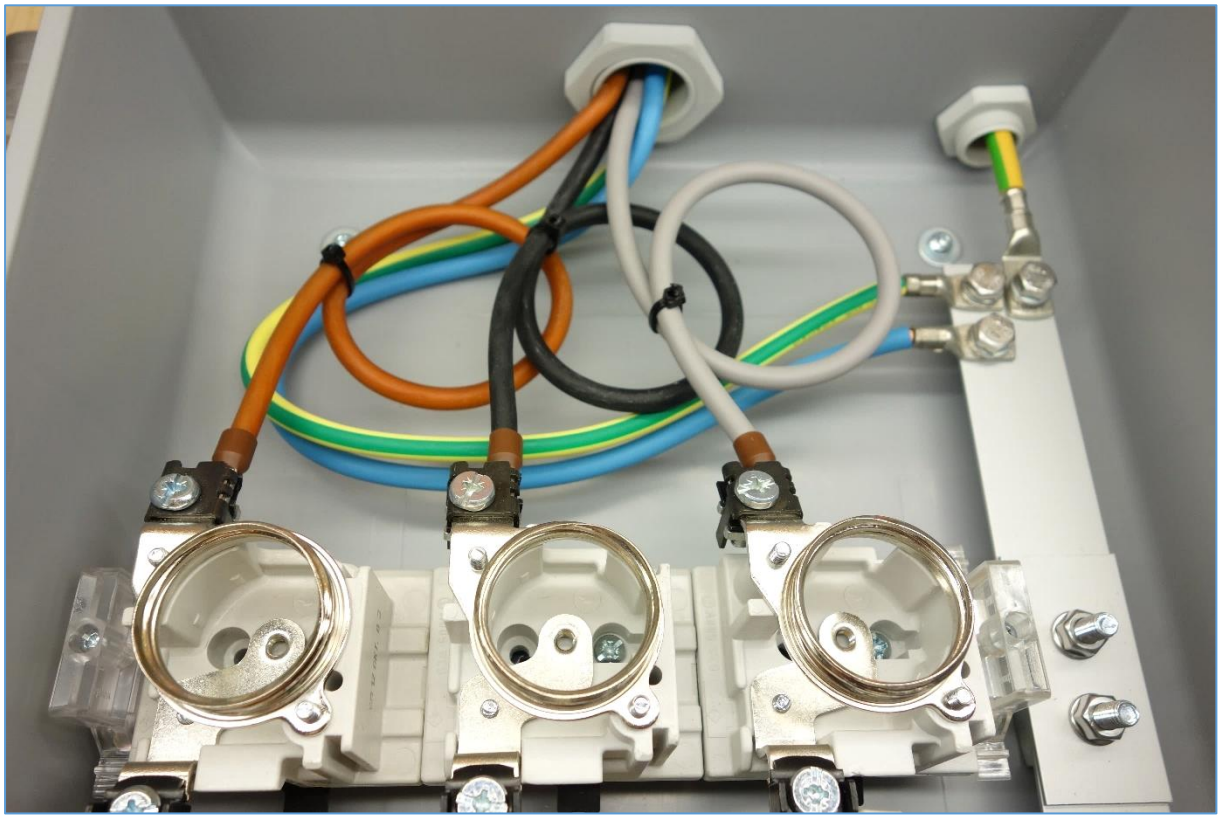


Bild 67

Die Installation auf der Verbraucherseite wird von dem beauftragten Elektriker durchgeführt *(Bild 67)*.

Die drei Außenleiter werden erneut an das Sicherungselement angeschlossen, diesmal auf der Ausgangsseite.

Wie nun ersichtlich ist, handelt es sich bei diesem Kabel um ein **fünfadriges Kabel**, da beim Verbraucher die Schutz- und Neutralleiter getrennt installiert werden.

Der obere rechte Anschluss verbindet den Hauptpotentialausgleich des Hauses mit der Fundamenterdung. Mehr dazu später.

Der Hausanschlusskasten darf ausschließlich von einem zugelassenen Fachmann (Netzbetreiber) geöffnet werden. Nach der Installation wird der Hausanschlusskasten versiegelt, um unerlaubte Entnahmen von Strom zu verhindern.

