



Praxis Elektrik - von der Planung bis zur Endkontrolle



Inhaltsverzeichnis

	0
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
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	41
Symmetrische Belastung Strom	43
Unsymmetrische Belastung	46
Die 6 Stromkreise im Drehstromnetz	47
Die aktiven Leiter	49
Die drei Außenleiter	50
Der Neutralleiter	50
Der Schutzleiter	53
1.12 Der Installations-Stromkreis	54
Der Hausanschlusskasten	58
Der Hausanschluss in der Praxis	59
Verbindung zwischen PEN und Potentialausgleich	66
Stromzähler, Sicherung und Verbraucher	68
Übersicht und praktisches Beispiel	69

2.0 Elektroplanung	72
2.1 Grundlagen des Zeichnens	73
Grundriss Plan	73
Maßstab	74
2.2 Installationsarten	75
Auf Putz	75
Unter Putz	76
2.3 Elektrosymbole im Installationsplan	77
Farbcodes in Installationsplänen	78
Allgemeine Symbole	79
Erdung und Potenzialausgleich Symbole	81
Schalter Symbole	82
Kombinationen Symbole	84
Steckdosen Symbole	85
Sensoren	86
Energieverbraucher Symbole	87
Leuchten Symbole	89
Telefon Symbole	90
Akustik Symbole	92
Video, Radio, TV-Symbole	92
Klingel und Gegensprechanlage	93
2.4 Boden- und Deckenleitungen, Leitungsbeschriftung	94
Elektroinstallation zeichnen	94
Über Boden, Wand und Decke installieren	96
2.5 Bezeichnungen	100
Was sollte man beachten?	101
Anzahl Drähte	102
Zusammengehörigkeit	103
2.6 Steigleitungen	104
Leitungen nach oben bzw. nach unten	104
Steigleitung	107
Warum ist es wichtig, die Steigleitungen einzuzeichnen?	109
2.7 Küchenplanung	112
Küche im Installationsplan	113
2.8 Installationsplan zeichnen	114
Aufteilung der Beleuchtungsstromkreise	114
Abzweigdosen, Verteildosen	115
Erster Schritt im Untergeschoss	117
Kraftanschlüsse im Untergeschoss	119
Elektroplanung im Erdgeschoss	123
Elektroplanung im Obergeschoss	125
Installation in der Praxis	127
2.9 Verteilschema erstellen (einpolig)	129
2.10 Elektroschaltplan erstellen (allpolig)	130
Blatt, Pfad und Kennbuchstaben	131
3.0 Elektroverteilung nach Schaltplan bauen	135
3.1 Erste Schritte	137
Verteilungsgehäuse	137
Kabelbefestigung und Hutschiene	138
3.2 Bestückung	140

3.3 Verdrahtung Teil 1	145
3.4 Sammelschiene	151
3.5 Verdrahtung Teil 2	155
3.6 Netzkommando Steuerung (TRE)	171
3.7 Die Fertigstellung	181
3.8 Stromzähler Anschluss	183
3.9 Wie misst der Zähler den Strom?	184
Spannung Messen	184
Strom Messen	184
Spannung und Strom Messen	185
Schaltplan (Zähler)	186
3.10 Beschriftung und Abdeckung	188
Legende Elektroverteilung	190
4.0 Hausinstallation Praxis	192
4.1 Starkstrom Installation Teil 1	194
Zuleitungen im Installationsplan	194
Zuleitungen in der Praxis	195
Festanschlüsse (Kraft)	201
Steckdosenanschluss (Kraft)	205
Lichtinstallation	209
Prinzip Heizungsverteilung und Raumthermostat	210
Installation Raumthermostat und Heizungsverteiler	213
4.2 Die Netzwerkinstallation	226
Kabelarten	229
Installation	232
Trennung von Stark- und Schwachstrom	233
Anschluss der Dosen	234
Abschirmung und Erdung	245
Messung	248
Beschriftung	249
4.3 TV-Installation	250
Koaxialkabel	251
Berechnung des Pegels	252
Einheitspegelnetz (Fixpegel)	252
Bedarfspegelnetz	254
Installation	255
4.4 Starkstrom Installation Teil 2	263
Aufschalten der Zuleitungen an der Elektroverteilung	264
Beschriftung der Installation	267
Fehlende Beschriftung ist teuer	267
Was sagen die Normen?	268
Beschriften in der Praxis	269
Niemals einer Beschriftung trauen	273
4.5 Der Potentialausgleich	274
Fundamenterdung	277
5.0 Die Endkontrolle	281
5.1 Das Messprotokoll	283
5.2 Sichtprüfung	285

5.3 Funktionsprüfung und Messung	288
5.4 Der Installationstester im Überblick	289
5.5 Isolationsmessung (R_{ISO})	292
Was wird gemessen?	294
Vorgehen	295
Praktisches Beispiel	296
Eintrag in das Messprotokoll	302
Sinn und Zweck eines Neutralleitertrenners	303
Was ist zu tun, wenn das Messresultat schlecht ist?	305
Fehlersuche	306
Immer komplett auftrennen	308
5.6 Niederohmmessung (R_{LO})	309
Messgeräte	309
5.7 Leitfähigkeit des Schutzleiters und des Potentialausgleichs (Niederohm Messung, R_{LO})	310
Praktisches Beispiel	312
Messung Schutzleiter	314
Messung Potentialausgleich	316
Eintrag in das Messprotokoll	317
Was tun, wenn die Messung fehlschlägt?	318
5.8 Der Leitungsschutzschalter	319
Sinn und Zweck des Leitungsschutzschalters	320
Der Aufbau eines Leitungsschutzschalters	322
Schaltzeichen, Symbol	324
Bemessungsströme der Leitungsschutzschalter	324
Montage eines LS	325
Gegen Einschalten sichern	326
Einspeisung und Anschluss	328
Schaltzustände	331
Hilfsschalter	332
Stromfluss im Detail	333
Das Schaltwerk und der Schaltmechanismus	334
Magnetischer Auslöser	337
Thermischer Auslöser	339
Bimetall, direkt und indirekt beheizt	340
Charakteristik der Leitungsschutzschalter	344
Kennlinie magnetischer Auslöser	346
Kennlinie thermischer Auslöser	348
Kennlinie magnetischer und thermischer Auslöser	350
Lichtbogenlöschkammer	353
Die Wahl des richtigen Leitungsschutzschalters	354
Maximale Abschaltzeiten der Stromkreise	355
Welcher Kurzschlussstrom muss mindestens eingehalten werden?	355
5.9 Die Kurzschlussstrom-Messung (I_K)	357
Messung am Anfang und am Ende der Leitung	358
Nennschaltvermögen am LS	359
Messen in der Praxis	360
Trip, No-Trip, was ist der Unterschied?	365
Eintrag in das Messprotokoll	366
Maßnahmen bei zu kleinem Kurzschlussstrom	367
5.10 Drehrichtung messen	368
Anschluss	369
Messung	370
Eintrag in das Messprotokoll	371

5.11 Der Fehlerstromschutzschalter	372
Der elektrische Unfall, was kann ohne FI passieren?	375
Wie funktioniert der FI-Schalter?	377
Der Aufbau eines Fehlerstromschutzschalters	382
Bemessungsstrom	383
Nennfehlerstrom	385
Schaltzustände	385
Typ (Art des Fehlerstromes)	386
Auflistung der Typen Symbole	387
Selektivität	388
Prüftaste	390
Anschluss eines RCD	390
Das Innere eines Fehlerstromschutzschalters	391
Messung eines Fehlerstromschutzschalters	402
RCD Prüfung Schritt 1, Prüftaste	403
RCD Prüfung Schritt 2, 50% des Nennfehlerstroms	403
RCD Prüfung Schritt 3, Nennfehlerstrom messen	404
RCD Prüfung Schritt 4, Dimensionierung und Absicherung	404
Eintrag in das Messprotokoll	405
Fehlauslösungen und Fehlerbehebung	406
Isolationsmessung vor dem Umbau	406
Häufige Fehler	407
Die Leckstrom-Messung	408
6.0 Sicherheit im Umgang mit Elektrizität	409
6.1 Die 5 Sicherheitsregeln vor der Arbeit	411
Regel 1: Für klare Aufträge sorgen	411
Regel 2: Nur geschultes Personal einsetzen	412
Regel 3: Sichere Arbeitsmittel	413
Regel 4: Persönliche Schutzausrüstung	427
Regel 5: Nur geprüfte Anlagen in Betrieb nehmen	429
6.2 Die 5 Sicherheitsregeln beim Freischalten der Spannung	430
Regel 1: Freischalten	431
Regel 2: gegen Wiedereinschalten sichern	433
Regel 3: Spannungsfreiheit feststellen	435
Regel 5: Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken	443
Schlusswort	444

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, meine Ausbildung zum Elektriker habe ich 1999 begonnen und kann heute eine Berufserfahrung von 20+ Jahren vorweisen.

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

Aufgrund der zahlreichen positiven Rückmeldungen und des starken Wissensdurstes der Webseitenbesucher habe ich mich dazu entschieden, dieses Fachbuch zu schreiben.

Ich schreibe dieses Buch in der «du» Form, da es eher meiner Art entspricht.

Über das Buch

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

Es ist eine Art Leitfaden vom Anfang bis zum Ende einer Installation.

Ich starte mit ein paar ausgewählten Grundlagen, der Planung und erkläre das Installieren selbst.

Weiter geht es, 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 zu einer besseren Informationsaufnahme dienen.

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

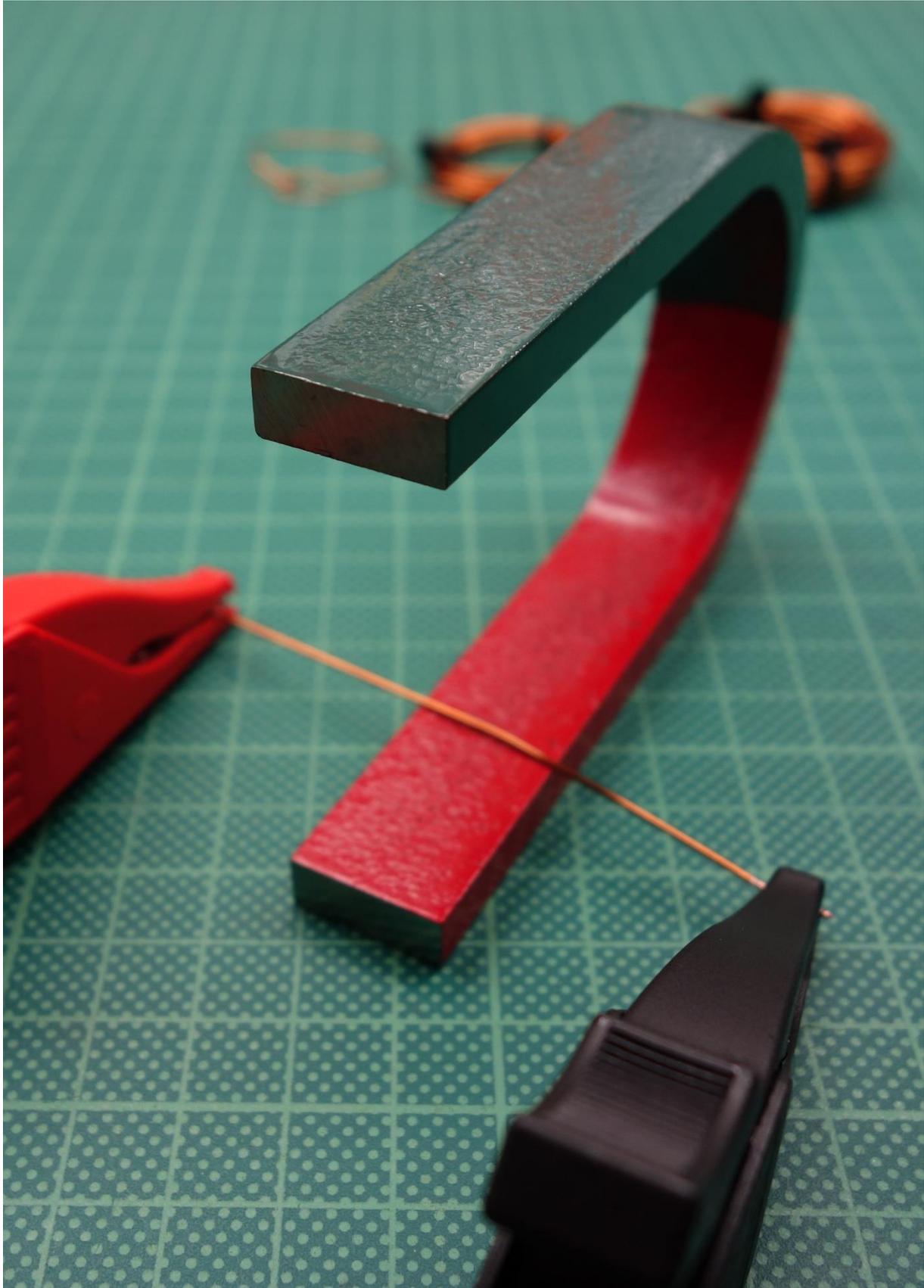
Mein Ziel war es, ein Fachbuch zu erschaffen, welches den komplexen Ablauf einer Elektroinstallation in einer gefilterten Form praxisnah wiedergibt.

Hiermit wünsche ich viel Spaß beim Lesen meines Buches und hoffe, vielen einen interessanten Einblick in diese Welt zu ermöglichen.

Dies gilt sowohl für alle, die dieses Fach noch nicht kennen, wie auch für solche, die sich in diesem Gebiet bereits auskennen und Ihr Wissen auffrischen möchten.

Los geht's!

1.0 Elektrik Grundlagen



1.1 Was ist elektrischer Strom?

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

Um den elektrischen Strom etwas besser zu begreifen, möchte ich dich zuerst über den Aufbau eines Atoms informieren.

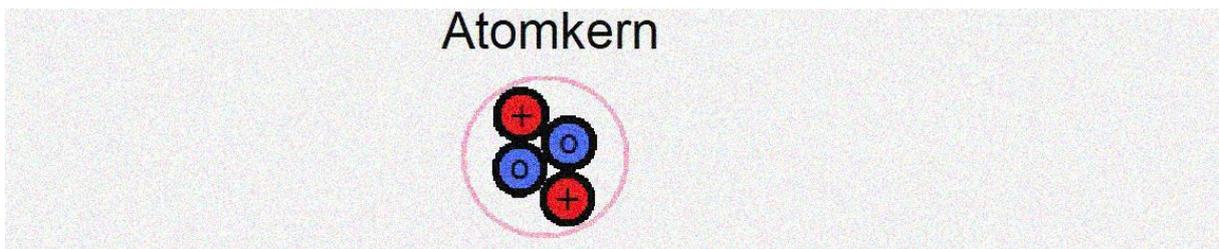
Das **Atom** hat nämlich sehr viel mit dem elektrischen Strom und dem elektrischen Leiter zu tun.

Der Aufbau eines Atoms

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

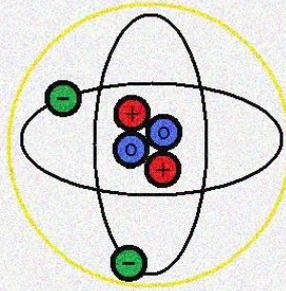
	Protonen positiv geladen +1 Masse im Verhältnis 1
	Neutronen keine Ladung Masse im Verhältnis 1
	Elektronen negativ geladen -1 Masse im Verhältnis 0.0005

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



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

Atomhülle



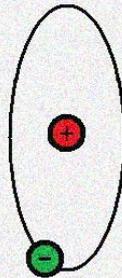
Die **Atomhülle** besteht aus vergleichbar viel leichteren, sehr schnell um den Kern laufenden **Elektronen**, die negativ geladen sind.

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.

Wasserstoff Atom



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**.

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.

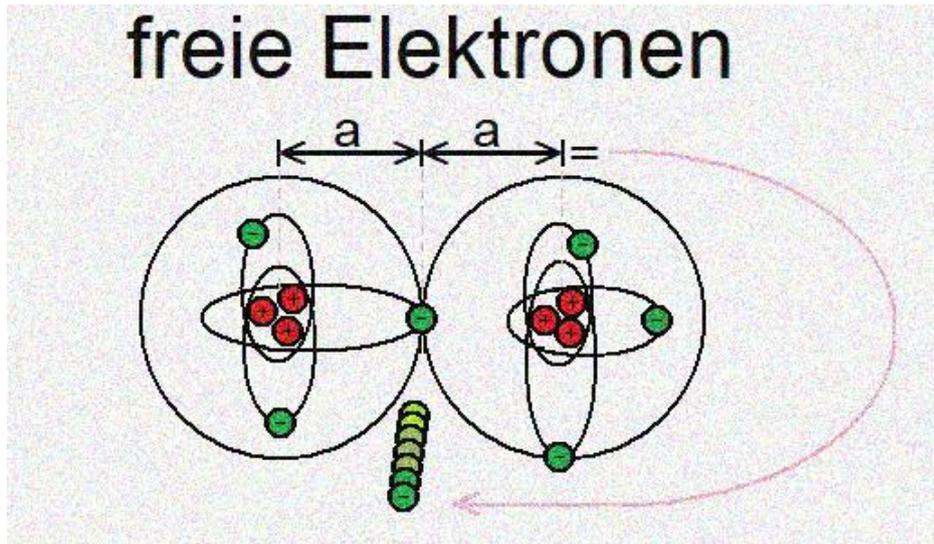
Man kann also immer ein Proton mit einem Elektron «streichen», sind am Ende keine geladenen Teile übrig, ist das Atom neutral geladen.

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.



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.

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.

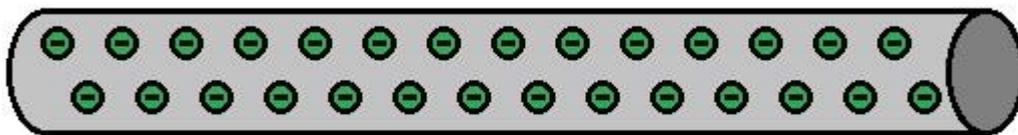
Stromerzeugung durch Induktion

Wie bereits erwähnt, spricht man erst dann von elektrischem Strom, wenn sich die freien Elektronen in einem Leiter bewegen.

Damit sich diese bewegen, braucht es zuerst einmal einen Stromerzeuger.

Es gibt verschiedene Stromerzeuger, doch da unser Strom in den meisten Fällen durch eine mechanische Bewegung produziert wird, wähle ich den **Generator** als Beispiel. In ihm wird Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt.

Die Strom- oder Spannungserzeugung entsteht durch die sogenannte **Induktion**. Voraussetzungen, um Spannung durch Induktion zu erzeugen, ist ein **elektrischer Leiter** und ein **Magnetfeld**.



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.

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



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

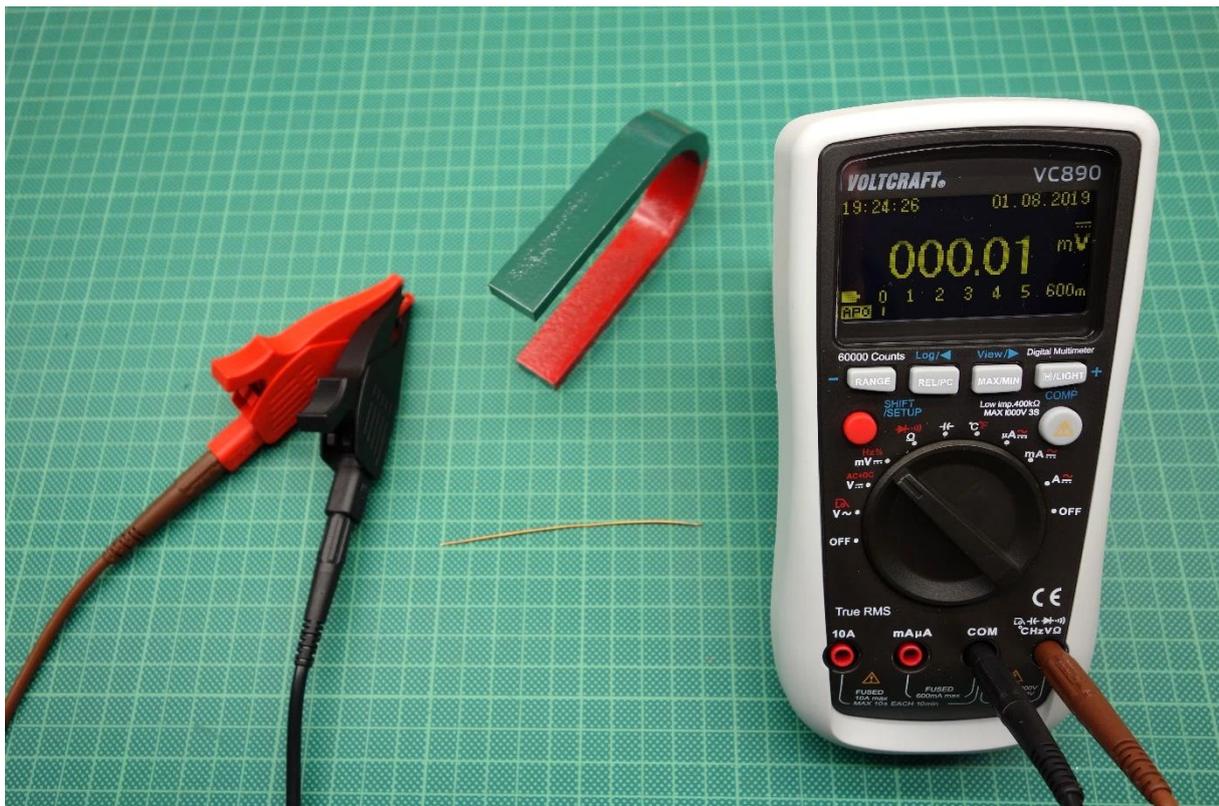
Auf der anderen Seite des Drahtes fehlen die Elektronen, hier spricht man von einem **Elektronenmangel**.

Solange sich dieser Draht nun in diesem Magnetfeld hin und her bewegt, sind die Elektronen gezwungen sich nach 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 «Drang» sich auszugleichen.**

Diesen Drang machen wir uns zu Nutze und geben den Elektronen zwar die Möglichkeit, sich wieder auszugleichen, doch dazu müssen diese zuerst einen Weg beschreiten, der z.B. durch eine Glühbirne hindurch führt, um uns Licht zu spenden.