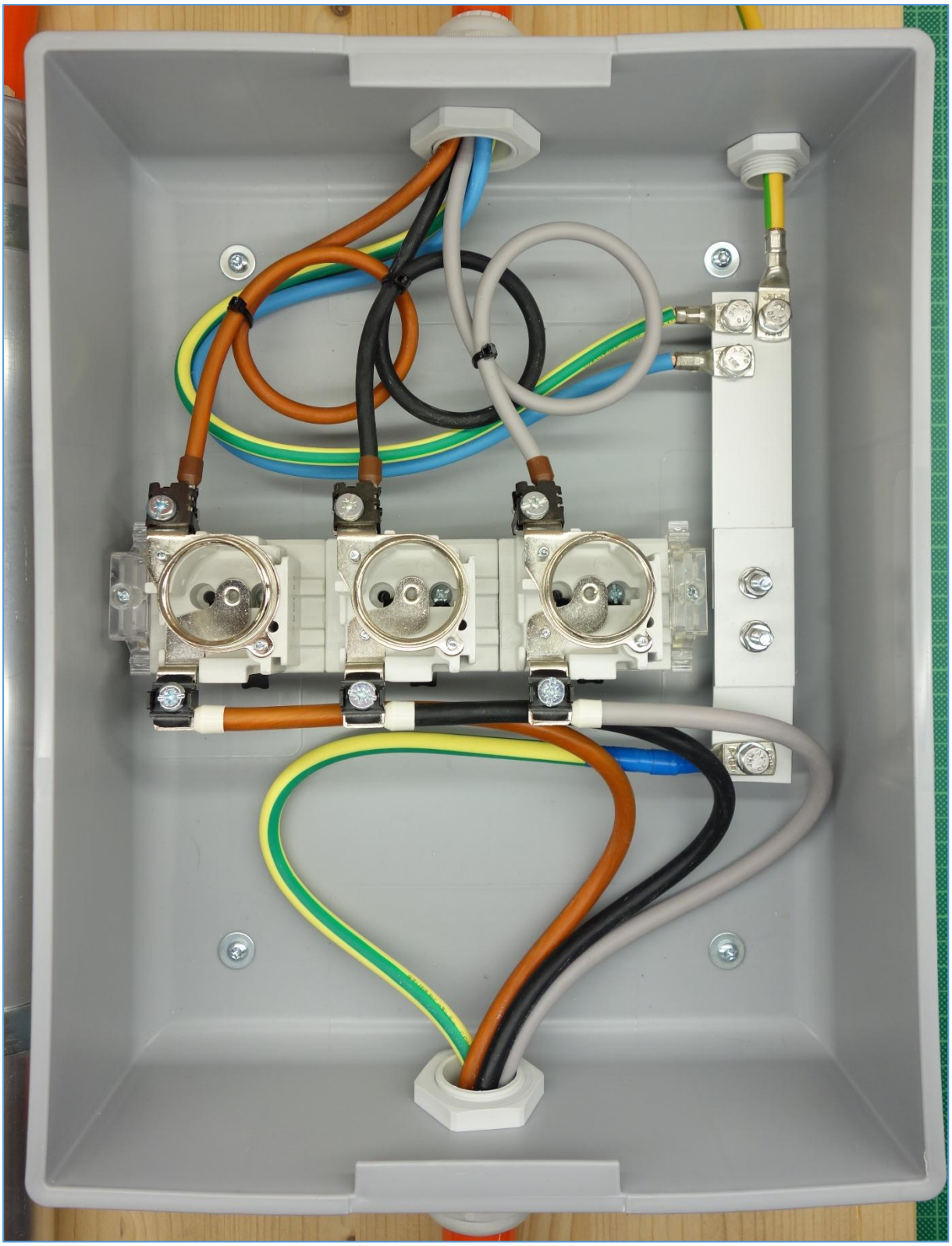


Bild 68

Sobald alles sicher und sauber angeschlossen ist *(Bild 68)*, können die inneren Abdeckungen angebracht werden, die den Berührungsschutz gewährleisten.

Nachdem die Installation betriebsbereit ist, müssen die entsprechenden Passschrauben und Sicherungen eingesetzt sowie die äußere Abdeckung geschlossen werden.

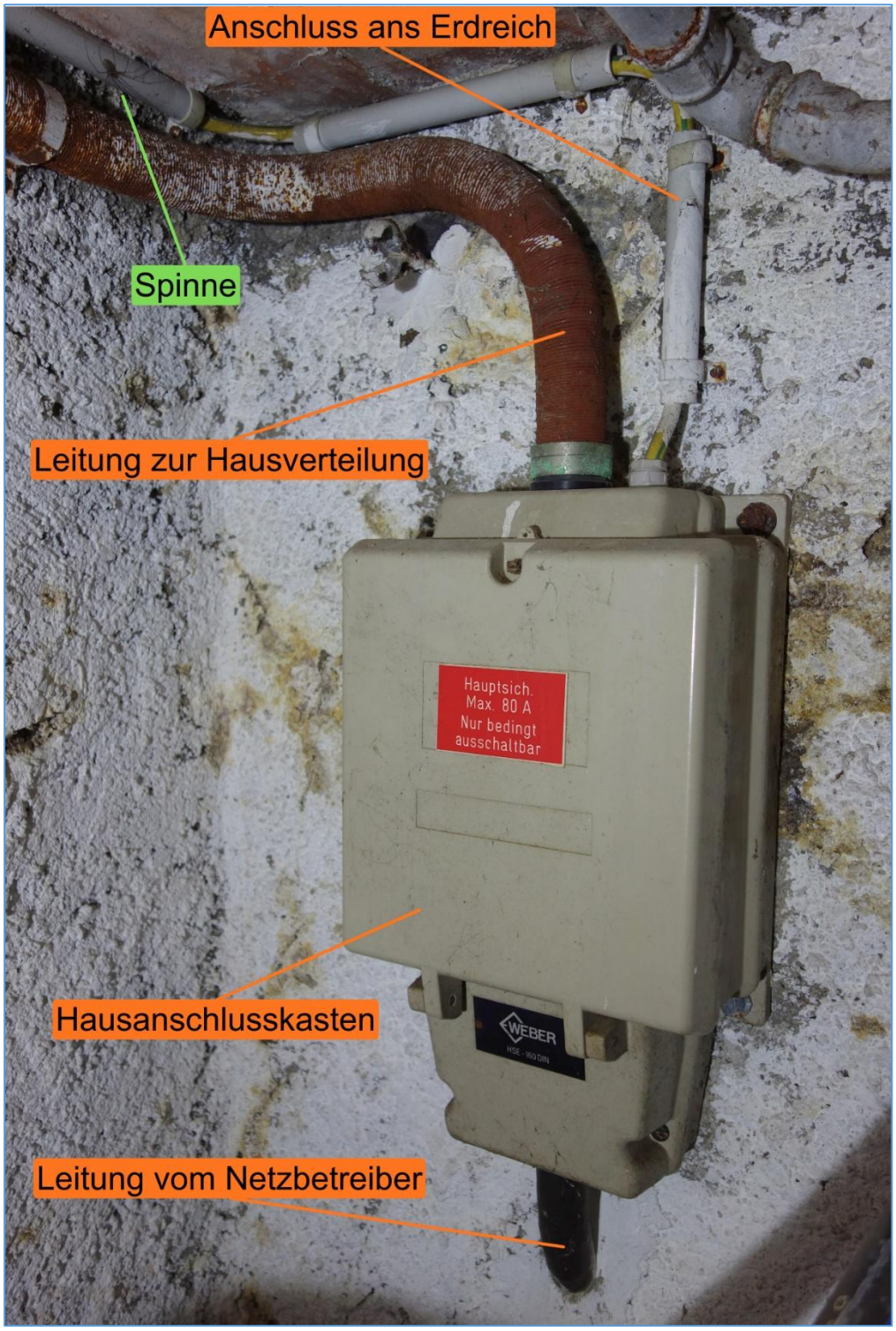


Bild 69

Dies ist ein Beispiel für einen Hausanschlusskasten, wie er in einem Wohnhaus vorkommen könnte *(Bild 69)*.

Dieses Modell stammt aus einer früheren Zeit, als die Verbindung zum Erdreich mittels Wasserleitung hergestellt wurde.

Achtung: Diese veraltete Art der Erdung sollte schnellstmöglich geändert werden!

Heute wird der Hausanschlusskasten mit der sogenannten Fundamenterdung verbunden.

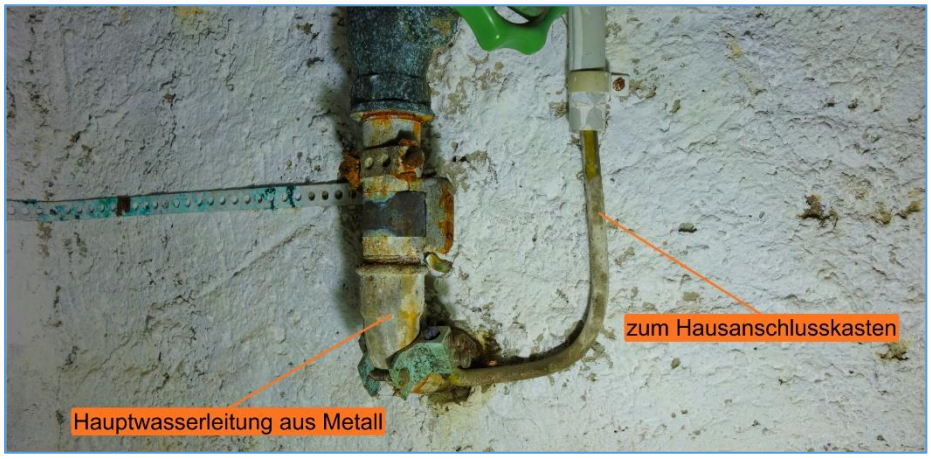


Bild 70

Die bestehenden Wasserleitungen bestehen aus Metall und sind daher leitfähig. Die Verbindung zwischen Wasserrohr und Kabel wird mittels einer speziellen Rohrschelle hergestellt *(Bild 70)*.

Im Zuge der laufenden Sanierungen werden alte Wasserleitungen immer mehr durch Kunststoffrohrleitungen ersetzt.

In diesem Fall muss eine andere Lösung gefunden werden, um eine neue Verbindung mit dem Erdreich herzustellen.

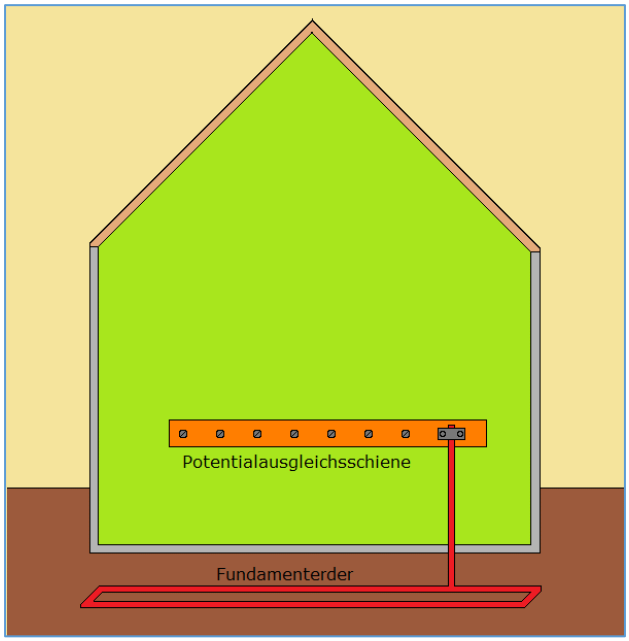


Bild 71

Beim Bau eines neuen Hauses wird die Verbindung mit dem Erdreich durch eine sogenannte **Fundamenterdung** hergestellt. Hierbei wird Flachstahl mit einem bestimmten Querschnitt im Fundament unter den Außenmauern in den Beton eingelegt und mit der Armierung verbunden *(Bild 71)*.

So wird eine widerstandsarme (niederohmige) Verbindung mit dem Erdreich hergestellt.

Verbindung zwischen PEN und Potentialausgleich

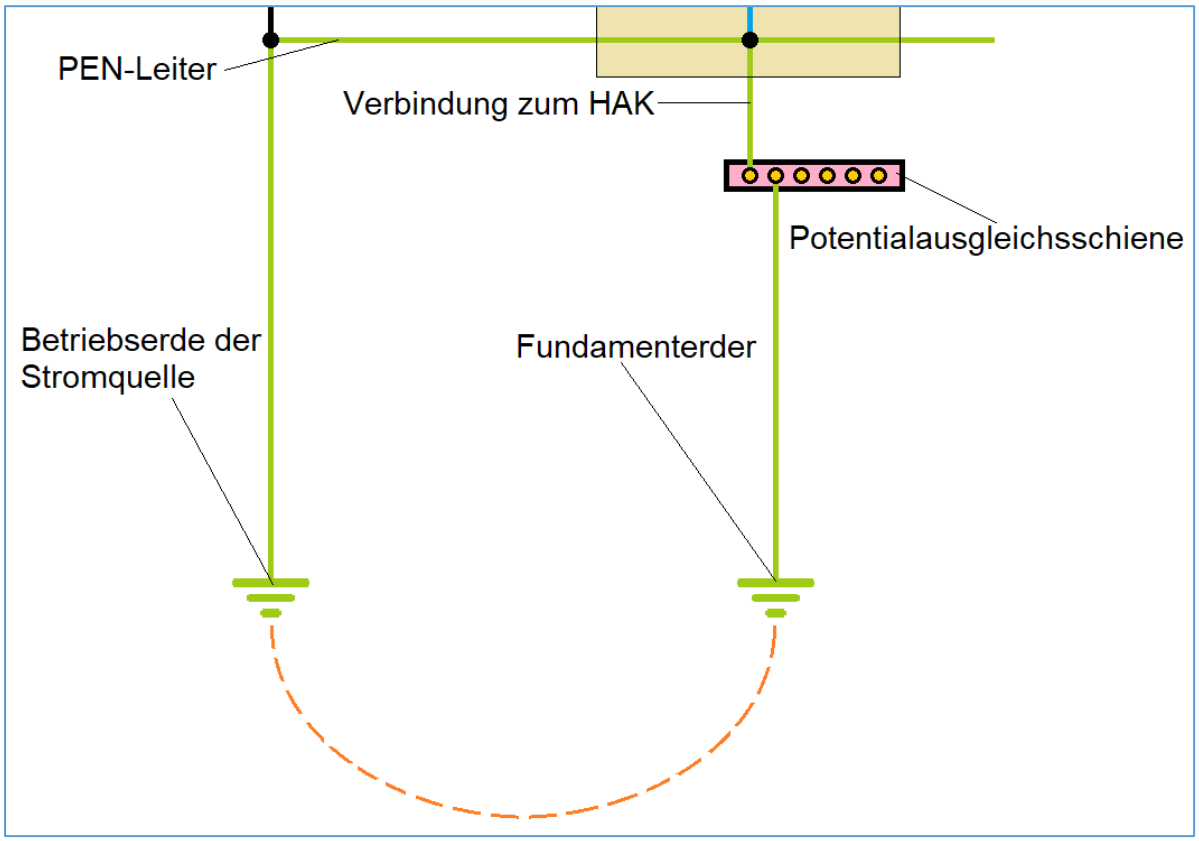


Bild 72

Wie bereits erläutert, werden bei dieser Installation **zwei** Verbindungen vom Stromerzeuger zum Verbraucher hergestellt *(Bild 72)*.