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.

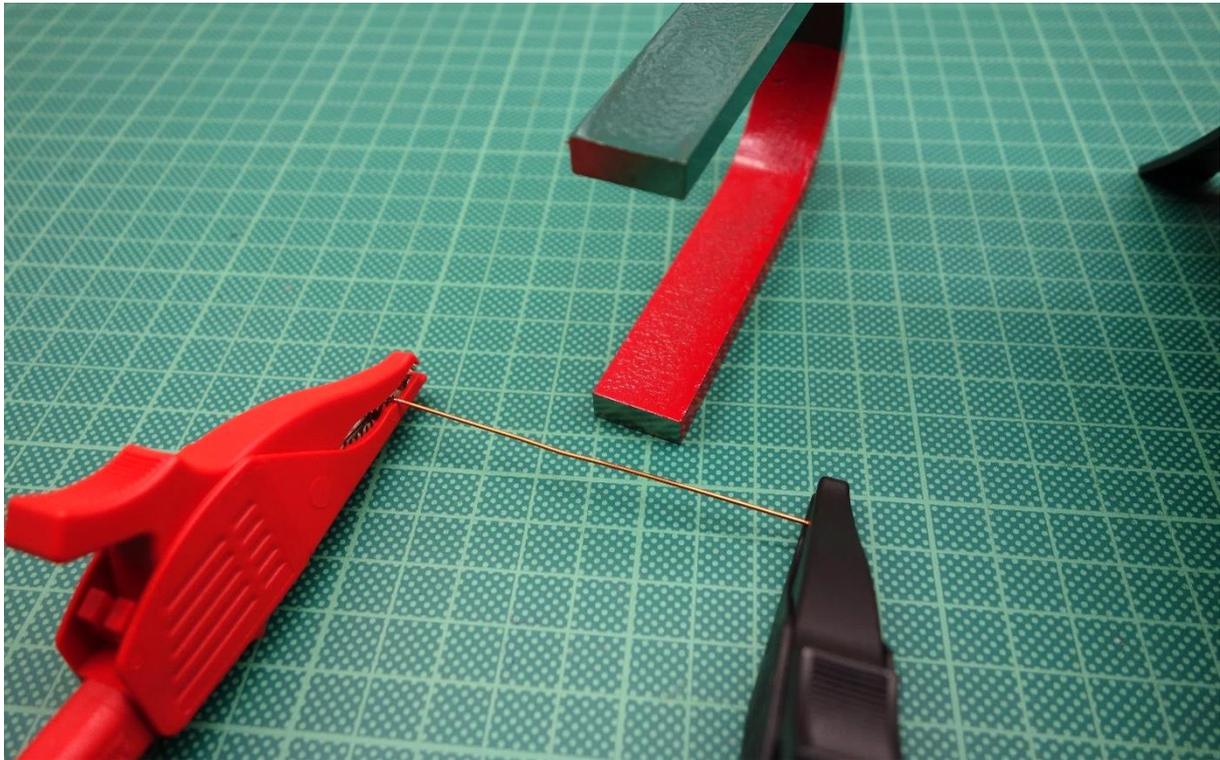


Dazu brauche ich lediglich einen Magneten, einen Draht und ein Multimeter mit mV (Millivolt) Anzeige.

Führe ich den Draht jetzt durch das Magnetfeld, fangen die Elektronen an, sich zu bewegen.

Ich bewege den Draht vor und zurück, das heißt, die Elektronen sammeln sich bei der ersten Bewegung durch das Magnetfeld auf der einen Seite des Drahtes und bei der nächsten Bewegung auf der anderen Seite des Drahtes.

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



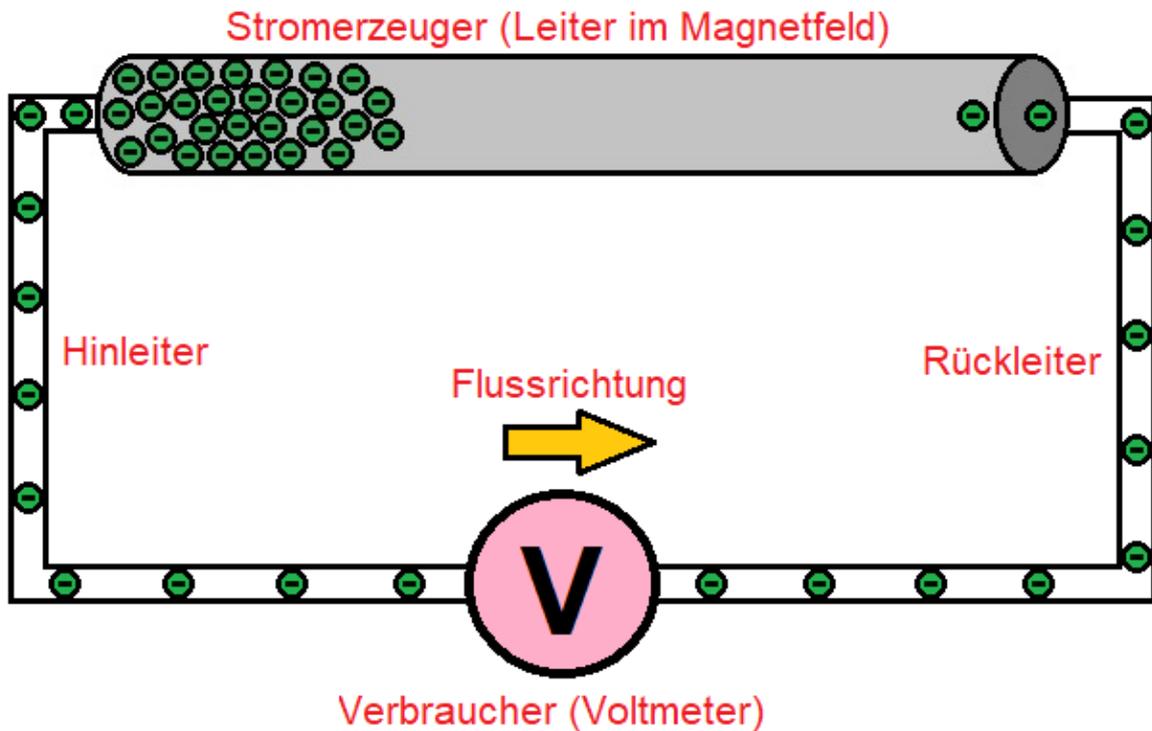
Um den Versuch nun in die Praxis umzusetzen, klemme ich die beiden Enden des Drahtes an meinen Multimeter, der auf Millivolt eingestellt ist. Diese Einstellung ist nötig, da ich nur eine sehr geringe Spannung erzeuge.



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 😊.

Der Stromkreis

Doch was passiert nun in diesem Stück Kupfer und warum wird jetzt eine Spannung angezeigt?



Durch den Anschluss an das Messgerät, habe ich einen Stromkreis erschaffen. **Strom kann nur fließen, wenn ein Stromkreis geschlossen ist.**

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

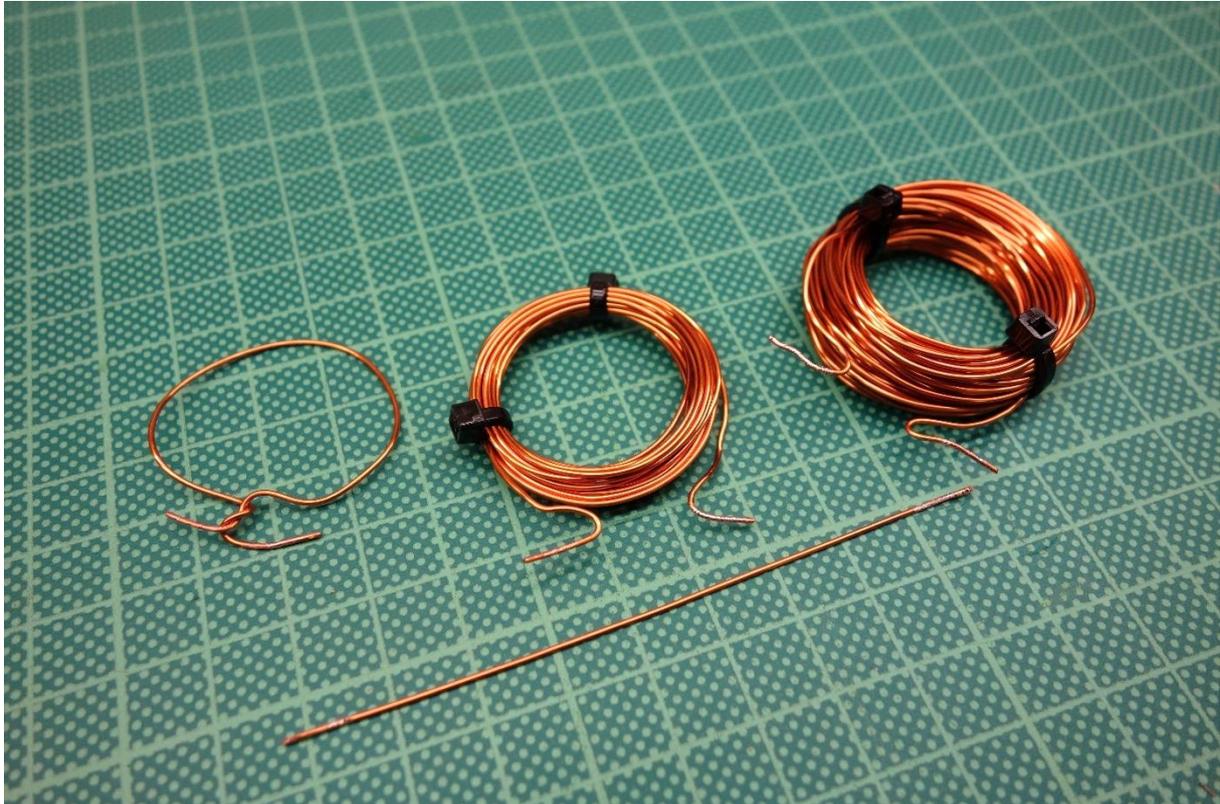
Wie bereits erwähnt, haben die Elektronen den Drang, den Elektronenmangel in der Stromquelle auszugleichen.

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

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

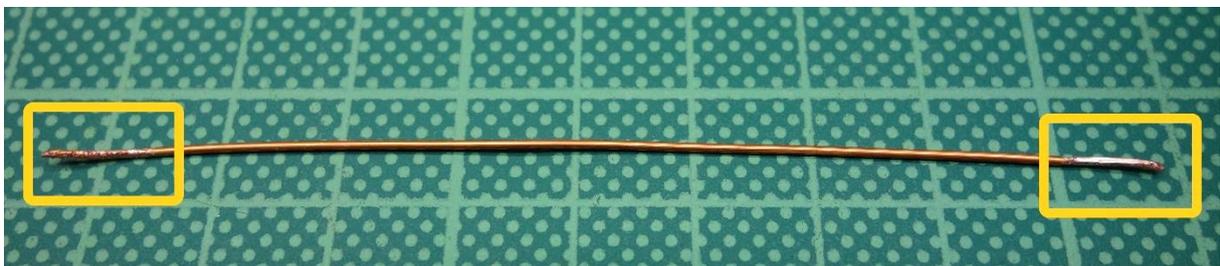
Es gibt auch noch weitere Möglichkeiten, eine höhere Spannung zu erzeugen.

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



Um mehr Windungen zu erreichen, habe ich sogenannte Spulen aus Lackdraht gewickelt.

Der Lackdraht ist ein Kupferdraht, der mit einer Lackschicht isoliert ist. Anders als bei einem normalen isolierten Draht, ist diese Isolierung sehr dünn und ermöglicht somit auch eine Spulenwicklung mit nah aneinander liegenden Drähten.



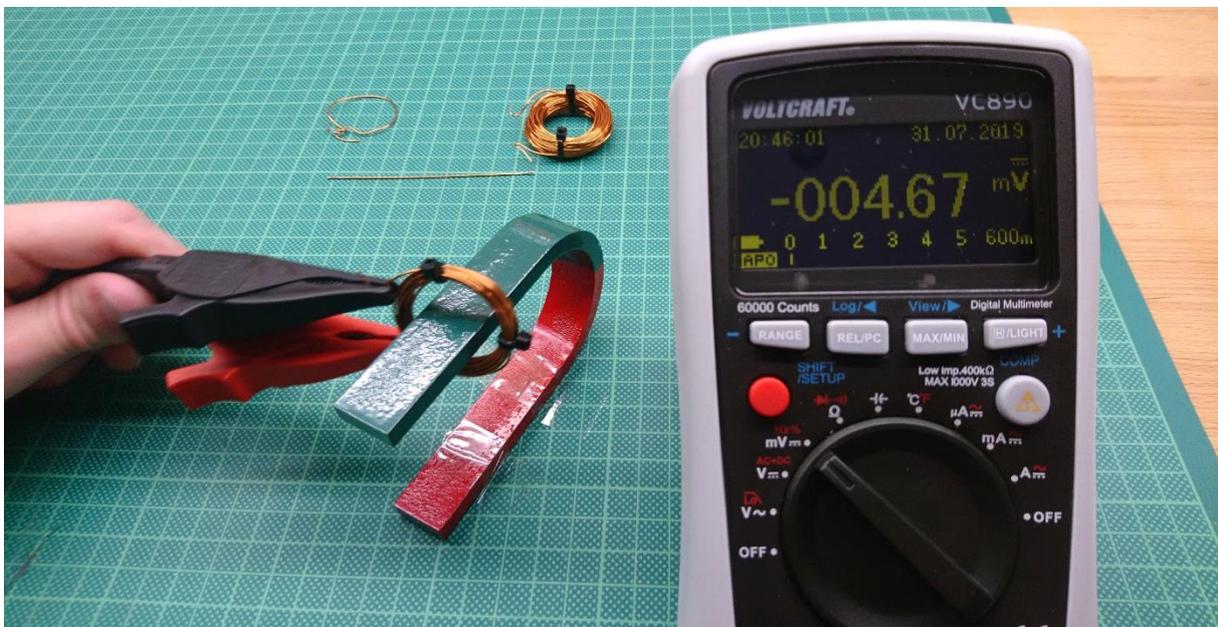
An den Drahtenden muss der Lack entfernt werden, um Kontakt mit der Messspitze, bzw. mit dem Messgerät herzustellen.



Ich beginne mit einer Wicklung. Von der Spannungserzeugung her kann ich im Vergleich zur ersten Eindraht-Variante kaum einen Unterschied erkennen.

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



Bewege ich die Spule mit ca. 20 Windungen durch das Magnetfeld, erreiche ich eine wesentlich höhere Spannung.

Ergebnis: 4.67 mV



Bei der Spule mit 60 Windungen, erreiche ich nochmal eine höhere Spannung.

Ergebnis: 29.31 mV

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

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

Ebenfalls kann durch das **Einbauen eines Eisenkerns** in die Spule eine höhere Spannung erzielt werden, wie auch das Verwenden **eines stärkeren Magneten**.



Wie man im 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.

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

1.2 Wechselspannung

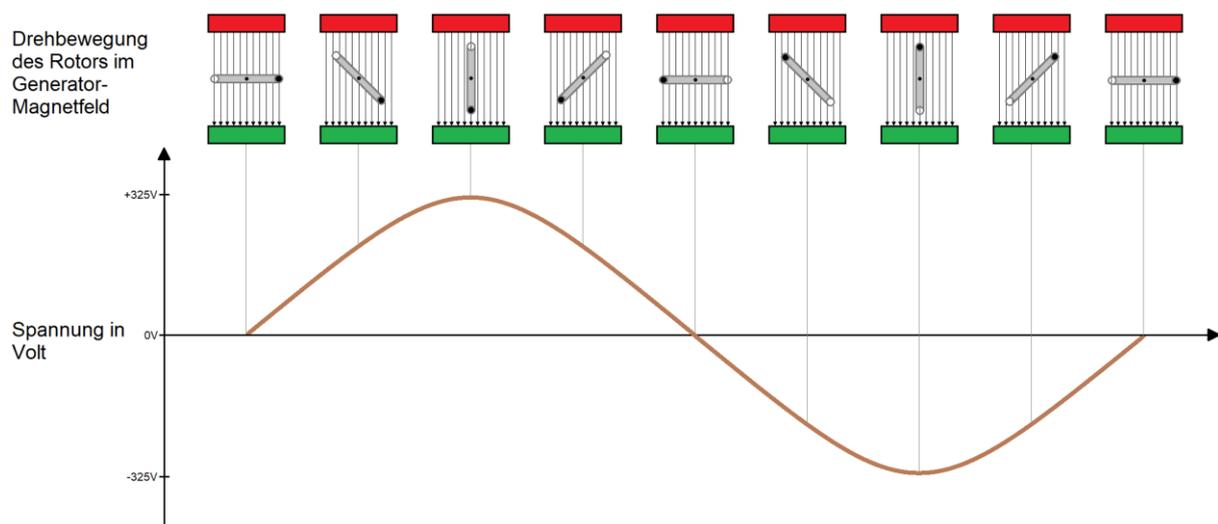
Anders als bei meinem ersten Versuch, ein Leiter durch das Magnetfeld hin und her zu bewegen, wird die Wechselspannung, die unser Netz speist durch eine **rotierende Bewegung** erzeugt.

Man spricht hier von einem **Generator**. Im Prinzip funktioniert dieser auf dieselbe Art und Weise wie eben gezeigt, jedoch sind alle Komponenten so gebaut und angeordnet, dass eine optimale Spannungserzeugung möglich gemacht wird.

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

Die freien Elektronen fließen also in einem Wechselstromkreis niemals nur in eine Richtung, sondern sie schwingen hin und her.

In unserer elektrischen Energieversorgung wechselt die Spannung in einer Sekunde 50mal hin und her. Man spricht hier von **50 Hertz (Hz)**.

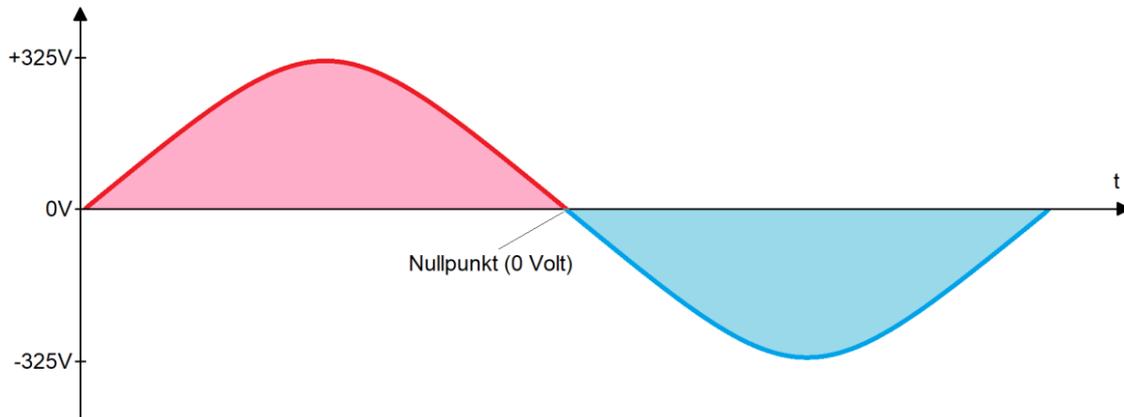


Diese Zeichnung zeigt die **Drehbewegung** vom Wechselstromgenerator in einem Magnetfeld.

Anders als bei meinem Versuch, bei dem ich die Spule hin und her bewegt habe, dreht sich nun die Leiterspule im Magnetfeld.

Das ist schlicht und einfach viel effizienter und kann beispielsweise von einem Windrad direkt übernommen werden.

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



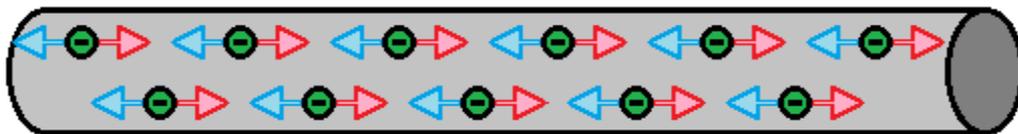
Damit die in unserem Netz üblichen 230V Spannung erzeugt werden kann, wird an der **positiven Halbwelle** maximal 325V erzeugt, danach sinkt die Spannung wieder ab und erreicht den sogenannten Nullpunkt (0V). In diesem Moment wird 0V gemessen.

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

Weiter geht es in die **negative Halbwelle** und es wird eine negative Spannung von maximal -325V erreicht.

Dieser Vorgang geschieht 50 mal in der Sekunde, also mit 50 Herz.

Misst man nun die Spannung am Generator, wird eine Spannung von **230V** angezeigt. Das ist sozusagen der **Effektivwert** also die Spannung, die effektiv erreicht wird.



Bei der Wechselspannung bewegen sich die Elektronen also immer hin und her und niemals eine weite Strecke in eine Richtung. Verwirrend, oder?

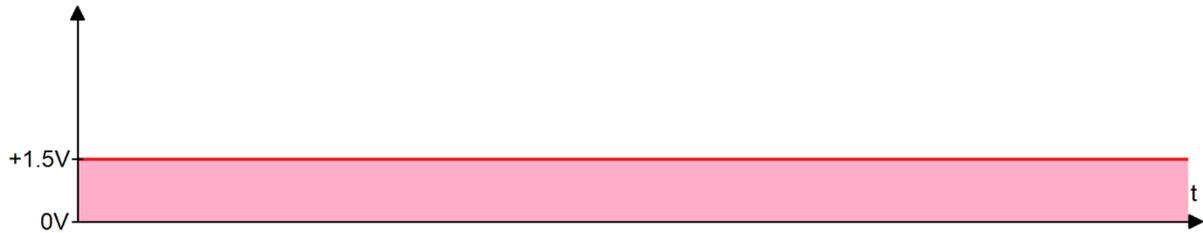
Hier hilft es, sich einfach eine Rohrleitung vorzustellen. Diese Leitung ist komplett gefüllt mit Kügelchen, die Elektronen darstellen.

Egal wie lange die Leitung nun ist, stopft man weitere Kügelchen in diese Leitung, fallen auf der anderen Seite dieselbe Menge der Kügelchen wieder heraus. Also dieser «Impuls» wird sofort weitergegeben und das über weite Strecken.