Die erste Verbindung ist der PEN-Leiter, der fest mit einem Leiter verbunden ist und die andere «Verbindung» wird über das Erdreich hergestellt.

Der elektrische Strom folgt stets dem Weg des geringsten Widerstandes, weshalb es möglich ist, dass bestimmte Ströme durch das Erdreich fließen, um den Stromkreis zu schließen.

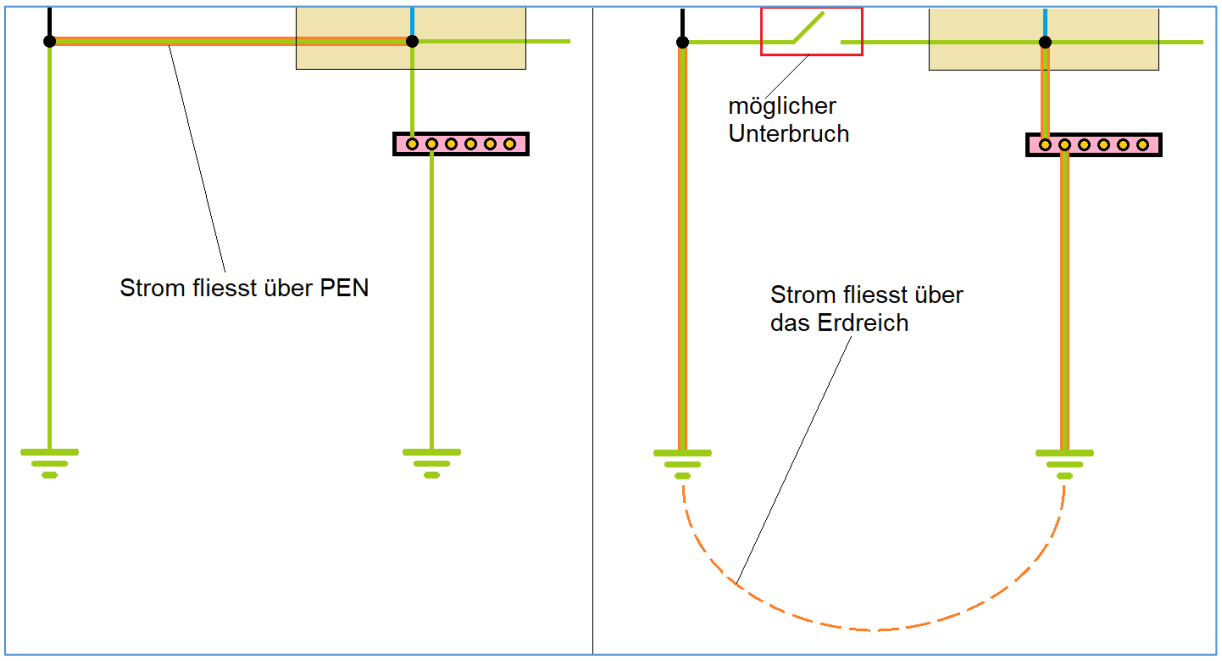


Bild 73

Ein weiterer wichtiger Grund für die Verbindung mit dem Erdreich ist der mögliche **Ausfall des PEN-Leiters**. Sollte dieser ausfallen, könnte dies zu erheblichen Schäden an der Installation und der Elektronik führen.

Durch die zusätzliche Erdverbindung wird der Stromkreis über das Erdreich geschlossen, wodurch schwerwiegendere Folgen verhindert werden können (*Bild 73*).

Stromzähler, Sicherung und Verbraucher

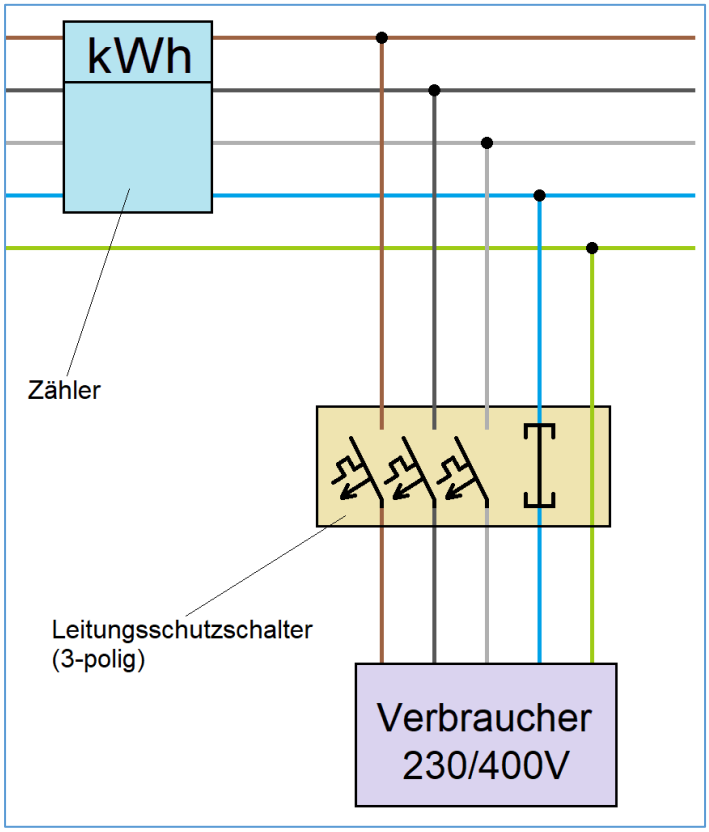


Bild 74

Weiter geht es mit dem letzten Teil des Installations-Stromkreises. Vom zuvor gezeigten Hausanschlusskasten führt die Leitung nun über den Stromzähler.

Dies bedeutet, dass alle Geräte, die nach dem Stromzähler angeschlossen werden, erfasst und abgerechnet werden.

Der Stromzähler ist in der Regel an der Hauptverteilung angebracht. Folglich befindet sich alles, was in dieser Zeichnung dargestellt ist, ebenfalls innerhalb der Elektroverteilung (Sicherungskasten) *(Bild 74)*.

Nachdem der Strom gemessen wurde, kann er dem Verbraucher zugeführt werden. Vorher muss jedoch ein Leitungsschutzschalter als Sicherung sicherstellen, dass im Falle eines Fehlers keine Schäden entstehen.

Übersicht und praktisches Beispiel

Bild 75 veranschaulicht den vollständigen Installations-Stromkreis, auf den ich in späteren Erklärungen zur Verdeutlichung immer wieder zurückgreifen werde.

Begonnen beim **Transformator**, führt eine **4-adrige Leitung** ins Haus zum **Hausanschlusskasten**.

Hier wird das 4-adrige Kabel mit dem PEN-Leiter zu einem **5-adrigen Kabel** mit Schutz- und Neutralleiter aufgeteilt.

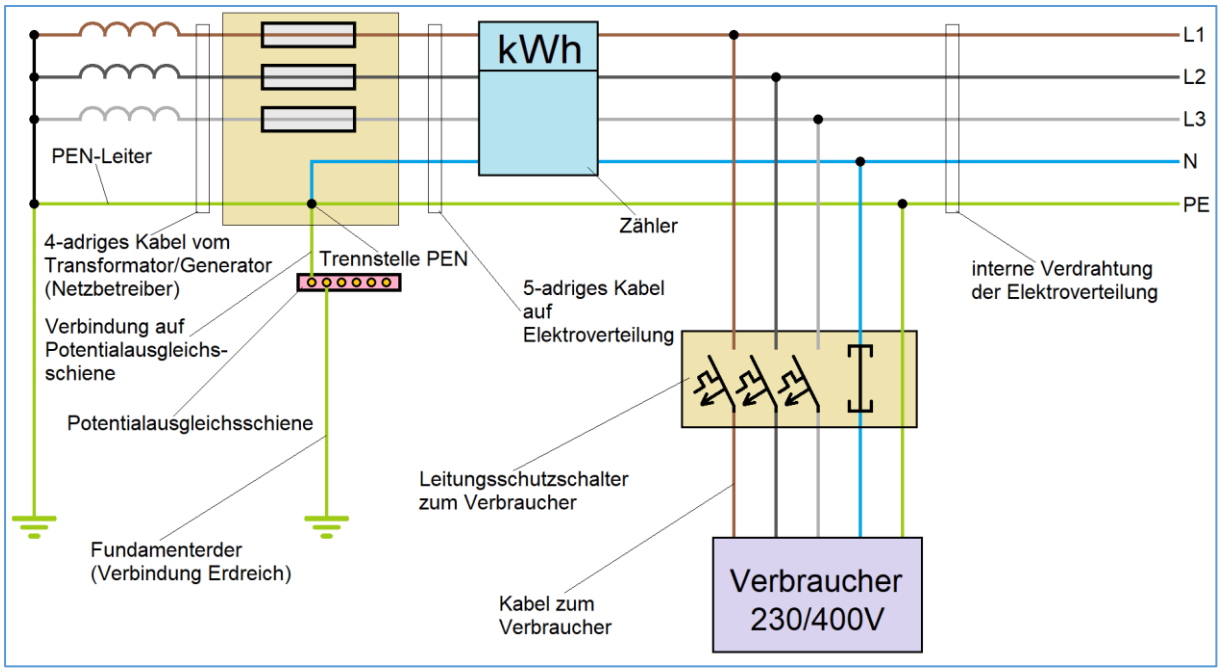


Bild 75

Gleichzeitig wird der Hausanschlusskasten mit dem **Potentialausgleich** verbunden, der Kontakt mit dem Erdreich über den **Fundamenterder** herstellt und somit auch eine zusätzliche Verbindung zur Stromquelle.

Vom Hausanschlusskasten führt die 5-adrige Leitung nun auf die **Elektroverteilung** über den **Stromzähler**.

Danach kann der Strom dem Verbraucher zur Verfügung gestellt werden, wenn dieser zuvor über die nötige Schutzeinrichtung (**Leitungsschutzschalter)** geführt wurde.

Die nächste Seite zeigt ein Bild mit der vollständigen Übersicht von der Stromerzeugung bis hin zum Installationsstromkreis.