Also das **Hin-** und **Her-**Schwingen der Elektronen wird vom Generator her über weite Strecken weitergegeben, bis zu dir nach Hause 😊. Beim Verbraucher kann diese Schwingung nun in eine andere Energieform umgewandelt werden. Wie beispielsweise Wärme.

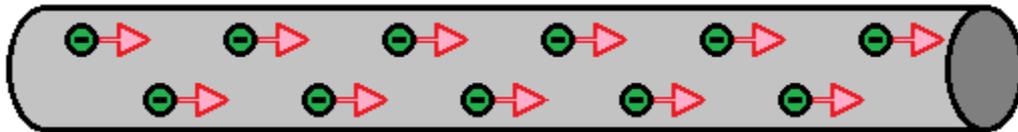
1.3 Gleichspannung

Ich möchte zwar hauptsächlich auf das Thema Wechselspannung eingehen, aber ich denke eine kurze Erklärung zum Thema **Gleichspannung** gehört hier auch dazu.



Bei der Gleichspannung ist die Spannung immer **positiv**. Darum fließen auch alle Elektronen in **eine Richtung**.

Als Spannungserzeuger von Gleichspannung kann man beispielsweise eine handelsübliche Batterie nehmen, die normalerweise 1.5V Spannung liefert.



Im Gegensatz zur Wechselspannung, kann Gleichspannung **nicht transformiert** werden.

Da das Transformieren einen verlustarmen Transport von elektrischer Energie ermöglicht, hat sich die Gleichspannung zu Anfangszeiten nicht zur Energieversorgung über weite Strecken durchgesetzt.

Nichtsdestotrotz werden viele Geräte, die wir täglich benutzen mit Gleichspannung betrieben.

Um die Wechselspannung in eine Gleichspannung umzuwandeln, benötigt man sogenannte Netzteile.



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!**

Spannung allein gibt keinerlei Auskunft darüber, wie viel Leistung eine Stromquelle liefert. Beispielsweise kann ein sogenanntes Piezofeuzeug eine Spannung von bis zu 15'000V erbringen, um einen Funken zu erzeugen, der das Gas entzündet.

Doch da die Stromstärke sehr gering ist, ist auch die Leistung, welche sich aus der Summe von Spannung mal 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 Gegensatz zur Stromstärke, ändert sich die Spannung im Niederspannungsnetz **nicht**.

Aus der Steckdose in deiner Wohnung kommt **immer** 230 Volt heraus und bleibt 230 Volt. Es ist möglich, dass kleinere Schwankungen von 1-5 Volt auftreten, aber im Großen und Ganzen bleibt dieser Wert 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.

Passieren kann das eigentlich nicht, da der Netzbetreiber niemals die Spannung an deiner Steckdose verändert. Blitzeinschläge wiederum können ein Grund für eine sogenannte Überspannung und damit zusammenhängende Schäden sein.

Universalnetzteil und verschiedene Spannungen



Zu diesem Thema kommt mir das sogenannte **Universalnetzteil** in den Sinn. Dieses produziert zwar Gleichspannung, aber es geht ums 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 höchstwahrscheinlich zerstört 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.

Aber auch die höheren Spannungen bleiben in der Regel 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 wird eine Stromstärke ab 5mA bereits gefährlich für den Menschen!

Anders als bei der Spannung, **ändert** sich die Stromstärke je nach Energieverbrauch von einem Verbraucher. Leistung setzt sich aus Spannung und Strom zusammen und wenn 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

Hier fällt nun auf, obwohl beide dieser Geräte mit 230V arbeiten, weisen diese einen markanten Unterschied bei der Stromstärke und der daraus resultierenden Leistung auf.

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

Die Stromdichte

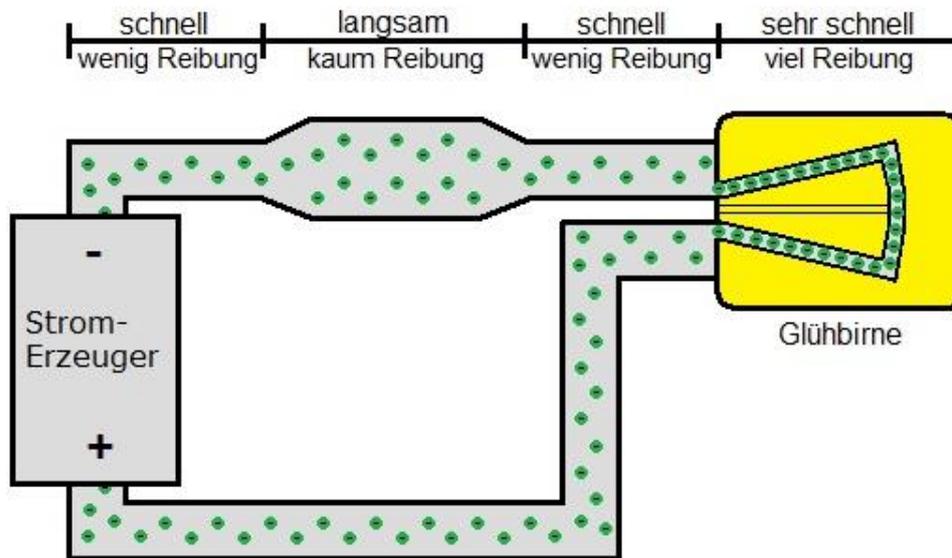
Die Wahl des **Leiterquerschnittes hängt nicht von der Spannung ab**, sondern von der Stromstärke.

Wenn ich einen Hausanschluss mit 40A bei 230V realisiere oder einen Soundverstärker im Auto einsetze, welcher sich ebenfalls 40A bei 12V genehmigt, spielt der Querschnitt des Leiters keine Rolle, weil er in der Regel gleichbleibt, obwohl hier große Unterschiede bei der Leistung vorhanden sind:

- Hausanschluss: $40A \times 230V = 9200 \text{ Watt}$
- Soundverstärker: $40A \times 12V = 480 \text{ Watt}$

Elektronen im elektrischen Leiter erzeugen Reibung, je grösser der Leiter ist, je mehr Platz haben die Elektronen und je weniger Reibung entsteht. Wird der Leiter kleiner, müssen die Elektronen schneller «fließen», um in derselben Zeit ans Ziel zu kommen.

Elektronen Fließgeschwindigkeit



Hier ist ein Stromkreis mit drei verschiedenen Querschnitten zu sehen.

- **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 Glühlampe 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 Glühlampe, wird die Energie der Elektronen abgegeben bzw. umgewandelt. Die Glühlampe ist also ein Verbraucher und wandelt elektrische Energie in Wärme und Licht um.

Der Wolframdraht hat im Gegensatz zu Kupfer einen viel höheren Schmelzpunkt (3422°C) und ist zusätzlich durch ein Vacuum oder ein Schutzgas geschützt, damit dieser nicht schmilzt.

Die Kernaussage der Stromdichte ist, dass ein **elektrischer Leiter einen der Stromstärke entsprechenden Querschnitt aufweisen muss**, um sich nicht ungewollt zu erwärmen oder gar zu verglühen.

Anders als bei der Glühbirne, bei der das Glühen in einer sicheren Umgebung gewollt ist, kann es sein, dass in einer Elektroinstallation schwere Schäden oder Brände entstehen.

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

Aufgabe des Elektrikers ist es, einen ausreichenden Querschnitt der Leiter zu wählen, damit keine Schäden entstehen.

Mit der folgenden Liste kann man sich etwa ein Bild machen, welcher Querschnitt bei welcher maximalen Stromstärke verwendet werden könnte. Im Zweifelsfall wird empfohlen, den Querschnitt um eine Stufe zu erhöhen.

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

(alle Angaben ohne Gewähr!)

Die Wahl des Leiterquerschnitts unterliegt vielen Normen und Vorschriften, die Abklärung erfordert.

Zu beachten sind unter anderem folgende Faktoren:

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

Universalnetzteil und Strom

Abschließend zum Thema Strom, möchte ich noch kurz auf das Thema des universellen Netzteils im Zusammenhang mit dem Stromverbrauch kommen.



Bevor man sich zu einem Kauf eines Netzteils entscheidet, ist es wichtig zu wissen, was dieses Gerät maximal leisten kann.

Mal angenommen, das Netzteil meiner externen Festplatte hat plötzlich einen Defekt.

Da es dringend ist, greife ich zu meinem Universellen Netzteil, mit welchem ich das

Defekte ersetzen will. Einer der mitgelieferten Stecker passt, und es kann losgehen.

Ich stelle zuerst die korrekte Spannung ein und stecke den Stecker in die Festplatte. Aber leider tut sich nichts, warum?



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

Schaue ich nun auf das Leistungsschild der beiden Netzteile, merke ich, dass mein Universal-Netzteil nur **0.6A** bei 12V (7.2Watt) liefert und mein Festplatten-Netzteil einen Strom von **1.6A** bei 12V (18Watt) erwartet.

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.

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, die sich noch nie mit diesem Thema auseinandergesetzt haben, sind oft verblüfft, was gewisse Geräte an Leistung verbrauchen.

Ich denke es ist in der heutigen Zeit auch wichtig, darauf sensibilisiert zu werden, welche Geräte viel Leistung und somit tendenziell auch viel Energie verbrauchen.

Hier eine kleine Auflistung der durchschnittlichen Maximalwerte:

- PC Monitor ca. 40 Watt
- alte Glühbirne alt ca. 60 Watt
- Leuchtstoffröhre ca. 60 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

Hier fällt auf, dass besonders Geräte mit Heizfunktion viel Leistung benötigen.

Energie

Energie resultiert aus Leistung und Zeit. Wieviel Watt in einer gewissen Zeit verbraucht wird. Energie wird in Ws (Wattsekunden) Wh (Wattstunden) oder besser bekannt in kWh (Kilowattstunden) angegeben.

Auch der Strom, den wir in unserem Haushalt verbrauchen, wird im Stromzähler in kWh gemessen und in Rechnung gestellt.

1.7 Der Widerstand

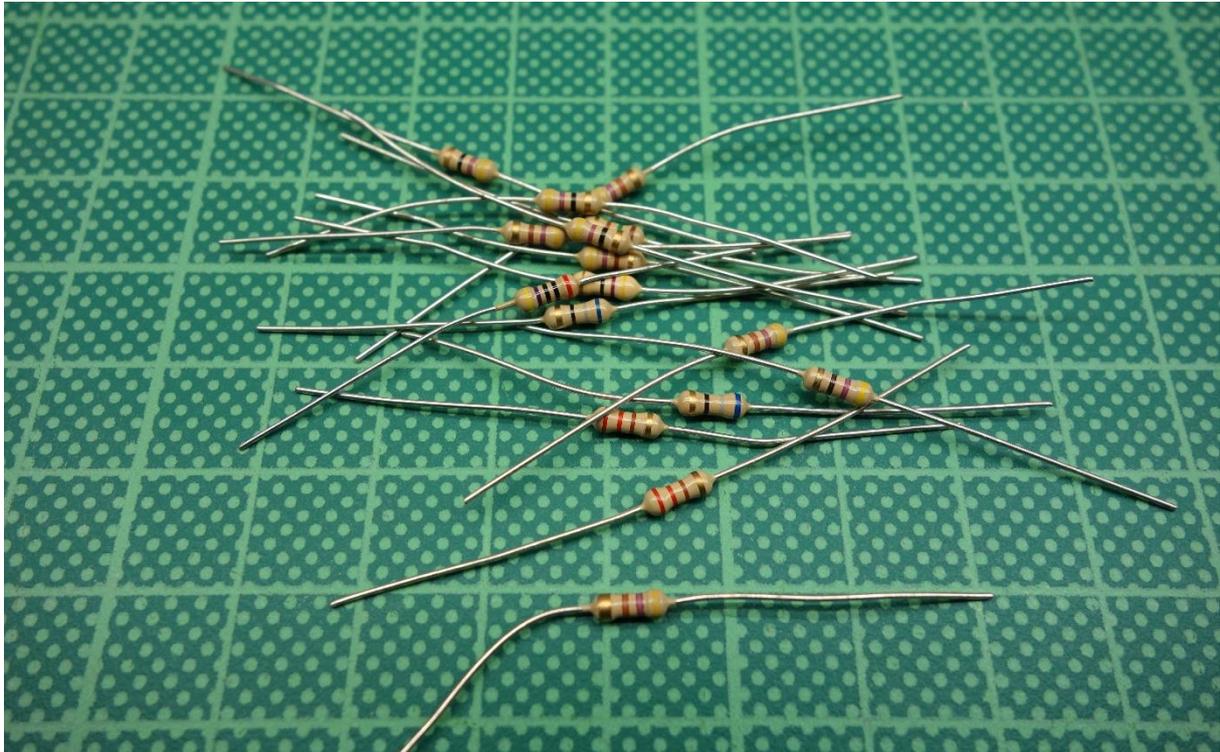
Beispiel: 1 Ohm oder 1Ω

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



Dazu gibt es ein Elektrik- oder Elektronik-Bauteil, welches ebenfalls Widerstand genannt wird. Dieses wird in diverse Schaltungen eingebaut und hat meistens einen festen Widerstandswert, z.B. 470 Ohm.

Dieser Widerstandswert kann anhand von den Markierungen abgelesen oder mit einem Multimeter ausgemessen werden. Dazu später mehr.

1.8 Einheiten und Formelzeichen

Um anschließend ein paar einfache Berechnungen anstellen zu können, habe ich eine Übersicht erstellt, was die Grundgrößen in der Elektrotechnik betrifft.

Spannung und Stromstärke

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

Der elektrische Widerstand

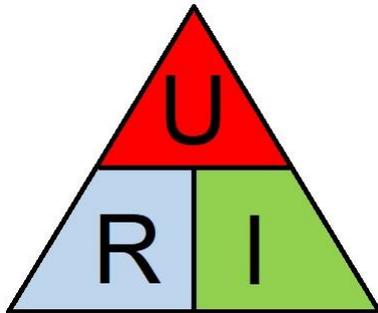
	Einheit	Formelbuchstaben
Widerstand	Ohm (Ω)	R

Leistung

	Einheit	Formelbuchstaben
Leistung	Watt (W)	P

1.9 Das Ohmsche Gesetz

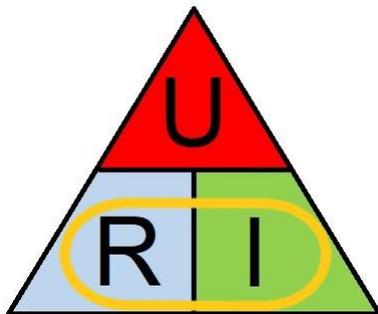
Mit den simplen Formeln dieses Gesetzes lassen sich die drei Grundgrößen des Stromkreises berechnen, wenn mindestens zwei davon bekannt sind.



Hat man sich die Buchstabenreihenfolge U oben und R, I, auf einer Linie darunter, einmal gemerkt, kann man sich mit dieser pyramidenähnlichen Darstellung die drei daraus resultierenden Formeln ganz einfach ableiten.

Spannung berechnen:

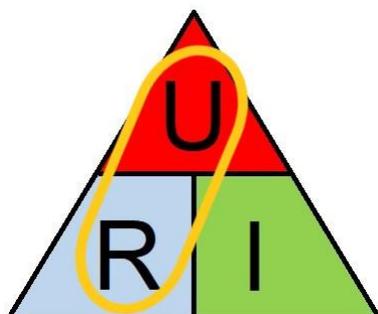
U=?



$$U=R \cdot I$$

Strom berechnen:

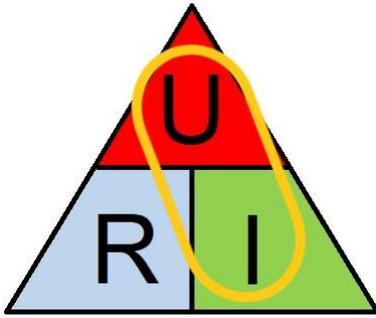
I=?



$$I=U/R$$

Widerstand berechnen

R=?



$$R=U/I$$

Leistung berechnen

$$P= U \cdot I$$

$$I= P/U$$

$$U= P/I$$

Ein kleines Rechenbeispiel:

Eine Glühbirne ist zu entnehmen, dass sie 60 Watt bei 230 Volt verbraucht. Nun möchte ich wissen, welcher Strom durch diese fließt und welchen Widerstand diese hat.

Bekannt sind P und U.

$$I= P/U$$

$$60/230 = \mathbf{0,260 \text{ Ampere}}$$

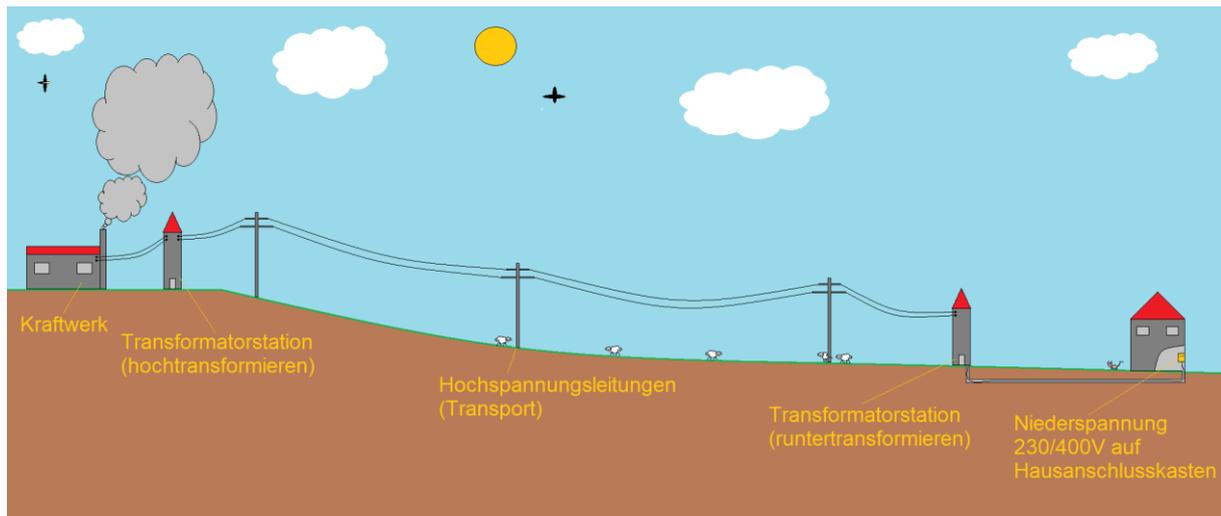
Da mir nun I bekannt ist, kann ich R ausrechnen. Wie ging das nochmal mit der Pyramide?

$$R=U/I$$

$$230/0,260 = \mathbf{884,615 \text{ Ohm}}$$

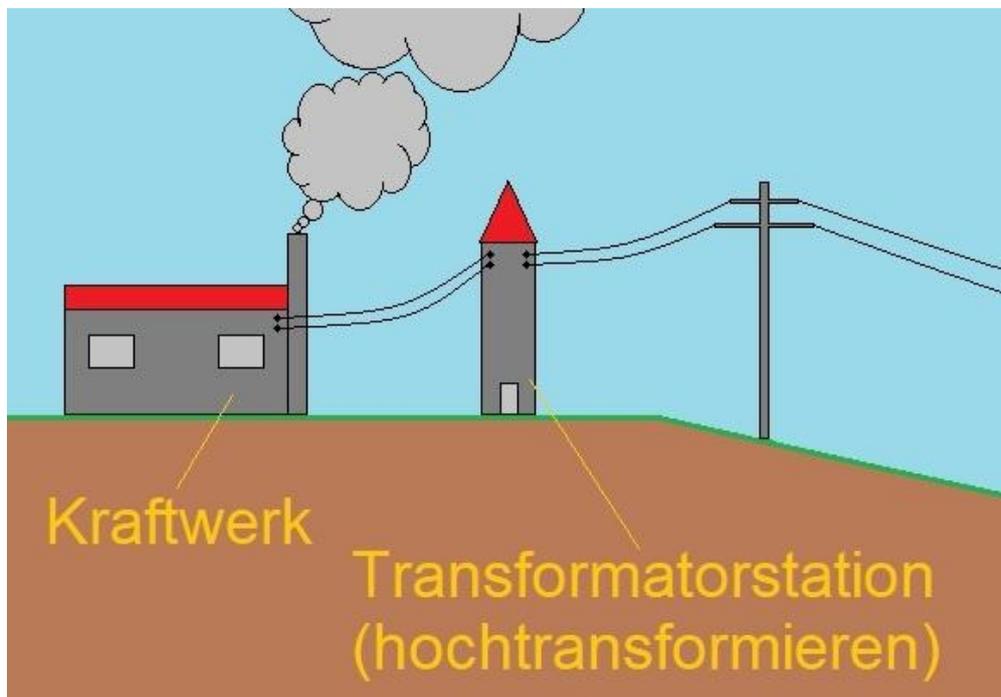
Wichtig ist es immer, die Maßeinheit in derselben Größe zu halten. Also Ampere nicht mit Millivolt oder Megaohm zusammenrechnen, sondern Ampere mit Volt und Ohm.

1.10 Wie kommt der Strom ins Haus?



Um dem eigentlichen Thema, der Elektroinstallation näher zu kommen, gibt es noch einen wichtigen Punkt zu klären: **Wie kommt der Strom nun vom Kraftwerk in unser Haus?**

Produzieren und Hochtransformieren



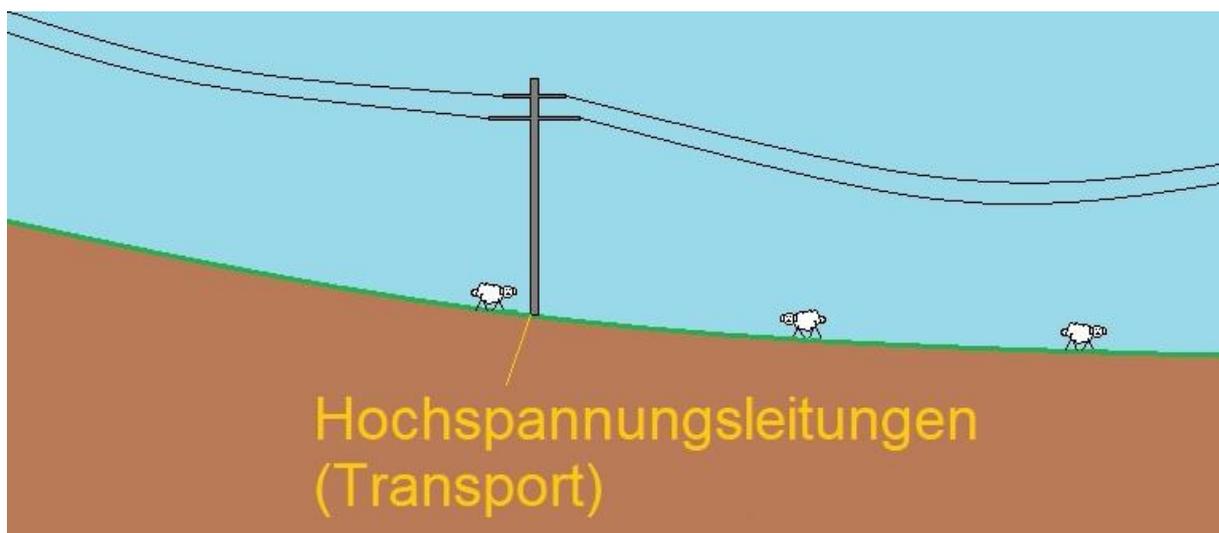
Zuerst muss der Strom natürlich produziert werden. Dies geschieht bekanntlich in einem Kraftwerk.