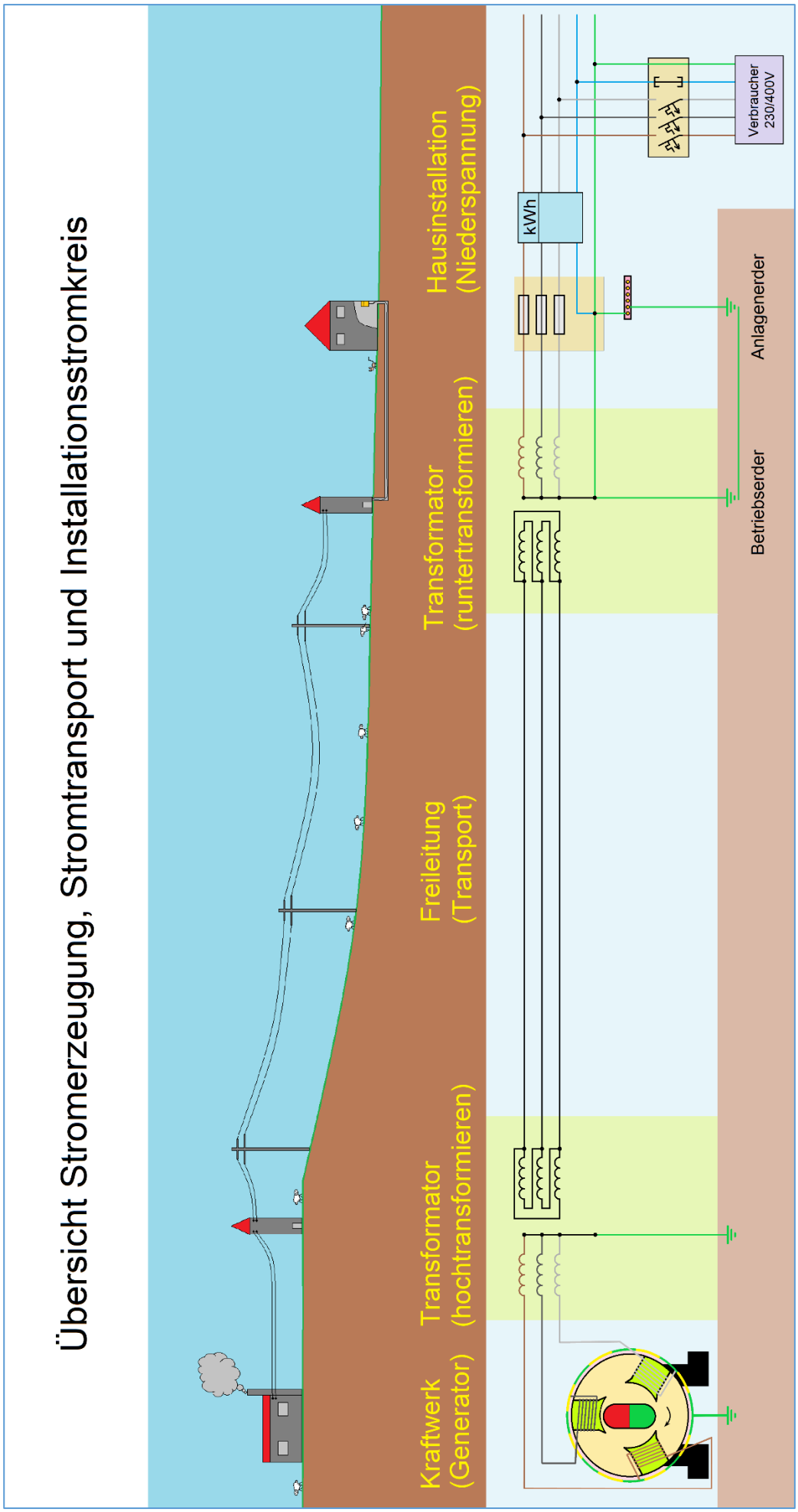

Übersicht Stromerzeugung, Stromtransport und Installationsstromkreis
Kraftwerk (Generator)
Transformator (hochtransformieren)
Freileitung (Transport)
Transformator (runtertransformieren)
Hausinstallation (Niederspannung)
kWh
Verbraucher 230/400V
Betriebserder
Anlagenerder

Bild 76

Die *Bilder 77 und 78* auf der folgenden Seite zeigen die theoretische sowie praktische Umsetzung der beschriebenen Installation. Diese wurde in einer Werkstatt vorbereitet.

Um diesen **Installation-Stromkreis** zu erklären, musste ich etwas vorgreifen. Wie diese Hauptverteilung und der Rest der Installation entstehen, wird später erläutert.

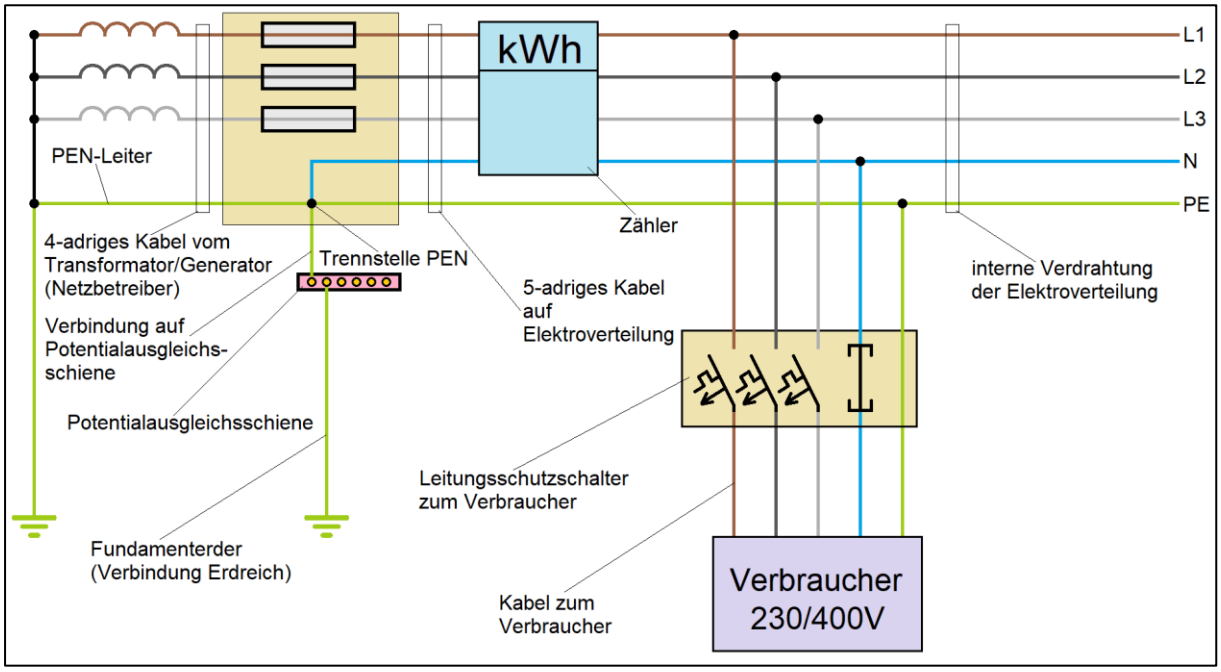


Bild 77

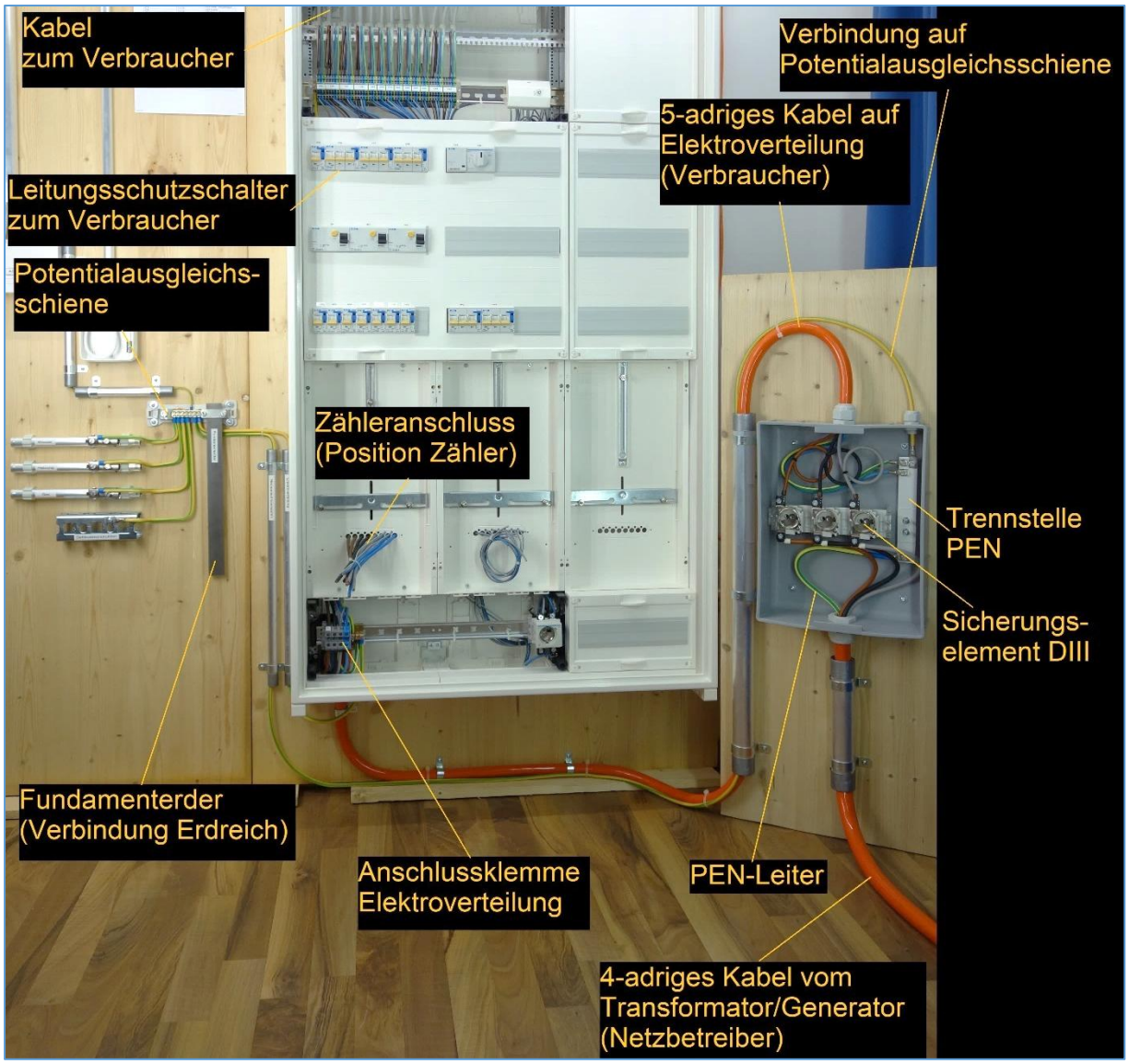
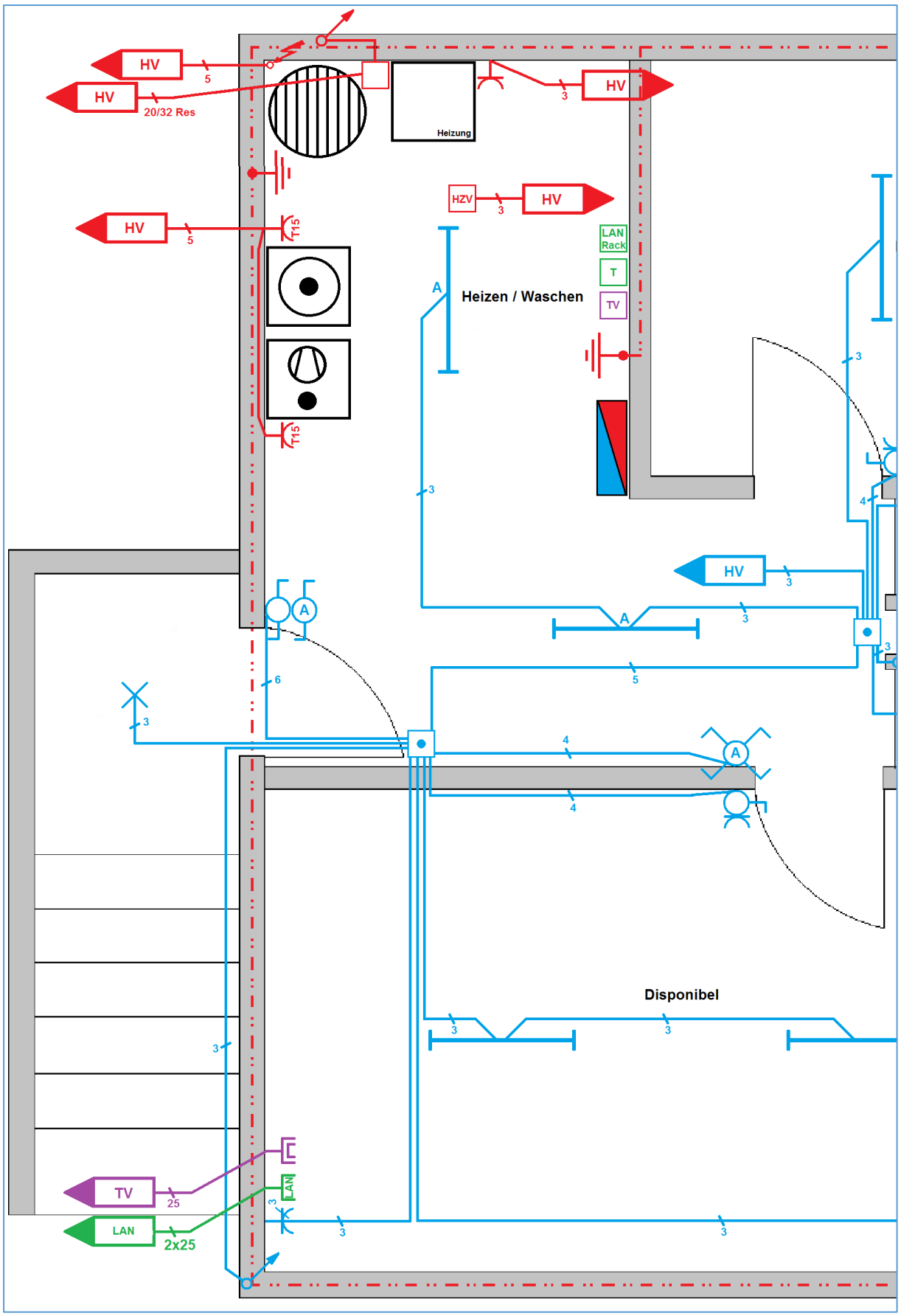