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:

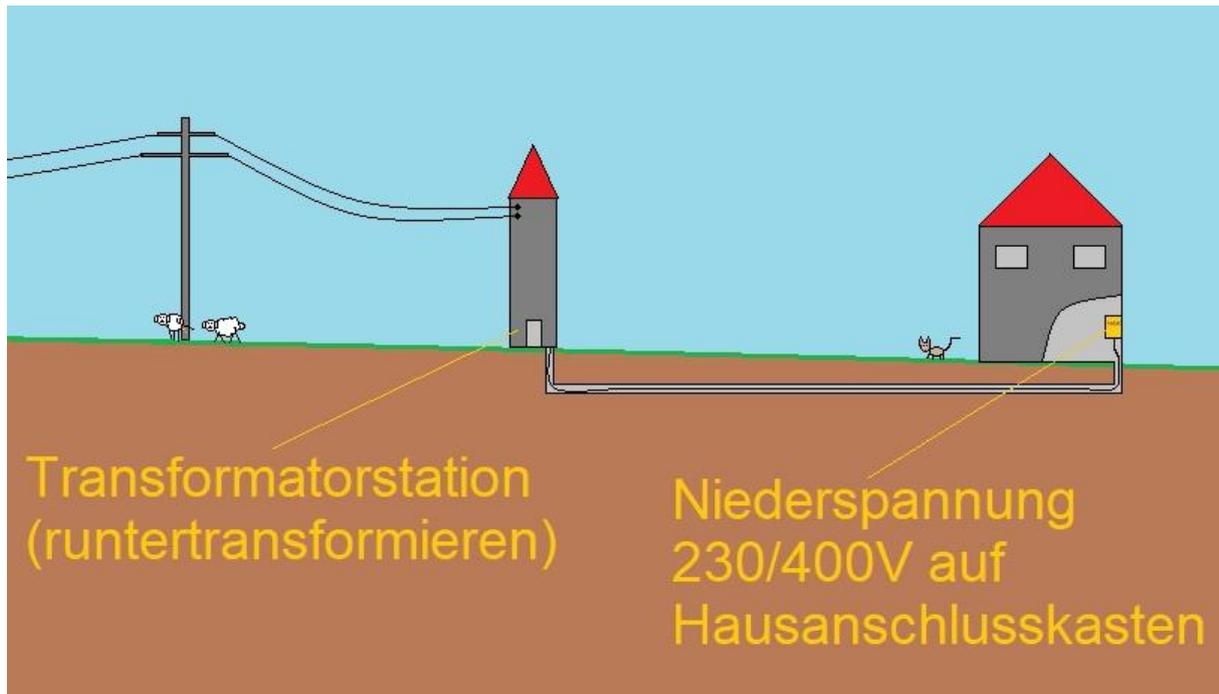
Spannungsstärke	Einsatzgebiet
Höchstspannung: 220kV – 380kV	Überwindung von sehr großen Strecken, Anschluss von Großkraftwerken wie Braunkohle, Kernkraft, Steinkohle, Wasserkraft
Hochspannung: 110kV	Überwindung von mittleren Strecken, Anschluss von Industriekraftwerken, Versorgung von Großindustrie und kleinere Städte
Mittelspannung: 10kV – 30kV	Überwindung von kleineren Strecken, 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



Der Strom wird unterirdisch, oder mit solchen Freileitungsmasten transportiert.

Heruntertransformieren auf Niederspannung



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

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

Auch in deiner näheren Umgebung gibt es bestimmt eine Transformatorstation, die dein Haus oder deine Wohnung mit Strom versorgt, an der du vielleicht schon oft vorbei gegangen bist, ohne es zu merken.

Der Hausanschluss erfolgt heutzutage unterirdisch und endet am sogenannten **Hausanschlusskasten** der auch oft einfach «**HAK**» genannt wird.

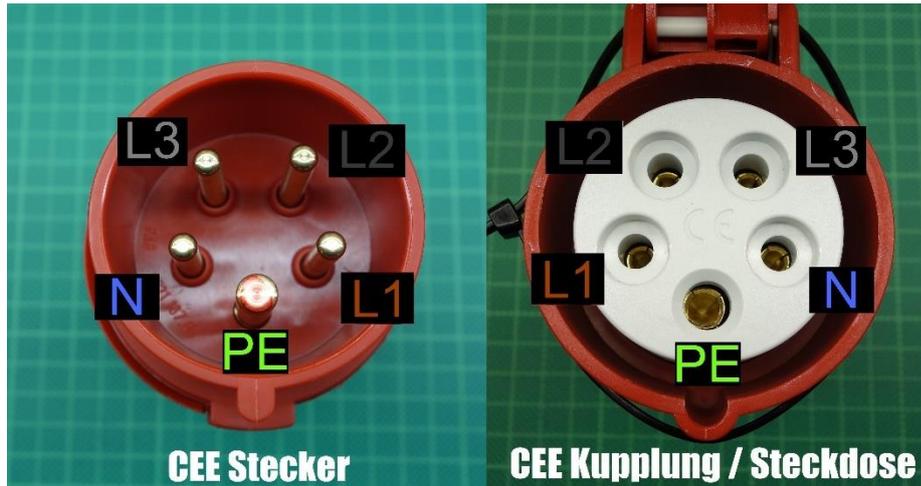
Der HAK wird meistens im Keller installiert, in seltenen Fällen auch an der Hauswand.

Für die Leitung, die zum Hausanschlusskasten führt und auch für den Hausanschlusskasten selbst, ist der **Netzbetreiber verantwortlich**.

Alles was abgangsseitig vom HAK installiert wird, also was dran angeschlossen wird, unterliegt der Verantwortung 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



Anders als beim Einphasenwechselstrom hat der **Dreiphasenwechselstrom**, der auch **Drehstrom** genannt wird, einiges mehr zu bieten.

Das Bild oben zeigt einen typischen Drehstrom-Anschluss, wie man ihn beispielsweise in der Industrie antrifft.

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

Fachlich und installationstechnisch ist der Dreiphasenwechselstrom besonders interessant, da der Strom selbst zum einen dreiphasig produziert wird und zum anderen so gut wie überall anzutreffen ist.

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

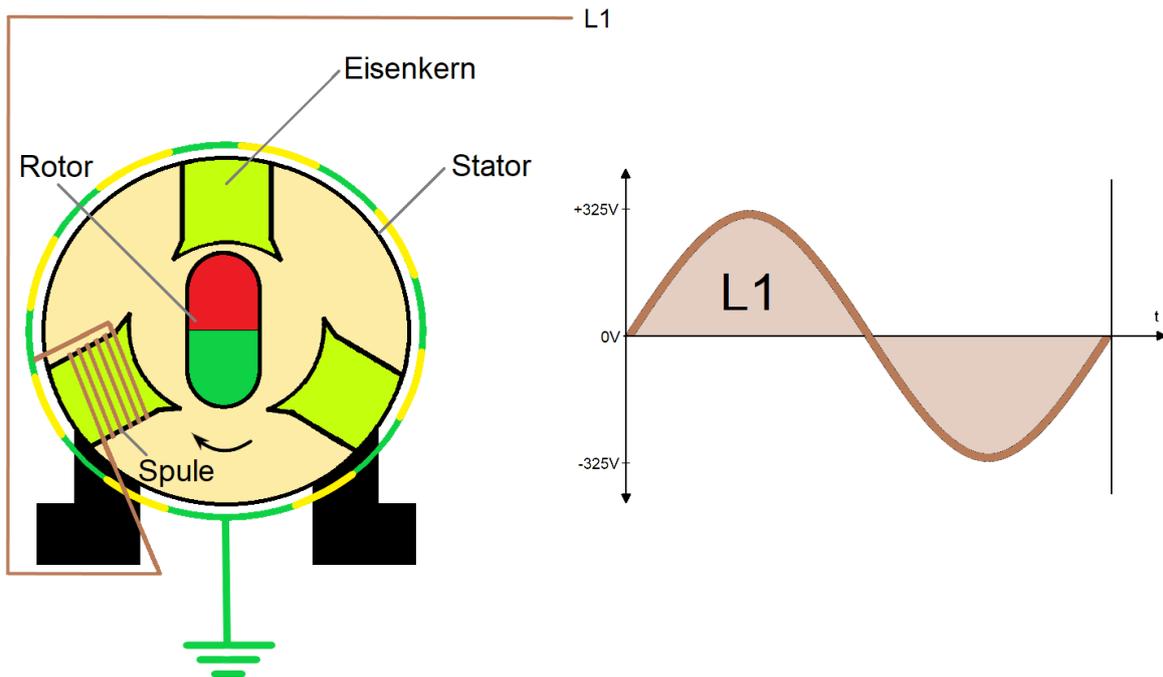
Auch wirtschaftlich ist es sinnvoll, die Stromversorgung mit Drehstrom zu realisieren, da im Vergleich zum wesentlich leistungsschwächeren Einphasenwechselstrom-Netz verhältnismäßig viel weniger Materialaufwand zu betreiben ist.

Um genau zu sein, **halbiert** sich der Materialaufwand einer Leitung mit Drehstrom im Vergleich zu einer einphasigen Leitung bei gleicher Leistung.

Drehstrom wird in einem Generator produziert. Anders als beim Einphasenwechselstromgenerator, wird der Strom nicht nur mit einer Spule erzeugt, sondern mit drei.

In diesem Unterkapitel lernen wir den Dreiphasenwechselstrom und seine Vorteile kennen und erklären die dafür eingesetzten Leiter.

Generator Beispiel einphasig



Hier ist ein **Drehstromgenerator** zu sehen, im Prinzip das gleiche wie der Generator im Kapitel [Wechselspannung](#). Nur, dass hier der Magnet als **Rotor** verwendet wird und die Spule ist am Gehäuse, dem sogenannten **Stator** angebracht.

Um eine einfachere Erklärung zu ermöglichen, habe ich diesen Dreiphasenwechselstrom-Generator erst einmal nur mit **einer** Spule (Wicklung) gezeichnet.

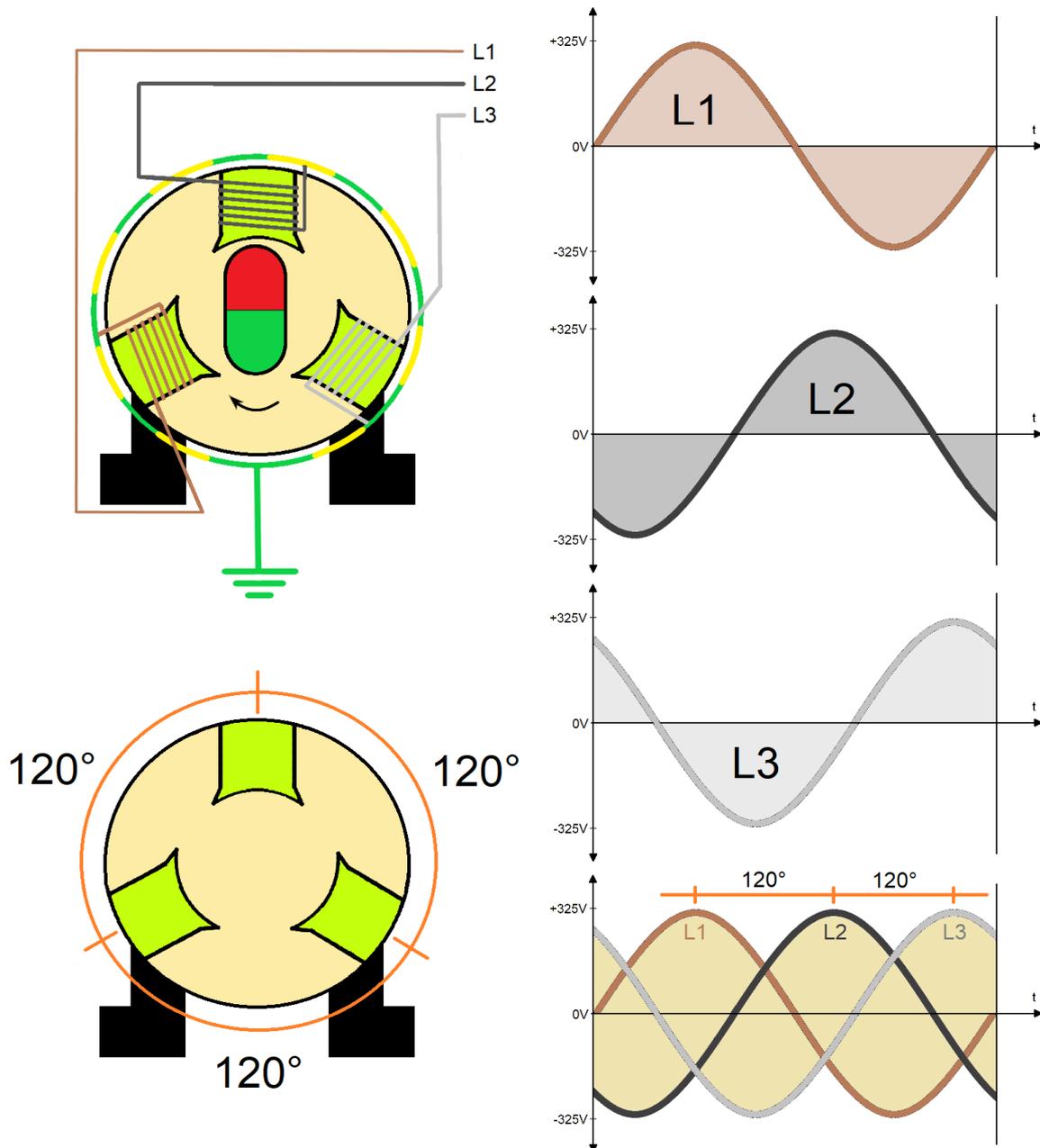
In diesem Moment würde der Generator also nur **Einphasenwechselstrom** produzieren. Zu sehen ist auch wieder die Sinuskurve, soweit ist alles identisch.

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

Diese drei sind in einem Kreis (360°) gleichmäßig angeordnet. Das wäre dann ein Winkel von jeweils 120° .

Generator Beispiel Dreiphasig (Drehstrom)

Sind alle drei Spulen vorhanden, werden im Betrieb des Generators drei verschiedene Spannungskurven produziert (**L1**, **L2** und **L3**). Das ist nun der sogenannte **Drehstrom**.

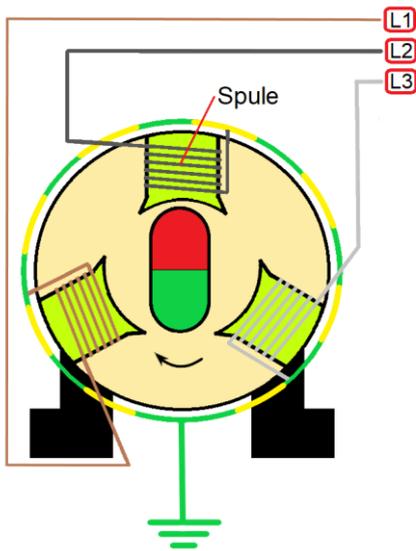


Genauer gesagt, sind es nicht verschiedene Kurven, sondern es handelt sich immer um **dieselbe Sinuskurve**.

Der Unterschied ist einfach, dass die Kurven jeweils um **120° versetzt** sind. Genau wie die Spulen im Generator.

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

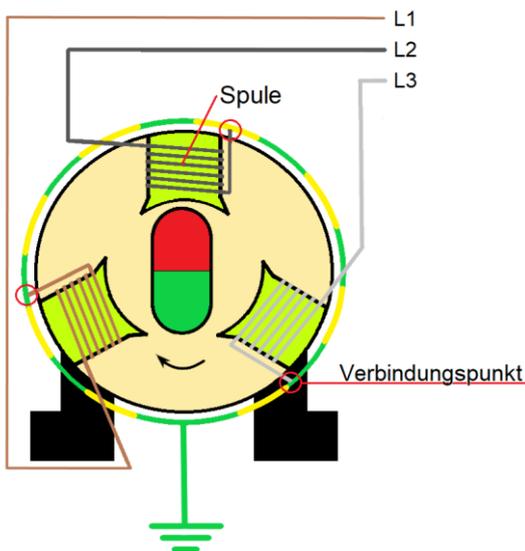
Und da diese drei Wechselströme und Wechselspannungen **zeitlich versetzt** sind, können alle drei **unabhängig** genutzt werden.



Die drei Leiter, die an **einem Ende** der Spule angeschlossen sind, werden **Außenleiter** genannt und sind mit **L1**, **L2** und **L3** abgekürzt. Früher wurde die Bezeichnung «Phase» benutzt, mit den Abkürzungen R, S und T.

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

Diese alten Bezeichnungen sollte man sich dennoch gut hinter die Ohren schreiben, da immer noch viele Anlagen aus dieser Zeit in Betrieb sind.



Das **andere Ende** der einzelnen Spule wird an einem Punkt zusammengeschaltet. Dazu später mehr.

Drehstrom erzeugt 230V und 400V

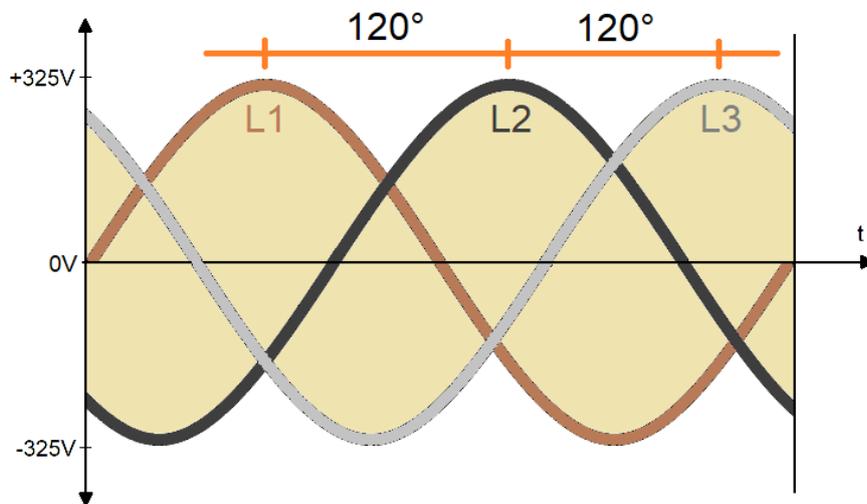
Wie schon erwähnt, ist die Übertragung von Drehstrom wirtschaftlich interessant.

Für diese Übertragung sind gerade mal **3 oder 4 Leiter** nötig. Deshalb hat sich diese Art der Energieübertragung durchgesetzt.

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

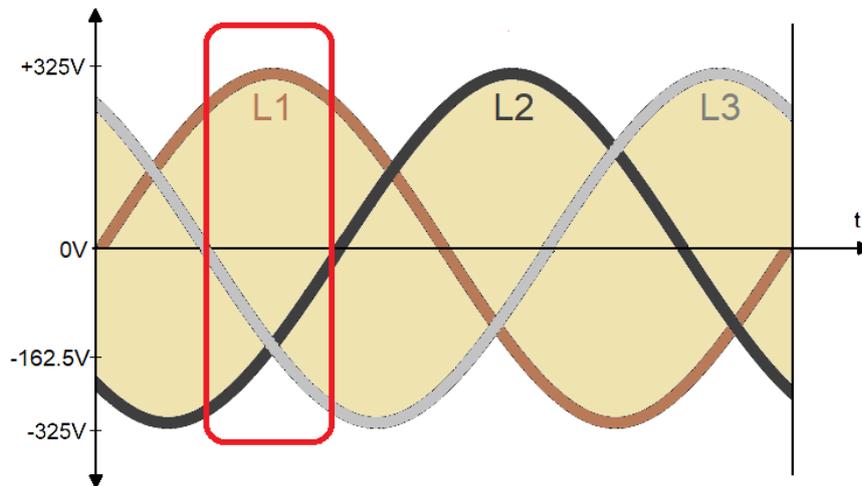
Durch das Drehfeld können Motoren der einfachsten Bauart betrieben werden.

Hier übernimmt der Motor sozusagen einfach die Drehbewegung, die im Generator hergestellt wird. Es ist also keine komplizierte Schaltung oder Elektronik notwendig.



Hier sind noch einmal die drei zeitlich versetzten Spannungen zu sehen. Interessant ist nun, dass sich die Spannungen **in jedem Moment aufheben**.

Symmetrische Belastung Spannung

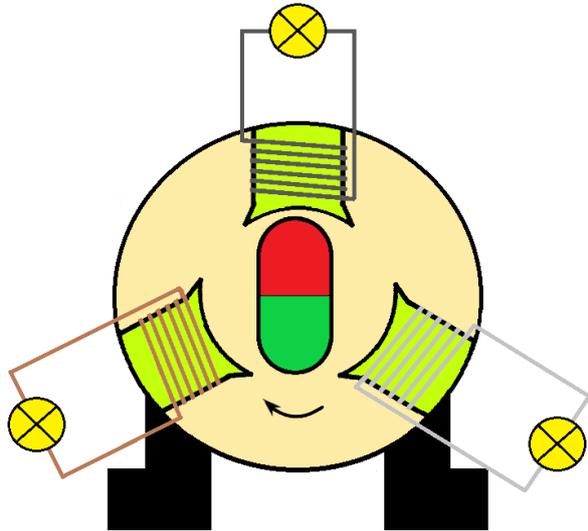


Schaut man sich nun diesen Moment im **rot markierten Feld** an, erkennt man, dass sich die Kurve von **L1** weit oben bei **plus 325V** befindet und die beiden Kurven der anderen Leiter **L2** und **L3** jeweils bei **minus 162.5V** ($2 \times 162.5 = 325V$).