Bild 78

2.0 Elektroplanung



Um den gesamten Umfang einer Elektroinstallation zu erfassen und zu verstehen, ist es sinnvoll, zunächst zu lernen, wie ein **Elektroinstallationsplan** gezeichnet wird.

Hier erkläre ich Schritt für Schritt, wie man einen Elektroinstallationsplan erstellt, einschließlich **Starkstrom**- und **Schwachstrom-Installationen**.

Ziel ist es, einen kompletten Installationsplan zeichnen und verstehen zu können.

Um dieses Ziel zu erreichen, werde ich zunächst einzelne Elemente für das Zeichnen eines Installationsplanes näher erklären und diese am Schluss in Form eines **kompletten** dreistöckigen Installationsplanes zusammenfügen.

Die Planung erfolgt nach der Installationsmethode, bei der Installationen und Rohrleitungen im Beton verlegt werden.

2.1 Grundlagen des Zeichnens

Grundriss Plan

Um einen Installationsplan zeichnen zu können, benötigt man zuerst einen **Grundriss**.

Der Architekt erstellt diesen Plan und stellt ihn uns zur Verfügung. In der Regel wird ein Plan im Maßstab **1:50** benötigt.

Große und übersichtliche Projektpläne sind im Maßstab von **1:100** zu zeichnen.

Detailpläne z.B. Küchenpläne sind üblich im Maßstab von **1:20** ausgeführt.

Maßstab

Was bedeutet nun 1:50? Im Vergleich zum Original, also dem echten Objekt, wird der Plan **50-mal kleiner** dargestellt. Nehmen wir einen Meter, also 100cm, teilt man das Ganze durch 50 ergibt das dann 2cm. Somit ist eine **1-Meter** breite Haustür auf dem Papier noch **2cm breit**.

Ich benutze meistens die Formel, die im Kopf einfacher zu rechnen ist: **mal 2, geteilt durch 100**. Irgendwann geht das wie von allein.

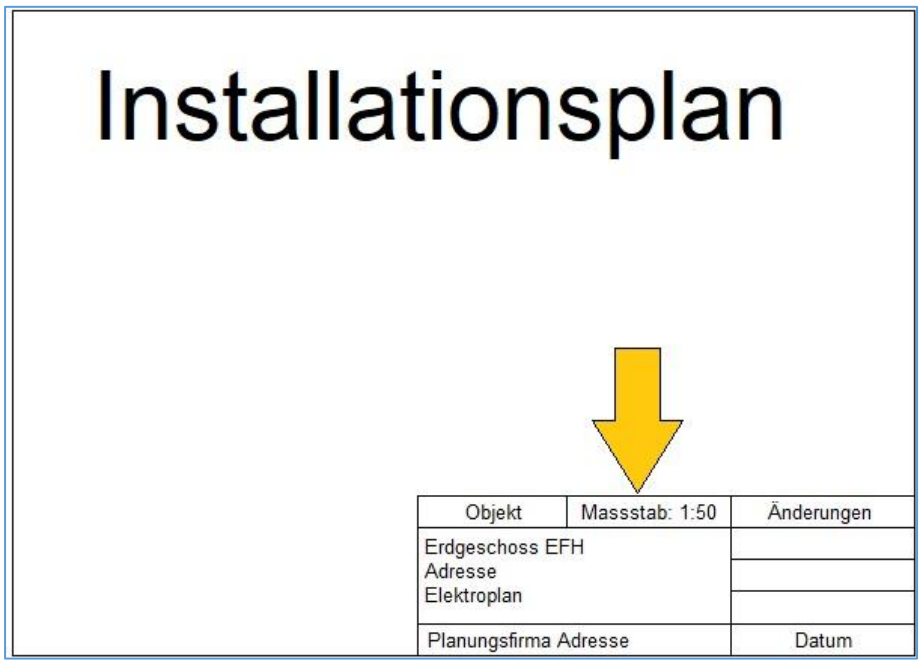


Bild 79

Auf dem Installationsplan ist der Maßstab und weitere wichtigen Informationen, wie Objekt und Stockwerk, normalerweise unten rechts vermerkt *(Bild 79)*.

Wie erkennt man den Maßstab eines Plans ohne Angaben? Wenn keine Maße vermerkt sind, orientiert man sich an Objekten mit bekannter Größe.

In diesem Fall wähle ich eine Standardtür, die in der Regel eine Breite zwischen 80 und 100 cm hat.

Dies entspricht auf einem Plan im Maßstab 1:50 einer Breite von 1,6 bis 2 cm. Dadurch kann man klar erkennen, ob es sich um einen Plan im Maßstab 1:100, 1:50, 1:20 oder um eine andere Ausführung handelt.

Für Personen, die sich das Umrechnen ersparen möchten, stehen Maßstab-Lineale zur Verfügung. Diese Lineale sind mit verschiedenen aufgedruckten Maßstäben erhältlich.

Ende der Leseprobe

Zu lesen war das erste und ein Teil vom zweiten Kapitel vom Fachbuch

Praxis Elektrik – von der Planung bis zur Endkontrolle.

Ein kleiner, hoffentlich positiver Eindruck darauf, was im kompletten Buch (452 Seiten) noch zu erwarten ist.

Im Inhaltsverzeichnis, ganz am Anfang der Leseprobe ist nachzulesen, welche Themen dieses Buch noch weiter behandelt.

eBook kaufen: 47€

Ausgeschriebener Link: *https://www.digistore24.com/product/319140*

Printausgabe kaufen: 59€

Ausgeschriebener Link: *https://www.amazon.de/dp/B0FQJ3FQTM*

Beste Grüße / Matthias Hallwyler / Elektricks.com