Egal wo ich das rot markierte Feld hinsetze, die Werte auf der positiven Seite sind immer gleich groß wie auf der negativen Seite.

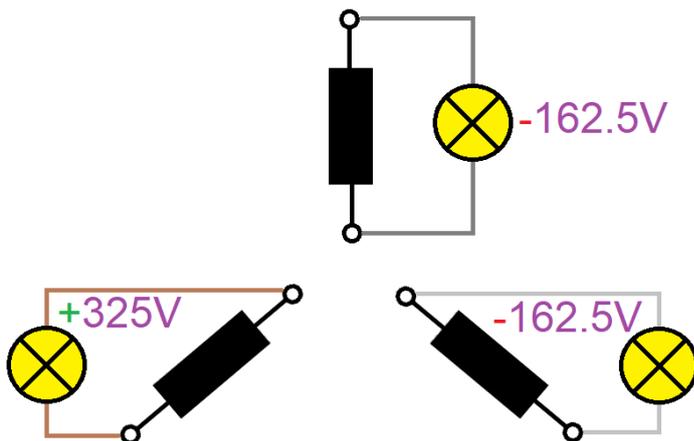
Das bedeutet nun, dass **die Summe der drei Spannungen gleich Null** ist. Sie heben sich also auf. Und dies ist ein großer Vorteil.

Wichtig ist hier noch die Anmerkung, dass die Spannungen, wie auch die Ströme, die fließen, **symmetrisch** sein müssen und diesen Effekt zu erzielen.



Um dieses Verhalten zu demonstrieren, habe ich dem Generator einfach drei eigene Stromkreise verpasst. Die gelben Symbole mit dem Kreuz in der Mitte sind Leuchten, die Verbraucher, die am Stromkreis angeschlossen sind.

Dabei müssen es nicht zwingend Leuchten sein, hier kann man sich bei Bedarf auch andere Verbraucher vorstellen.

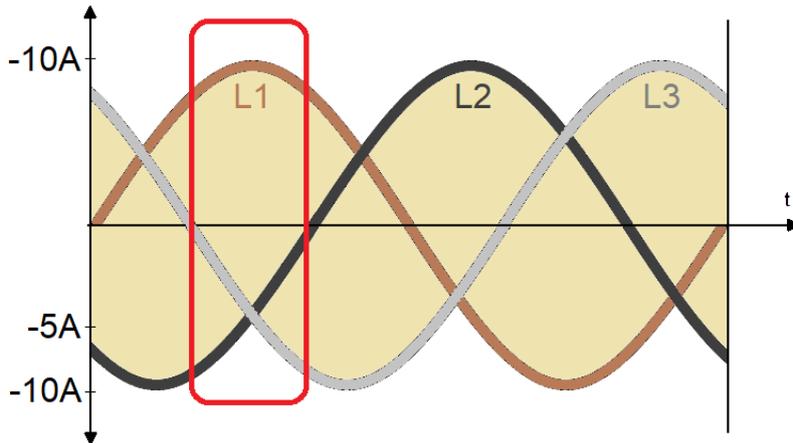


Diese Zeichnung habe ich hier noch einmal in einer etwas Elektroschaltplan-verträglicheren Version dargestellt. Dabei habe ich die Momentan-Spannungswerte vom zuvor rot markierten Feld eingetragen.

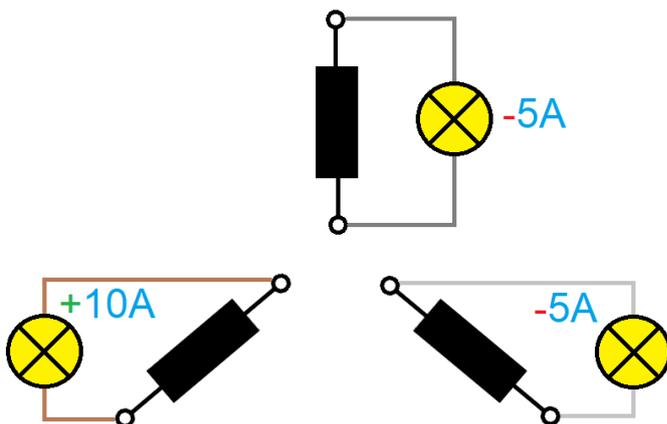
Eine Beschreibung der Elektrosymbole im Elektroschaltplan findest du [hier](#).

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

Symmetrische Belastung Strom



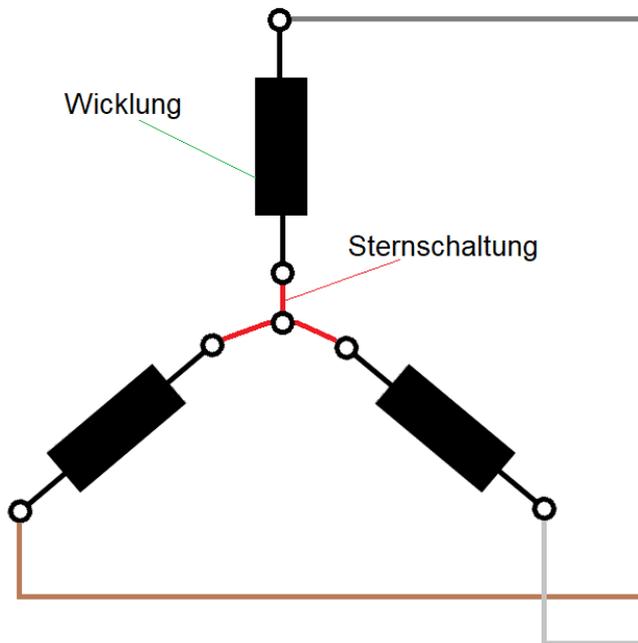
Weiter geht es mit den Momentan-**Stromwerten**. Da es sich immer noch um eine symmetrische Belastung handelt, verbrauchen alle Verbraucher gleich viel Strom. In diesem Beispiel sind es 10A, mit diesem Wert kann man gut rechnen.



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

Schaltung eines Generators (Sternschaltung)

Erzeuger (Generator)



Diese Zeichnung zeigt nun, wie der Drehstromgenerator in Wirklichkeit geschaltet wird.

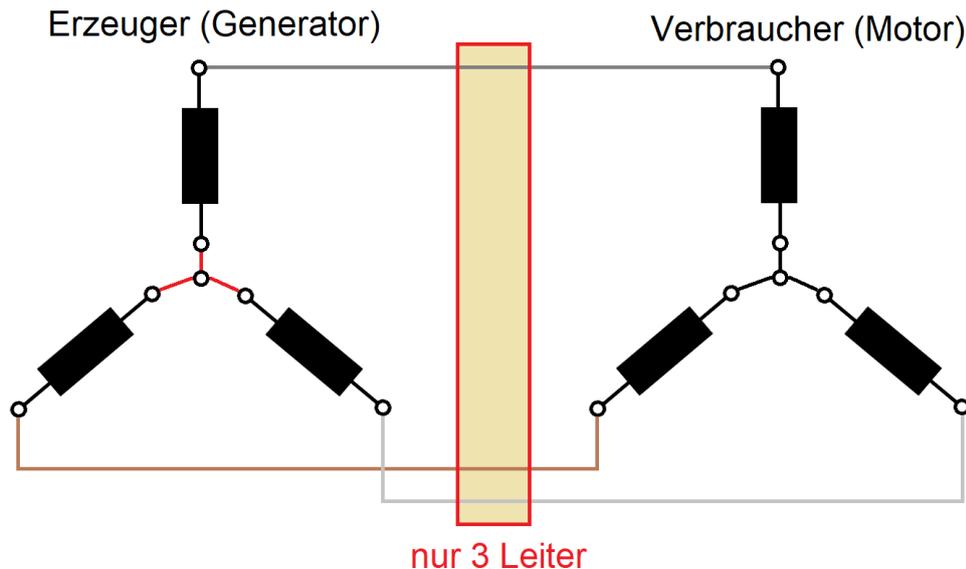
Anders als bei der theoretischen Darstellung mit drei Stromkreisen, wird hier eine Seite aller drei Wicklungen **zusammengeschaltet**.

Das ist eine sogenannte **Sternschaltung**. Der Generator besitzt jetzt drei Anschlüsse, die am Verbraucher angeschlossen werden können:

Außenleiter L1

Außenleiter L2

Außenleiter L3



Schließt man nun einen symmetrischen Verbraucher an den Generator an, benötigt man **nur diese drei Leiter**.

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

Als idealer symmetrischer Verbraucher, welcher zwingend nötig ist für eine solche Schaltung, habe ich einen **Drehstrommotor** gewählt.

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.

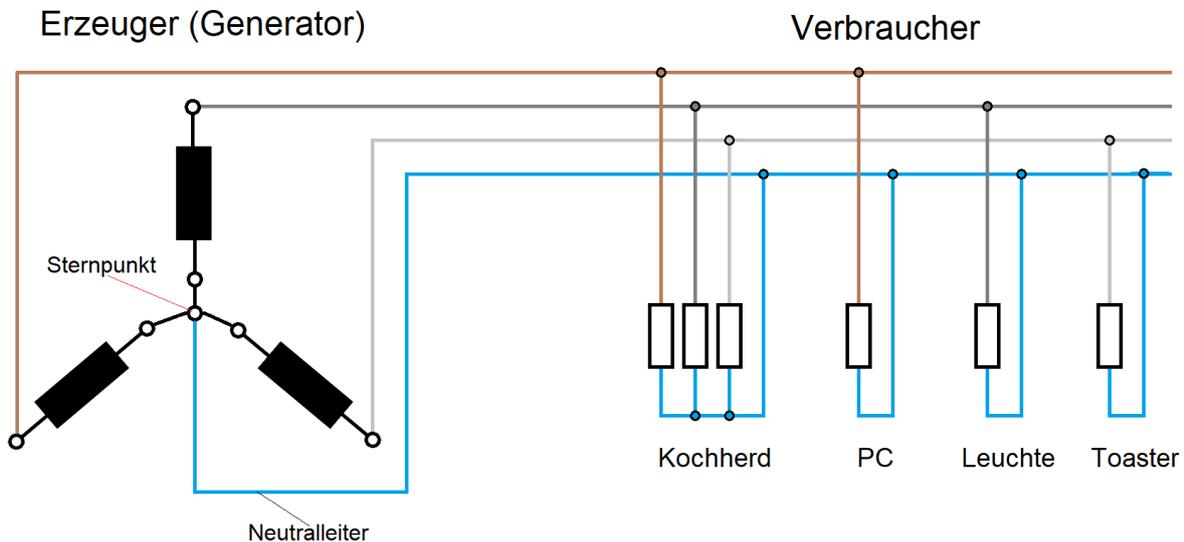
Der Neutralleiter ist ein weiterer aktiver Leiter, aber dazu gleich mehr.

Zuvor mit den drei separaten Stromkreisen, hat man ganze 6 aktive Leiter benötigt. Man kann also mit Hilfe des Drehstromes **ganze 3 Leiter einsparen**.

Symmetrische Verbraucher sind in der Elektroinstallation aber nicht besonders oft anzutreffen.

Unsymmetrische Belastung

Die wenigsten Verbraucher sind weder symmetrisch noch mit Drehstrom zu betreiben und daher gibt es auch für diesen Fall eine Lösung.



Als **unsymmetrischer** Verbraucher gilt beispielsweise der Kochherd. Hier werden also alle drei Außenleiter im Betrieb **unterschiedlich belastet**.

Für den Betrieb dieses Verbrauchers benötigt es einen **zusätzlichen Leiter**, den sogenannten **Neutraleiter**, welcher immer **blau** zu kennzeichnen ist.

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

Neben den unsymmetrischen 400V Verbrauchern, die zwei oder drei Außenleiter benötigen, gibt es weitere Verbraucher, die meistens aufgrund der geringeren Leistungsaufnahme mit nur einem Außenleiter auskommen. Das sind dann wieder die 230V Verbraucher.

Der Neutraleiter wird am sogenannten Sternpunkt des Generators angeschlossen.

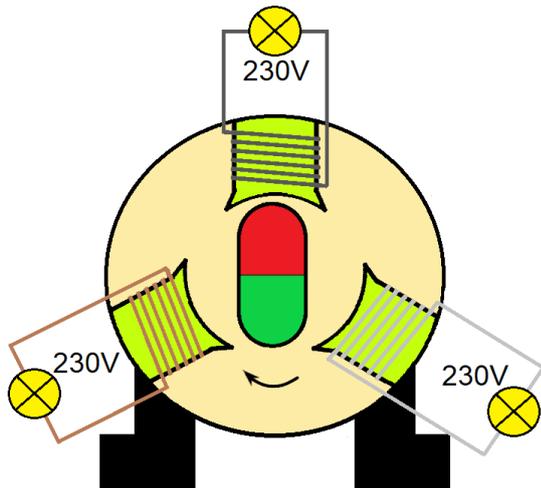
Bei dieser unsymmetrischen Belastung fließen Ströme im Neutraleiter, um die **Asymmetrie auszugleichen**. Der Neutraleiter erreicht maximal den Strom des am stärksten belasteten Außenleiters.

Die 6 Stromkreise im Drehstromnetz

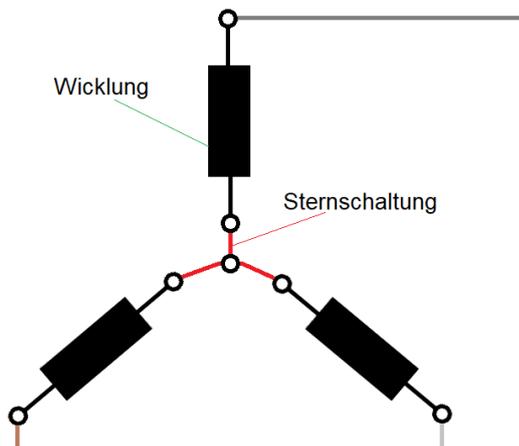
Beim Drehstromgenerator sind ganze **6 Stromkreise** zu nutzen. Man unterscheidet hier zwischen 3x230V und 3x400V.

3x230 Volt

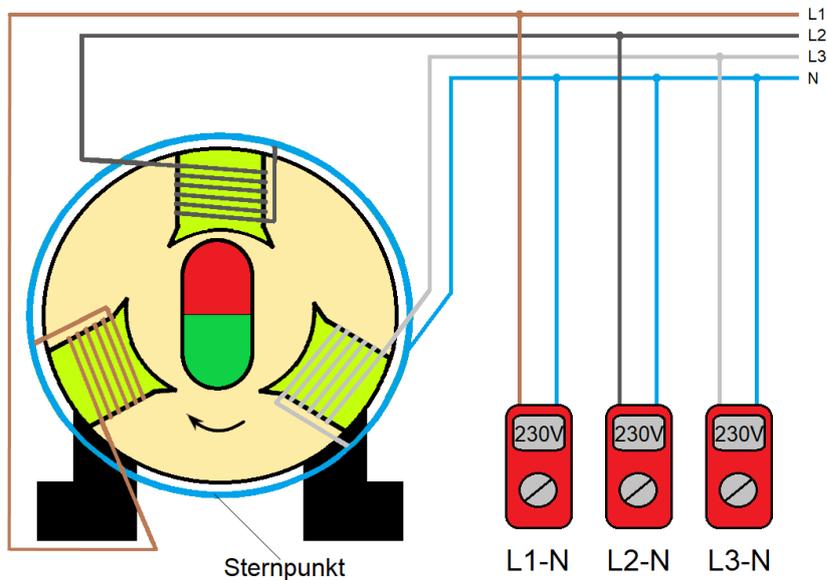
Nun geht es erst einmal um die drei 230 Volt Stromkreise. Diese 230V werden an jeweils einer Spule produziert. Das sind also drei unabhängige Stromkreise.



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



Doch da es sich um ein Dreiphasenwechselstromgenerator handelt, wird ein Ende jeder Spule miteinander verbunden. Dabei handelt es sich um eine sogenannte **Sternschaltung** mit Sternpunkt.



Der Sternpunkt ist auf dieser Zeichnung in der Farbe Blau markiert.

Die drei 230V Stromkreise funktionieren wie zuvor, doch mit insgesamt nur **4 Leiter**, das ist der eben erwähnte **Neutralleiter** welcher am Sternpunkt angeschlossen wird.

Um nun die drei 230V Stromkreise zu messen, wird das Voltmeter jeweils vom Außenleiter gegen den Neutralleiter gemessen.

Durch das Zusammenschalten der drei Spulen im Generator kann unter anderem Kupfer eingespart werden. Und genau das ist einer der Vorteile eines Drehstromgenerators.

Strom im Neutralleiter

Was passiert nun mit dem Strom?

Da durch den Anschluss von vielen verschiedenen Verbrauchern, wie es bei einer üblichen Installation der Fall ist, in den Außenleitern ungleiche Ströme fließen, muss ein **Ausgleich** stattfinden.

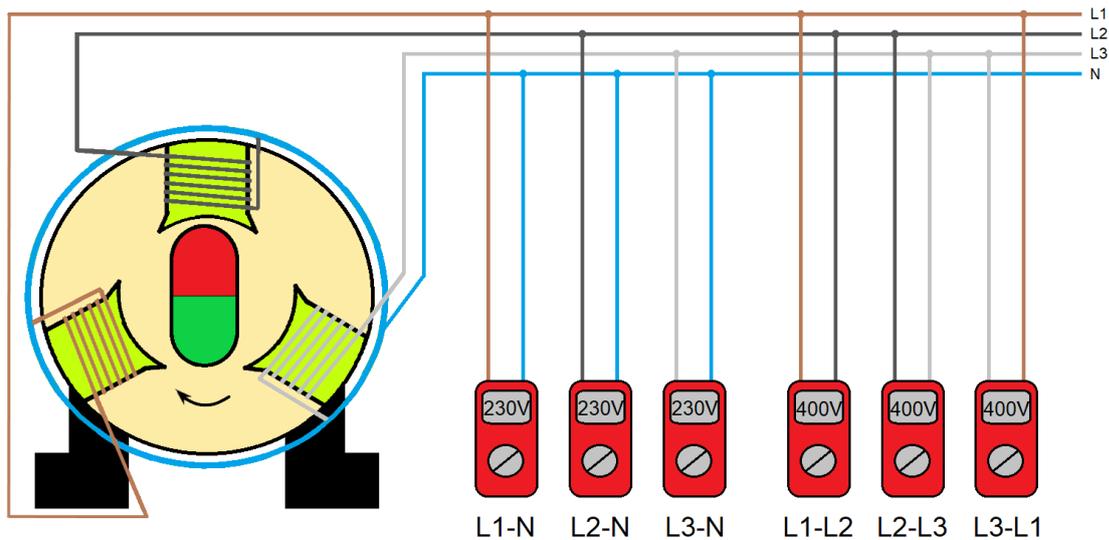
Der Neutralleiter gleicht die unsymmetrische Belastung aus, in dem dieser Leiter Strom zum Sternpunkt zurückführt. Man spricht hier vom sogenannten **Ausgleichsstrom**.

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



Das nächste geniale am Dreiphasenwechselstrom ist nun, dass noch **weitere drei** Stromkreise zur Verfügung stehen, und zwar mit jeweils **400V**. Hier zu sehen mit drei weiteren Voltmetern.

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 $\sqrt{3}$.

$$230V \times \sqrt{3} = 400V$$

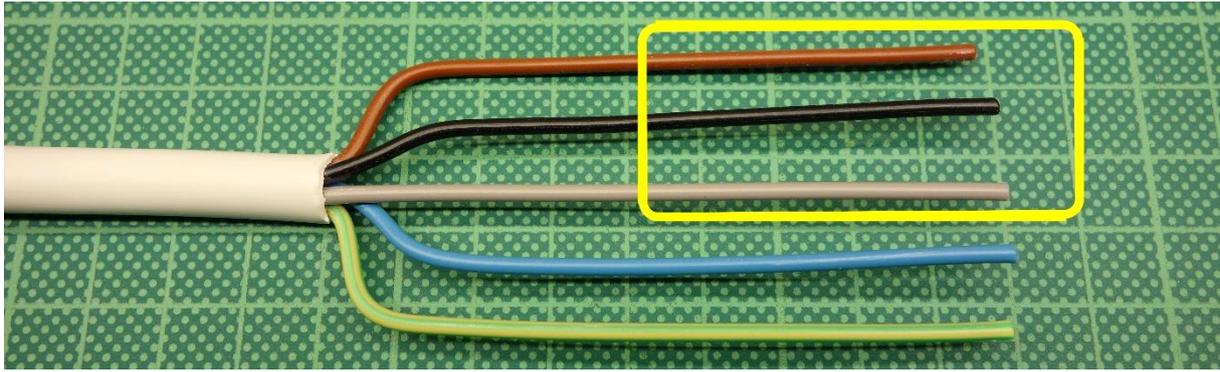
Zusammenfassung

- Bei der symmetrischen Belastung heben sich die Ströme gegenseitig auf. Wie beispielsweise bei einem Anschluss eines Drehstrommotors, der bei jedem Außenleiter denselben Stromverbrauch aufweist.
- Bei unsymmetrischer Belastung der drei Außenleiter, gleicht der Neutraleiter 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 Neutraleiter.

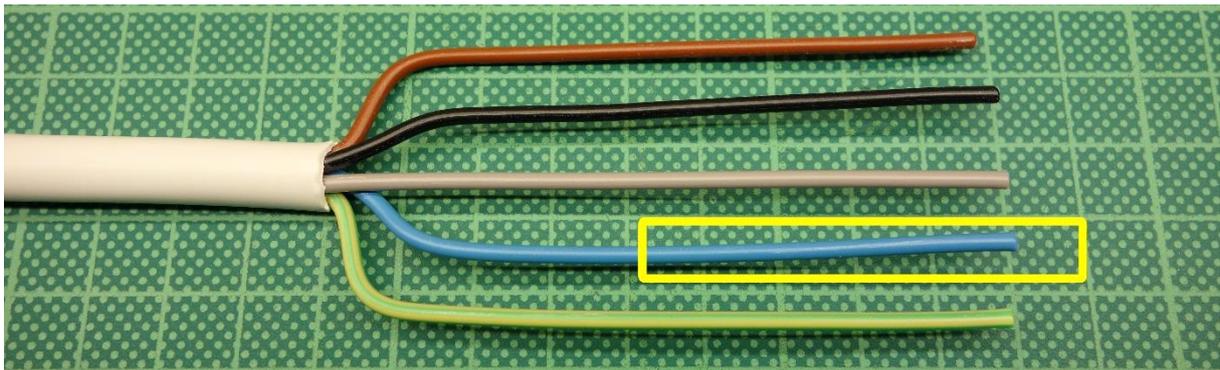
Die drei Außenleiter



Die Außenleiter **L1**, **L2** und **L3** 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 Neutraleiter



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

In diesem Leiter fließt daher ebenfalls Strom, es handelt sich hier also ebenfalls um einen aktiven Leiter. Dieser Strom ist messbar.

Was passiert, wenn ich den Neutraleiter berühre?

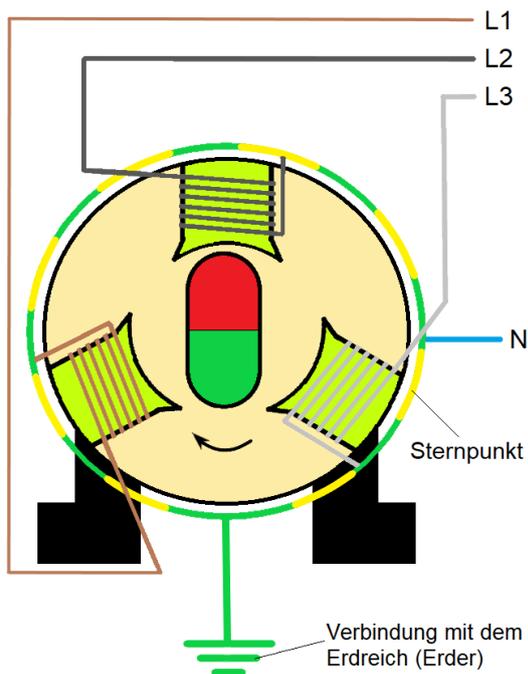
Achtung: Der Neutraleiter darf niemals berührt werden, ohne zuvor die Sicherheitsregeln ([Kapitel 6](#)) beachtet zu haben. Der Stromkreis muss zuvor stromlos gemacht werden!

Beim Berühren des Neutraleiters bekommt man **keinen Stromschlag**, obwohl dieser Strom führt, warum?

Die Rückführung vom Stromverbraucher zum Stromerzeuger wird sowohl über die Kupferleitung wie auch über das **Erdreich** realisiert.

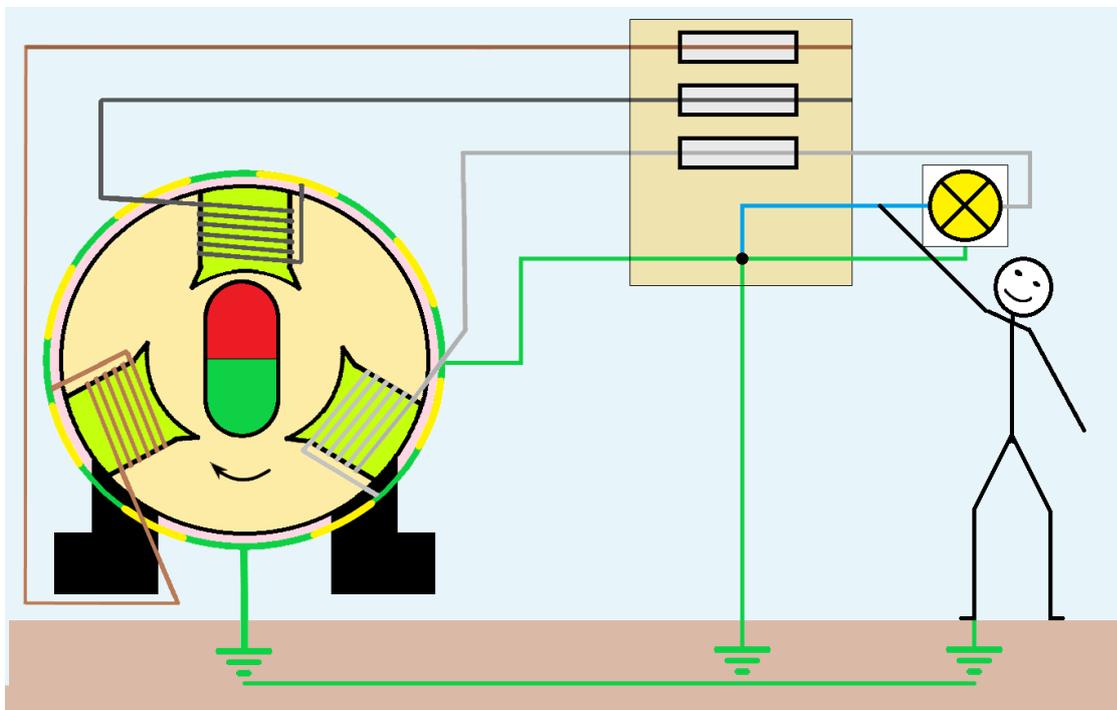
Das Erdreich ist sozusagen ein kostenloser Leiter, den wir überall ohne großen Aufwand verwenden können.

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



Der Generator wird am **Sternpunkt** mit dem **Neutralleiter** und dem **Erdreich** verbunden.

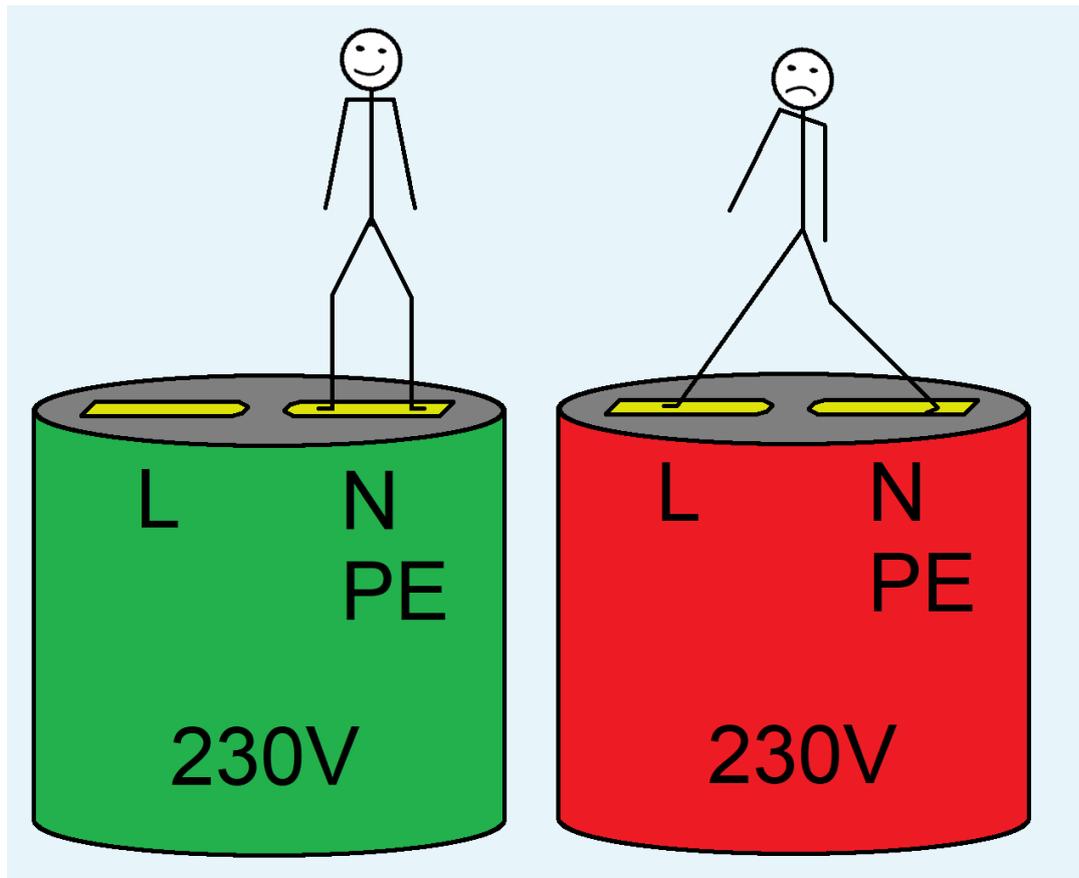
Die Verbindung mit dem Erdreich ist also schlicht und einfach eine Verbindung mit dem **Boden**, auf dem wir stehen.



Wenn wir also Kontakt mit dem Boden haben, sind wir ein Teil dieses Stromkreises und somit ein Teil von der Erde und dem Neutralleiter welcher damit verbunden ist.

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

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



Man kann sich auch einfach eine übergroße Batterie vorstellen:

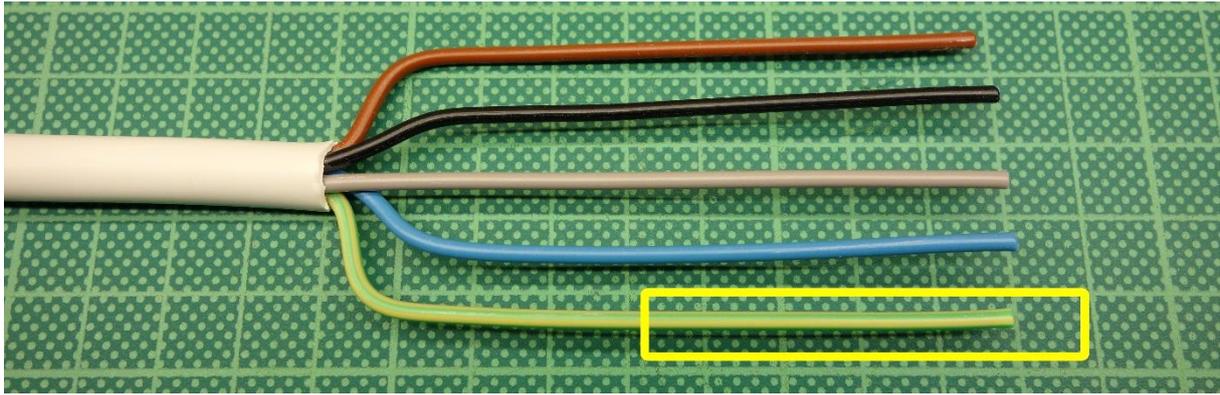
Der Mensch steht auf dem «**Minuspol**» (**Neutraleiter und Erde**) und kann diesen somit auch berühren, ohne Schaden zu nehmen.

Problematisch wird es erst, wenn der Mensch nach dem «**Pluspol**» (**Außenleiter**) greift, welcher ein anderes Potential und somit eine Spannung aufweist.

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

Dabei müssen Spannung und Stromstärke gewisse Werte erreichen, um uns zu schaden.

Der Schutzleiter



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

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.

Nur wird der Schutzleiter **nicht direkt am Verbraucher angeschlossen**. Und hat nichts mit dem Betrieb eines Verbrauchers zu tun.

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

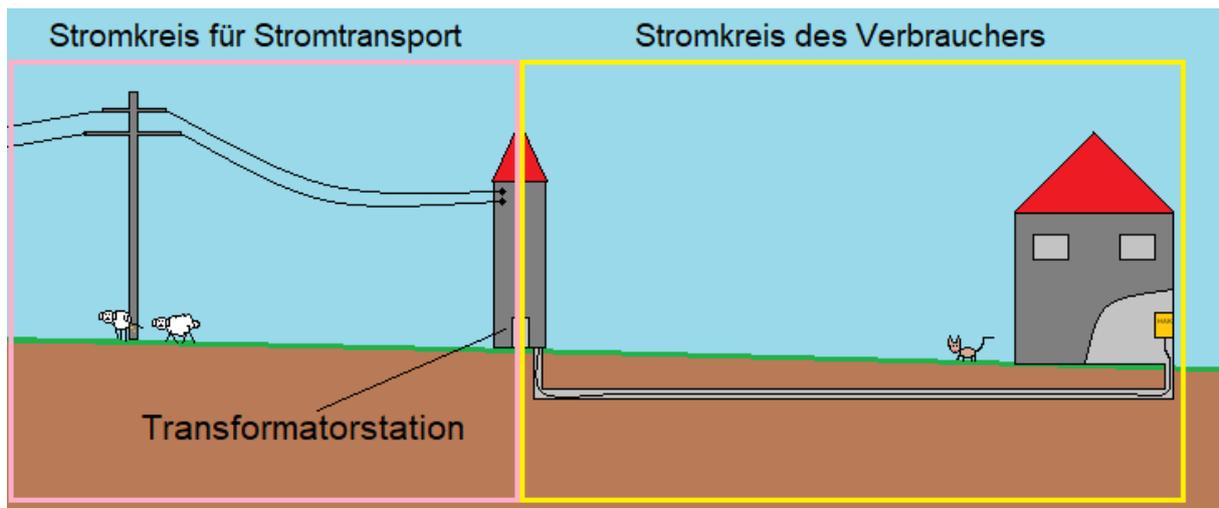
Er wird zum Zweck der elektrischen **Sicherheit** eingesetzt und hat die Aufgabe, den Strom in einem Fehlerfall so widerstandsarm abzuleiten, dass eine rasche Auslösung der Sicherung herbeigerufen wird. Dazu später mehr.

1.12 Der Installations-Stromkreis

Vom Transformator bis zum Verbraucher

Der Installations-Stromkreis ist der Stromkreis, an dem die Hausinstallation angeschlossen wird. Anders als man vielleicht denken mag, ist dieser Stromkreis etwas weitreichender als von der Elektroverteilung bis zum Verbraucher.

Jeder installierte Stromkreis führt vom **Transformator bis zum Verbraucher**. Werden beispielsweise Messungen des Stromkreises durchgeführt, wird die gesamte Leitung bis zum Transformator gemessen.



Der Verbraucherstromkreis, wie der eines Wohnhauses, reicht bis zur ersten «Trennstelle». Diese Trennstelle ist im Transformator zu finden, welcher sich in der **Transformatorstation** befindet.

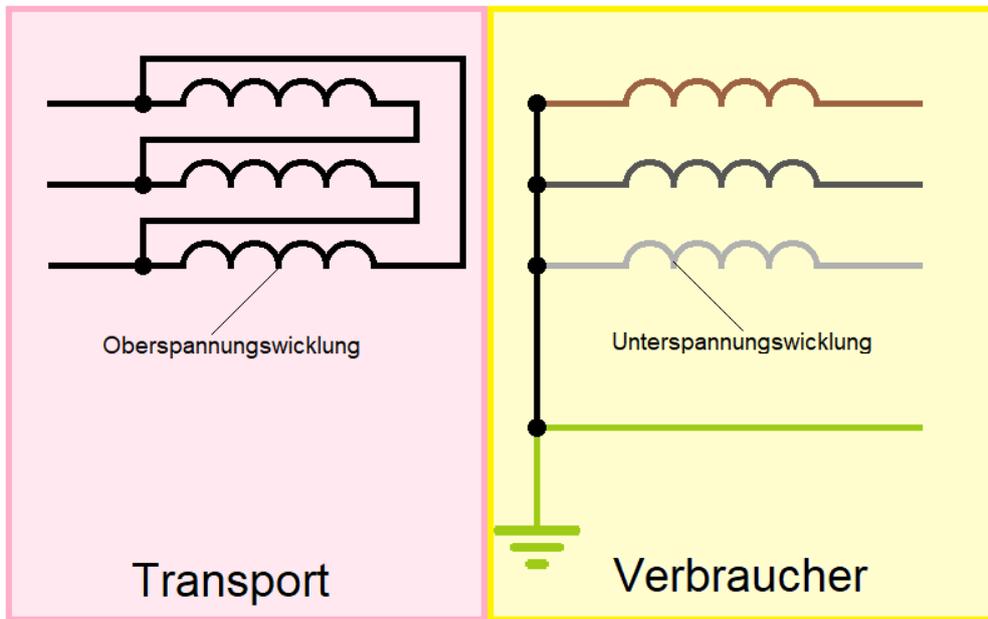


Im Inneren einer Transformatorstation könnte es dann so aussehen. Hier sind gleich zwei Transformatoren zu sehen. Gut zu erkennen ist die Primärseite mit den braunen Isolatoren.

Hier 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

schematische Darstellung eines Transformators



Die Zeichnung des Transformators zeigt in Rosa die sogenannte **Primärseite** des Transformators und in Gelb die **Sekundärseite**.

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**.

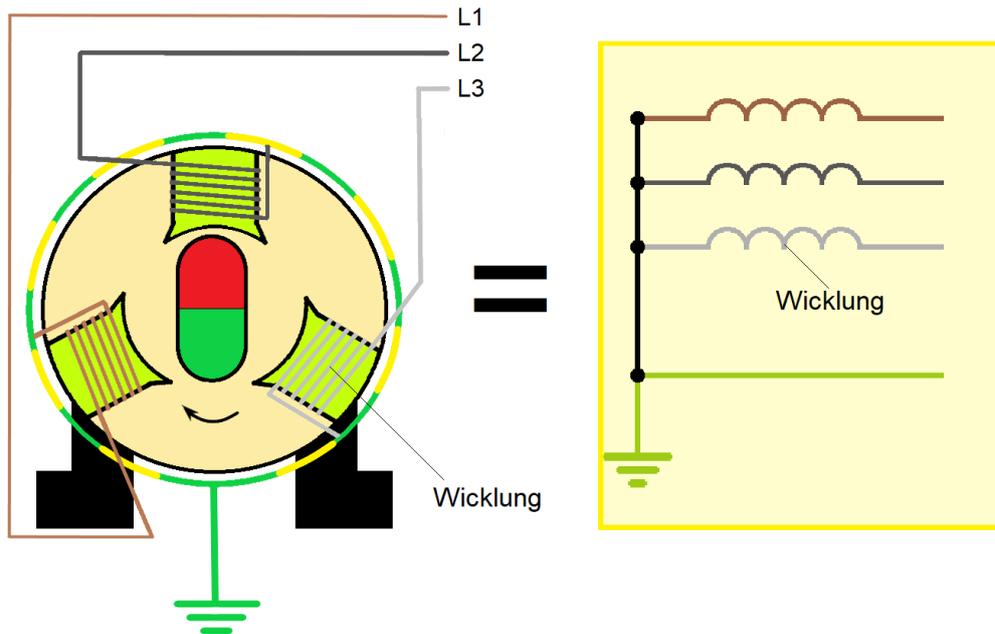
Die Primär- und Sekundärseiten des Transformators unterscheiden sich grob gesagt durch verschiedene Wicklungen (jeweils eine pro Außenleiter).

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.



Das Prinzip der unterschiedlichen Windungszahl ist dasselbe wie bei meinem [Experiment Stromerzeugung durch Induktion](#).

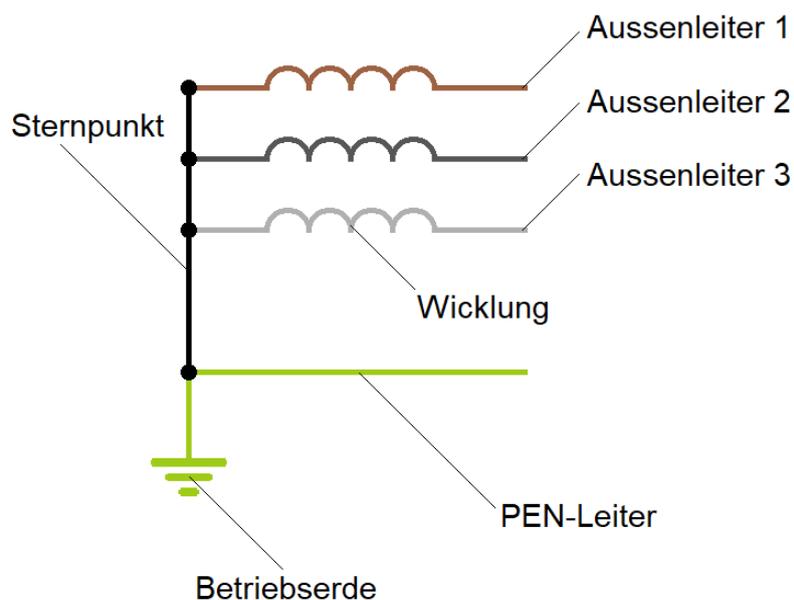


Wenn man möchte, kann man sich anstelle der Sekundärseite auch einfach einen Generator vorstellen und somit den Transportstromkreis wegdenken.

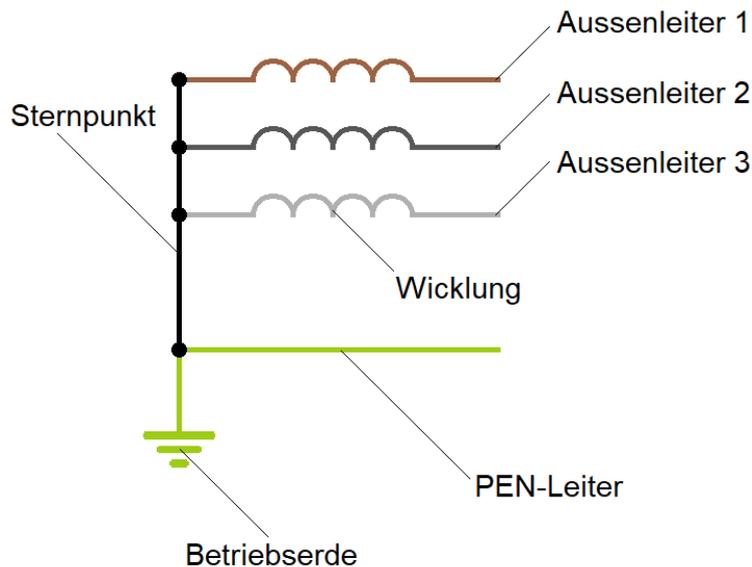
Dieser ist auch wie die Sekundärseite des Transformators mit einer Sternschaltung ausgestattet.

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

Ich persönlich, stelle mir lieber einen Generator vor, da der Strom ja schlussendlich auch von einem Generator produziert wird und der Transformator «nur» zum Stromtransport verwendet wird.



Der Installations-Stromkreis



Der Stromkreis der Hausinstallation fängt also hier, auf der **Sekundärseite** des Transformators an.

Neben den bereits bekannten Begriffen wie Wicklungen, Sternpunkt und Außenleiter, kommt die **Betriebs Erde** und der **PEN-Leiter** hinzu.

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

Hier wird eine widerstandsarme Verbindung mit dem Erdreich, mit beispielsweise einem oder mehreren **Staberdern** hergestellt.

Der Staberder ist ein Metallstab aus Stahl. Dieser wird ins Erdreich geschlagen.

Der **PEN-Leiter** hat sozusagen dieselbe Aufgabe wie die Betriebs Erde.

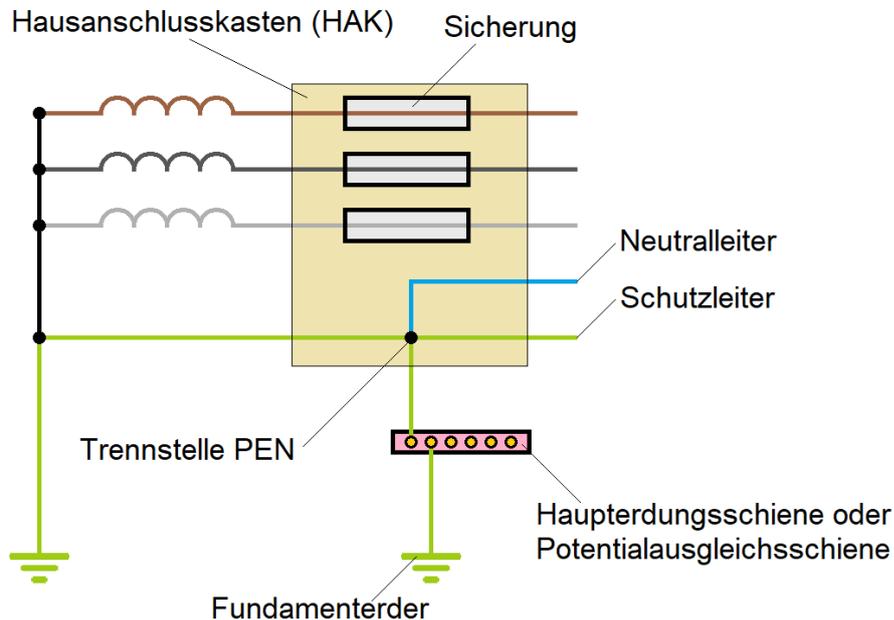
Dieser ist ebenfalls am Sternpunkt des Stromerzeugers angeschlossen. Der Unterschied ist, dass der PEN Leiter **durchgehend aus einer Kupferleitung** besteht.

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.



Im gelben Feld ist nun der **Hausanschlusskasten (HAK)** und all seine «Innereien» zu sehen.

Oben begonnen, wird jeder der drei Außenleiter, die vom Transformator kommen, an ein **Sicherungselement** angeschlossen. Das ist somit auch der erste Ort im Haus, an dem der Stromkreis abgesichert wird.

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

Aus dem PEN-Leiter werden nun **Neutralleiter** und **Schutzleiter**, die in der Elektroinstallation benötigt werden und wie schon erwähnt, zwei verschiedene Funktionen haben.

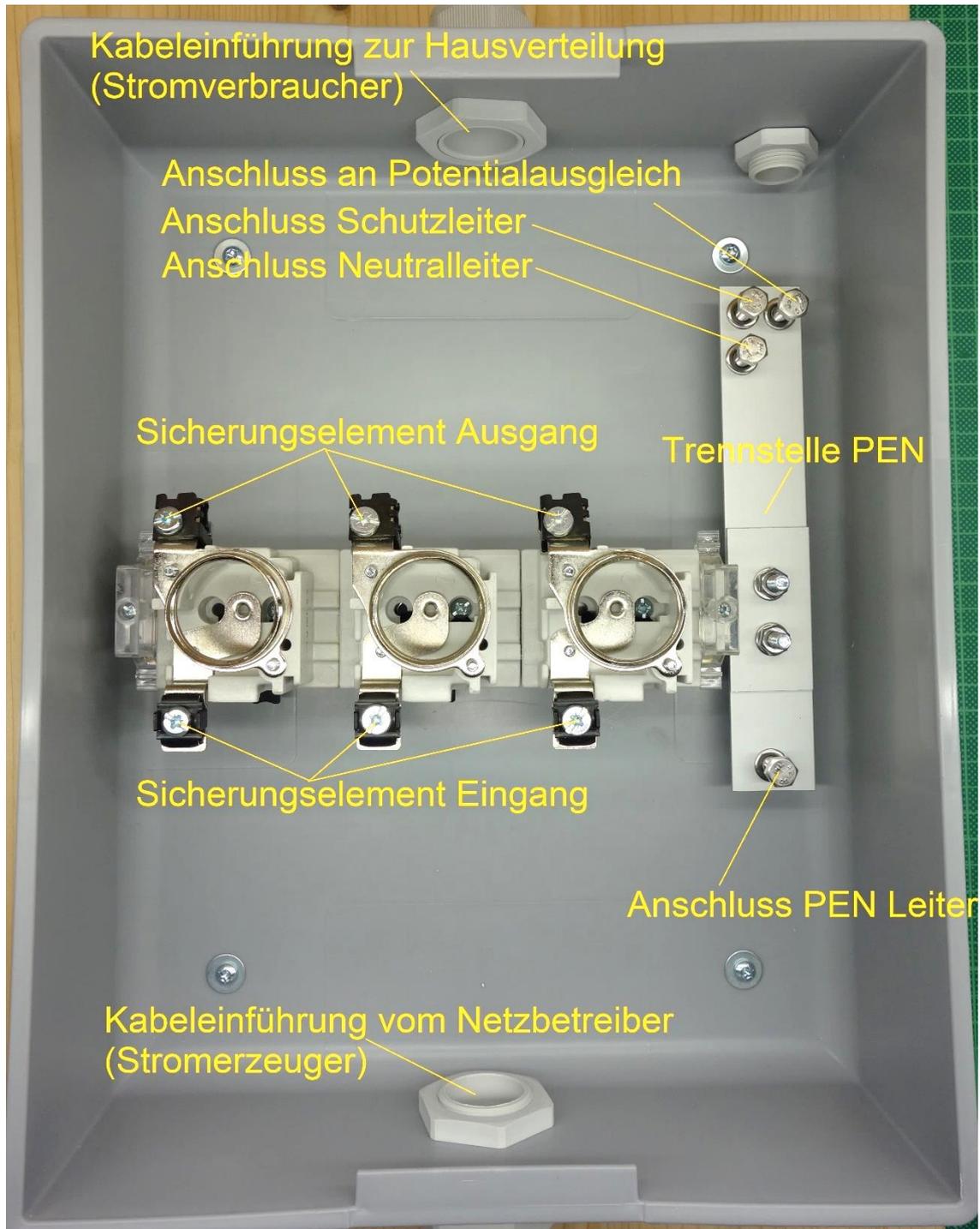
Der PEN Leiter führt vom Transformator bis in den Hausanschlusskasten, bis er dort aufgeteilt wird. Er gilt also als ein Leiter, in dem Neutral- und Schutzleiter miteinander kombiniert sind. Dieses System wird auch **TN-C** genannt.

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



So könnte nun das Innere eines Hausanschlusskastens aussehen. Der Aufbau ist eigentlich sehr simpel.

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.

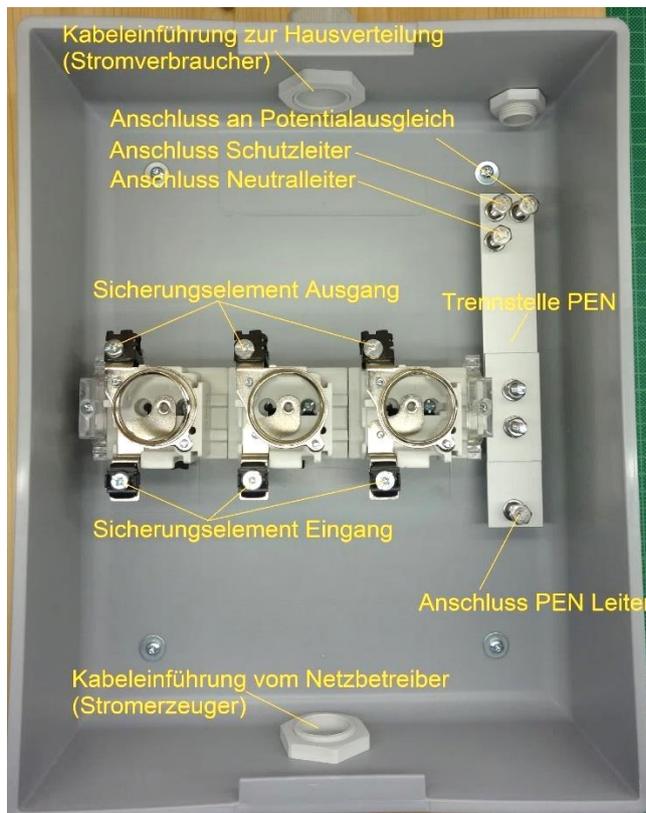
Ein Sicherungselement macht eigentlich nichts anderes, als die Leitung **aufzutrennen**.

Mit Einsetzen der Sicherung wird diese dann wieder verbunden. Der Strom läuft jetzt über die eingesetzte Sicherung und die Leitung ist somit von diesem Punkt an geschützt.

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.

Das ist aber auch egal, da der Hausanschlusskasten nicht von nicht-fachkundigem Personal bedient werden darf.



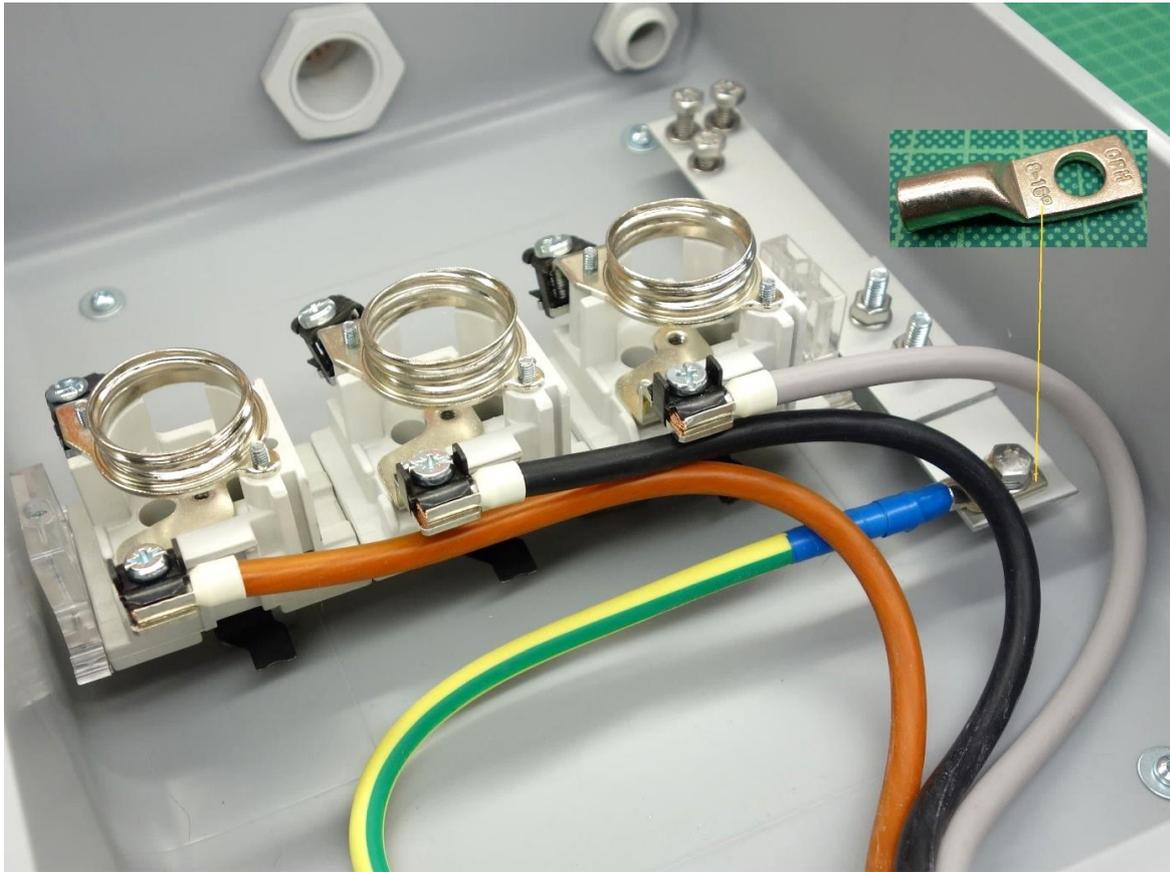
Rechts ist die **Trennstelle**, die mit den Schrauben für die nötigen Anschlüsse ausgestattet ist. Diese ist komplett verbunden.

Die zwei Schrauben in der Mitte der Schiene können gelöst werden um das Verbindungstück, auch Neutralleitertrenner genannt wird, zu entfernen. Nach Öffnung ist der PEN Anschluss von den restlichen 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



Hat der Netzbetreiber die Zuleitung angeschlossen, sieht das dann so aus.

Der PEN-Leiter (gelb-grün) wurde hier mit einem sogenannten Kabelschuh auf die Schiene angeschlossen.

Kabelschuhe haben eine Öse und werden verwendet, wenn der Anschluss an eine Schraube nötig ist.

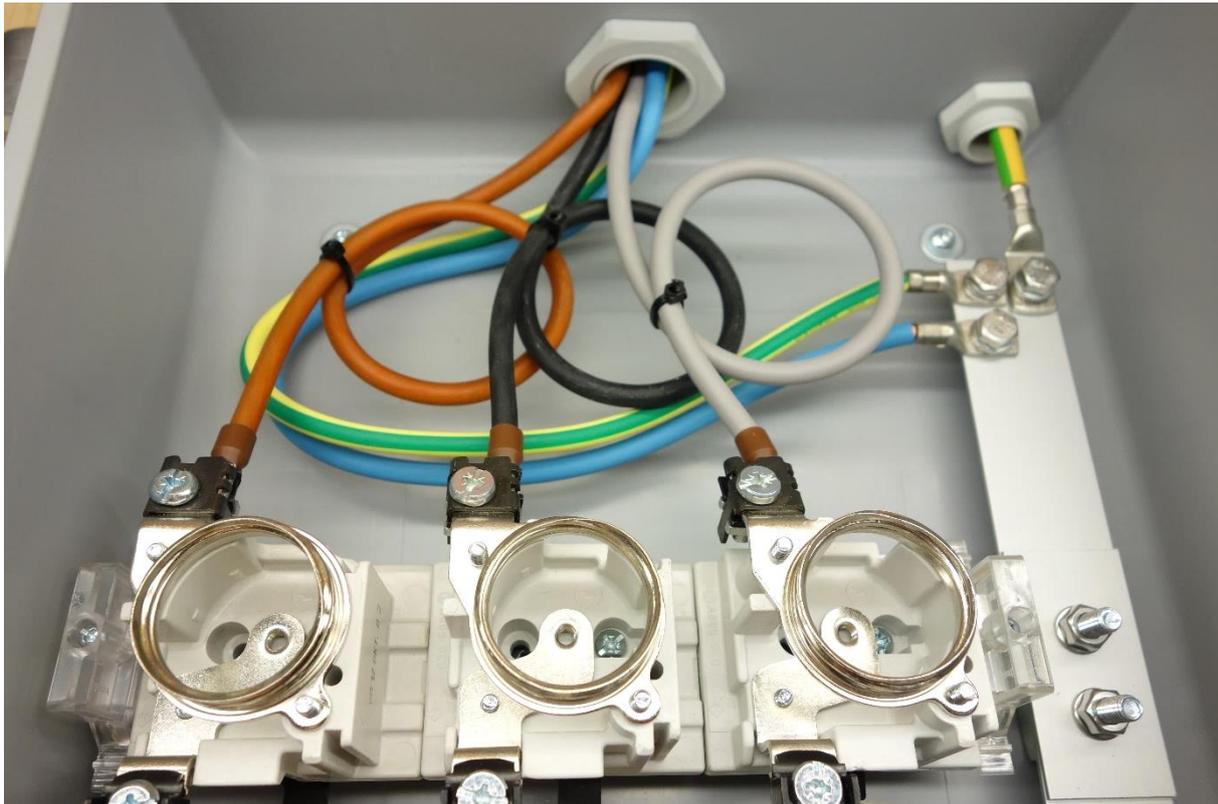
Als PEN-Leiter wird immer der Schutzleiterdraht verwendet, dieser muss zusätzlich an den Enden der Leitung **blau** gekennzeichnet sein.

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 Neutraleiter 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, müssen die abisolierten Enden mit einer Aderendhülse versehen werden, damit der Draht einen sicheren und sauberen Kontakt aufweist.

Anschluss ausgangsseitig

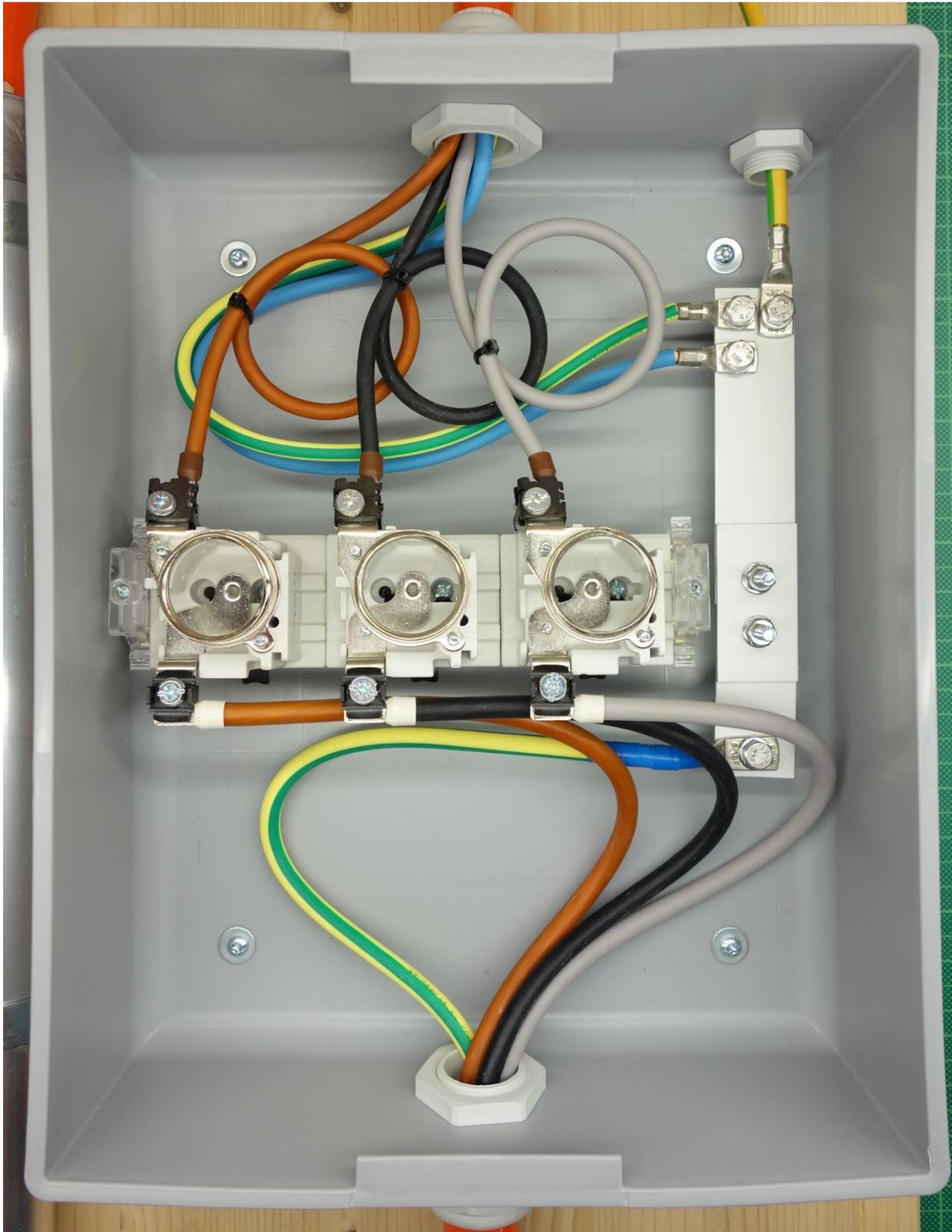


Auf der Verbraucherseite wird die Installation vom beauftragten Elektriker übernommen. Wieder werden die drei Außenleiter an das Sicherungselement angeschlossen, diesmal auf der Ausgangsseite.

Wie man jetzt erkennen kann, ist dieses Kabel 5-adrig, da beim Verbraucher nun Schutz- und Neutraleiter separat installiert werden.

Der letzte Anschluss oben rechts betrifft die Verbindung auf den Haupt-Potentialausgleich des Hauses, welcher mit der Fundamenterdung mit dem Erdreich verbunden wird. Dazu später mehr.

Generell darf der Hausanschlusskasten nur vom berechtigten Fachmann (Netzbetreiber) geöffnet werden. Der Hausanschlusskasten wird nach der Installation plombiert, um Stromdiebstahl zu verhindern.



Ist alles sicher und sauber angeschlossen, können die inneren Abdeckungen, welche den Berührungsschutz gewährleisten, angebracht werden.

Kann die Installation in Betrieb genommen werden, sind die richtigen Passschrauben und Sicherungen einzusetzen und die äußere Abdeckung zu schließen.

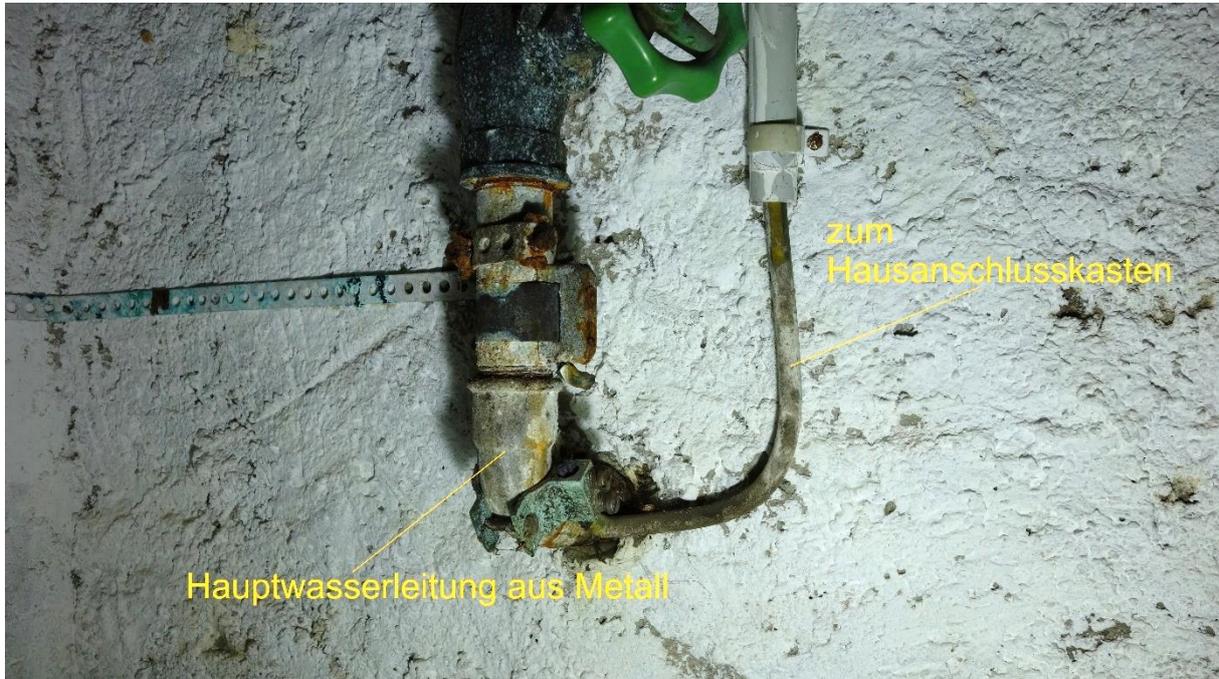


Das ist ein Beispiel von einem Hausanschlusskasten, wie er in einem Wohnhaus aussehen könnte.

Hier handelt es sich um ein etwas älteres Model, damals wurde die Verbindung zum Erdreich mit der Wasserleitung hergestellt.

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

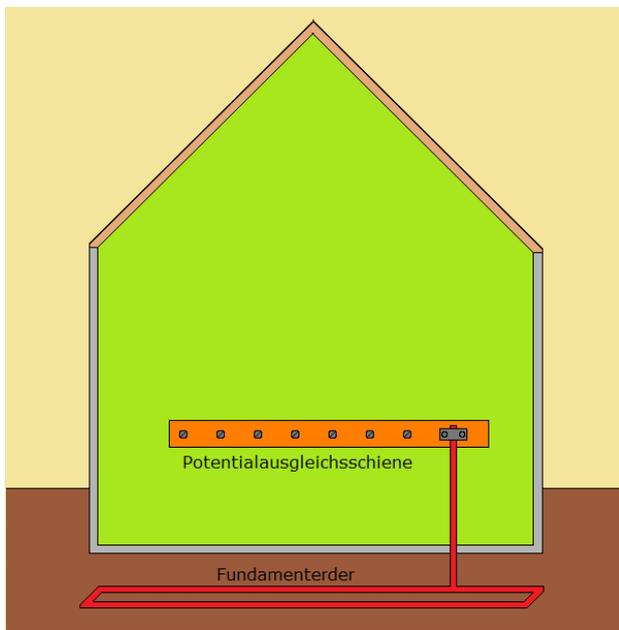
Heute wird der Hausanschlusskasten mit der sogenannten Fundamenterdung verbunden.



Die alten Wasserleitungen sind aus Metall und darum leitend. Die Verbindung von Wasserrohr und Kabel wird mit einer speziellen Rohrschelle realisiert.

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

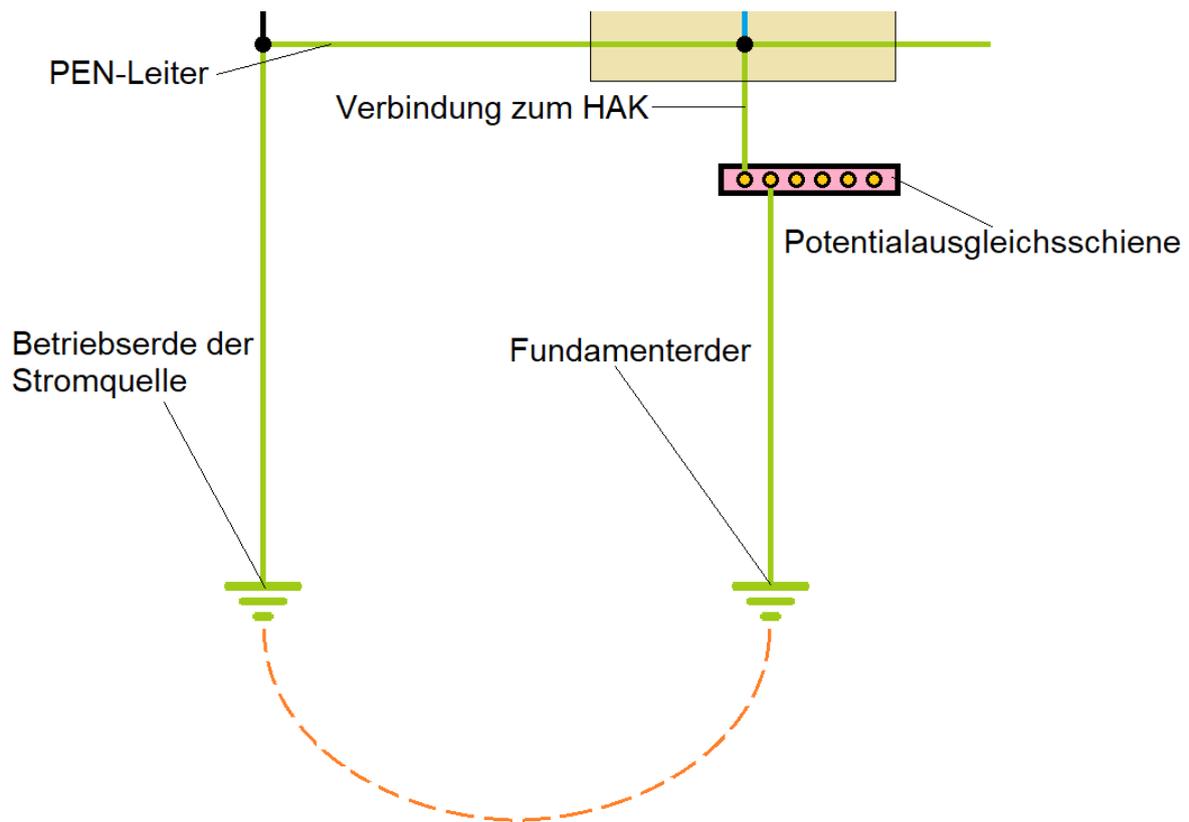
In diesem Fall muss eine andere Lösung gefunden werden, um eine neue Verbindung mit dem Erdreich herzustellen.



Beim Bau eines neuen Hauses wird die Verbindung mit dem Erdreich mit einer sogenannten **Fundamenterdung** hergestellt. Hier wird Flachstahl mit einem gewissen Querschnitt im Fundament unter den Außenmauern in den Beton eingelegt und mit der Armierung verbunden.

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

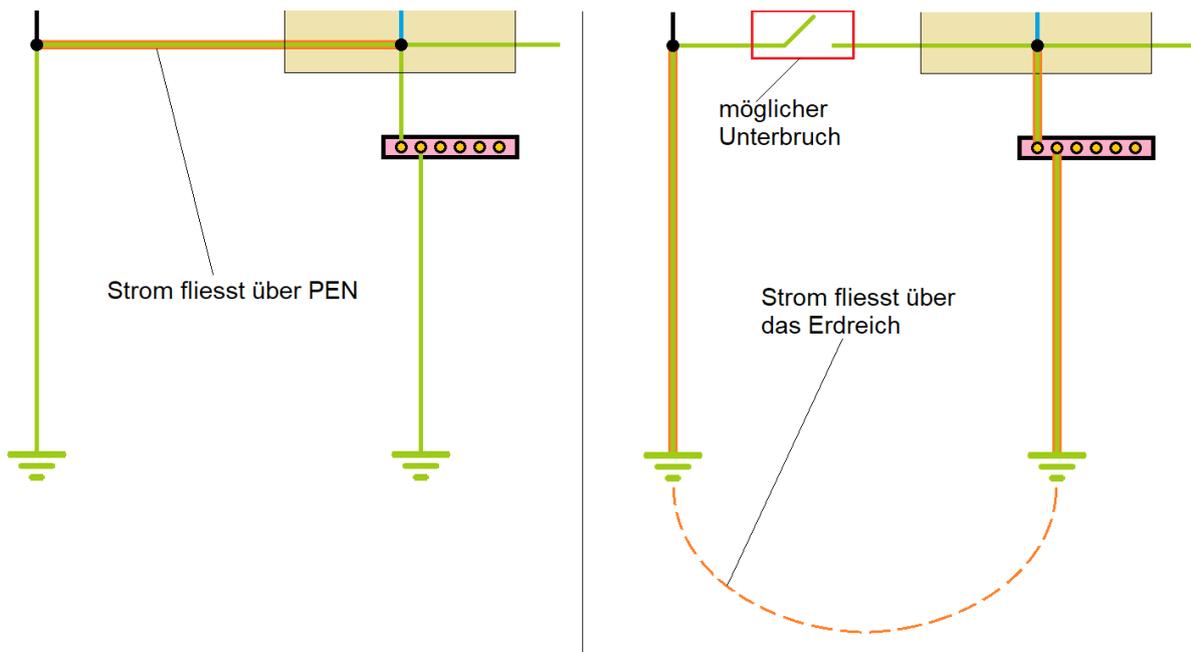
Verbindung zwischen PEN und Potentialausgleich



Wie schon erwähnt, werden mit dieser Installation **zwei** Verbindungen vom Stromerzeuger zum Verbraucher hergestellt.

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

Der Strom sucht sich immer den Weg des geringsten Widerstandes und daher kann es sein, dass sich gewisse Ströme den Weg über das Erdreich nehmen, um den Stromkreis zu schließen.

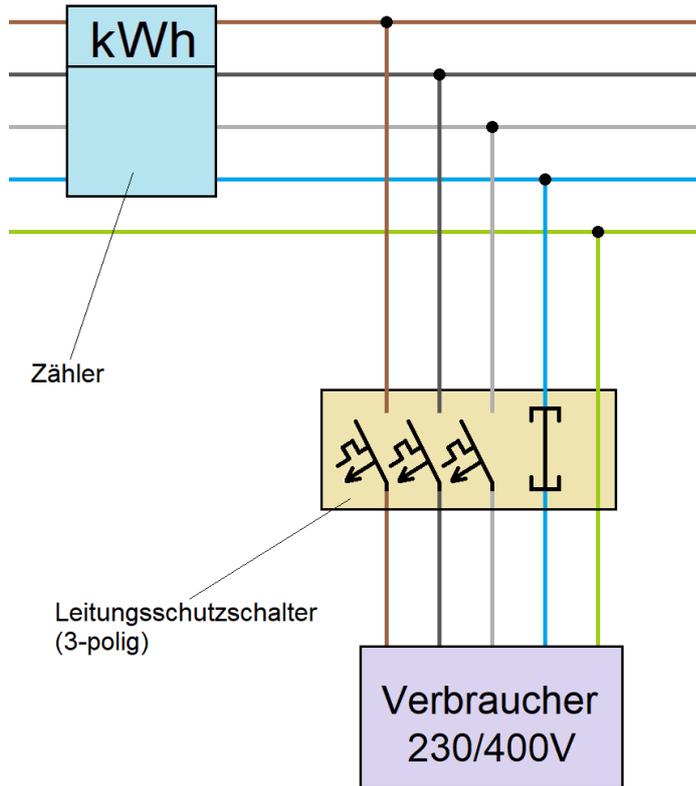


Ein weiterer Grund für die Verbindung mit dem Erdreich ist ein möglicher **Unterbruch des PEN-Leiters**.

Wird dieser unterbrochen, kann es zu erheblichen Schäden an Installation und Elektronik führen.

Durch die zusätzliche Verbindung über das Erdreich wird der Stromkreis über das Erdreich geschlossen und somit kann schlimmeres verhindert werden.

Stromzähler, Sicherung und Verbraucher



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

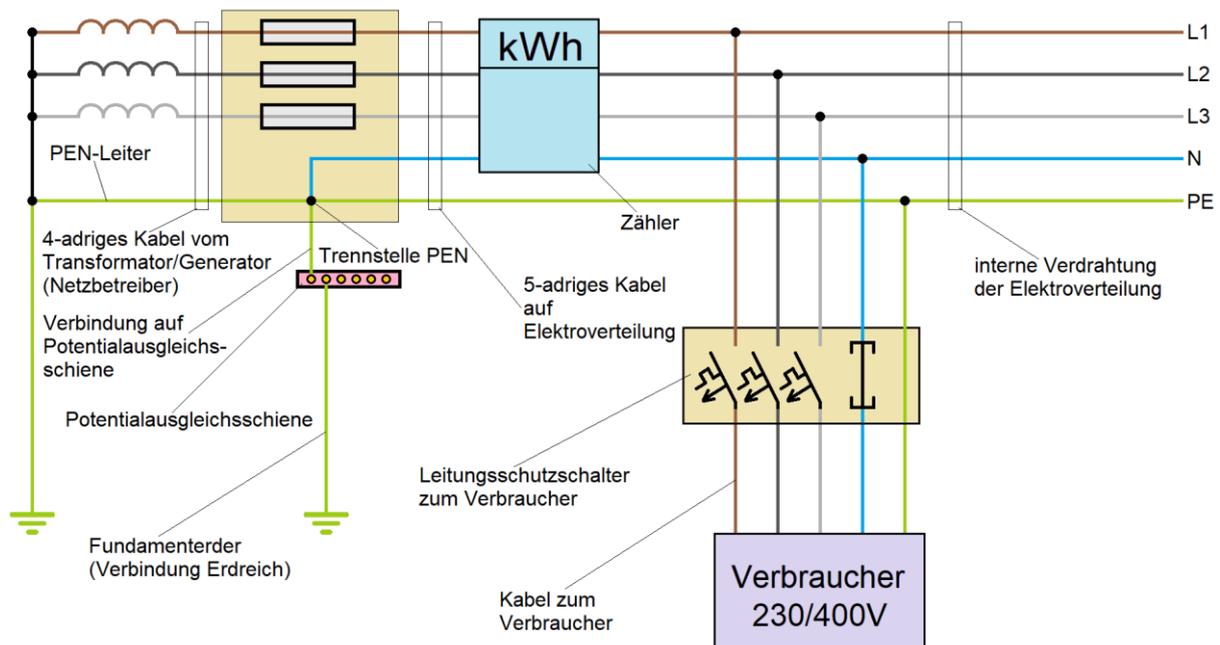
Das heißt, alles was nach dem Stromzähler angeschlossen wird, wird auch gezählt und verrechnet.

Der Stromzähler sitzt meistens auf der Hauptverteilung. Somit befindet sich alles, was auf dieser Zeichnung zu sehen ist, ebenfalls in der Elektroverteilung (Sicherungskasten).

Sobald der Strom gezählt wird, kann dieser dem Verbraucher zur Verfügung gestellt werden.

Zuvor muss jedoch noch eine Sicherung, in diesem Fall ein Leitungsschutzschalter, dafür sorgen, dass im Fehlerfall alles heil bleibt.

Übersicht und praktisches Beispiel



Das ist nun der gesamte Installations-Stromkreis, den ich später immer wieder zur deutlicheren Erklärung nutzen 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 Neutraleiter aufgeteilt.

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 nötigen Schutzeinrichtungen wie beispielsweise dem **Leitungsschutzschalter** geführt wurde.

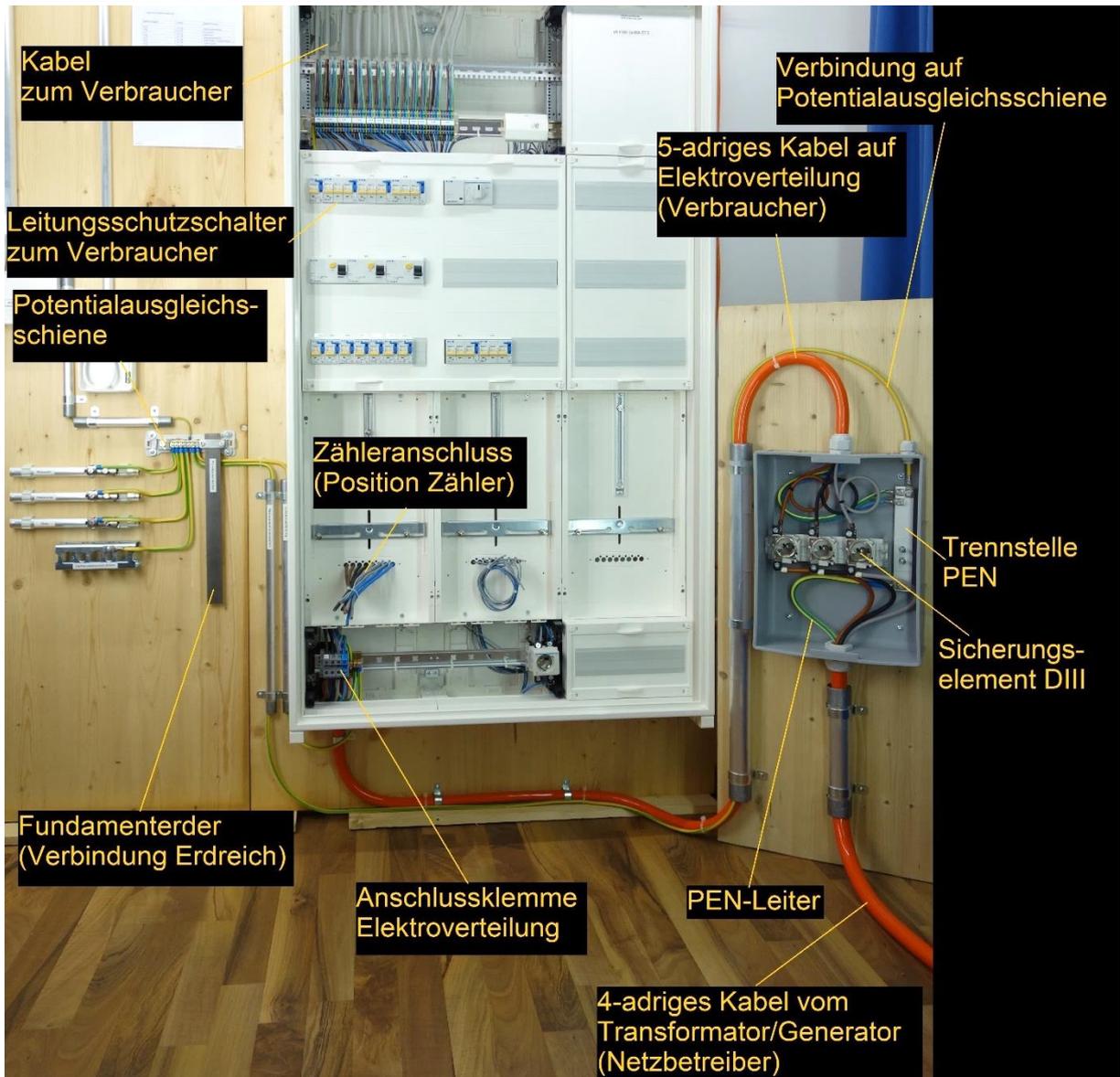
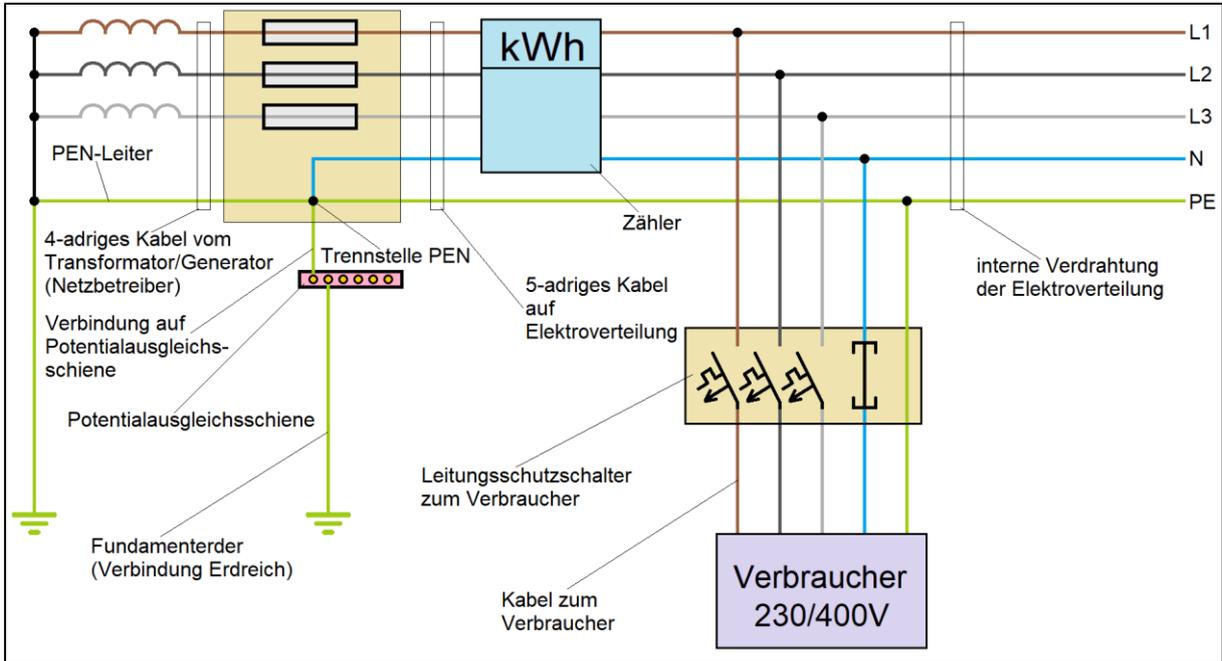
Zusätzlich zu dieser Zeichnung habe ich im Downloadordner unter der Bezeichnung **Stromtransport_übersicht.pdf** noch eine weitere Zeichnung mit einer kompletten Übersicht von der Stromerzeugung bis zum Installationsstromkreis hinzugefügt.



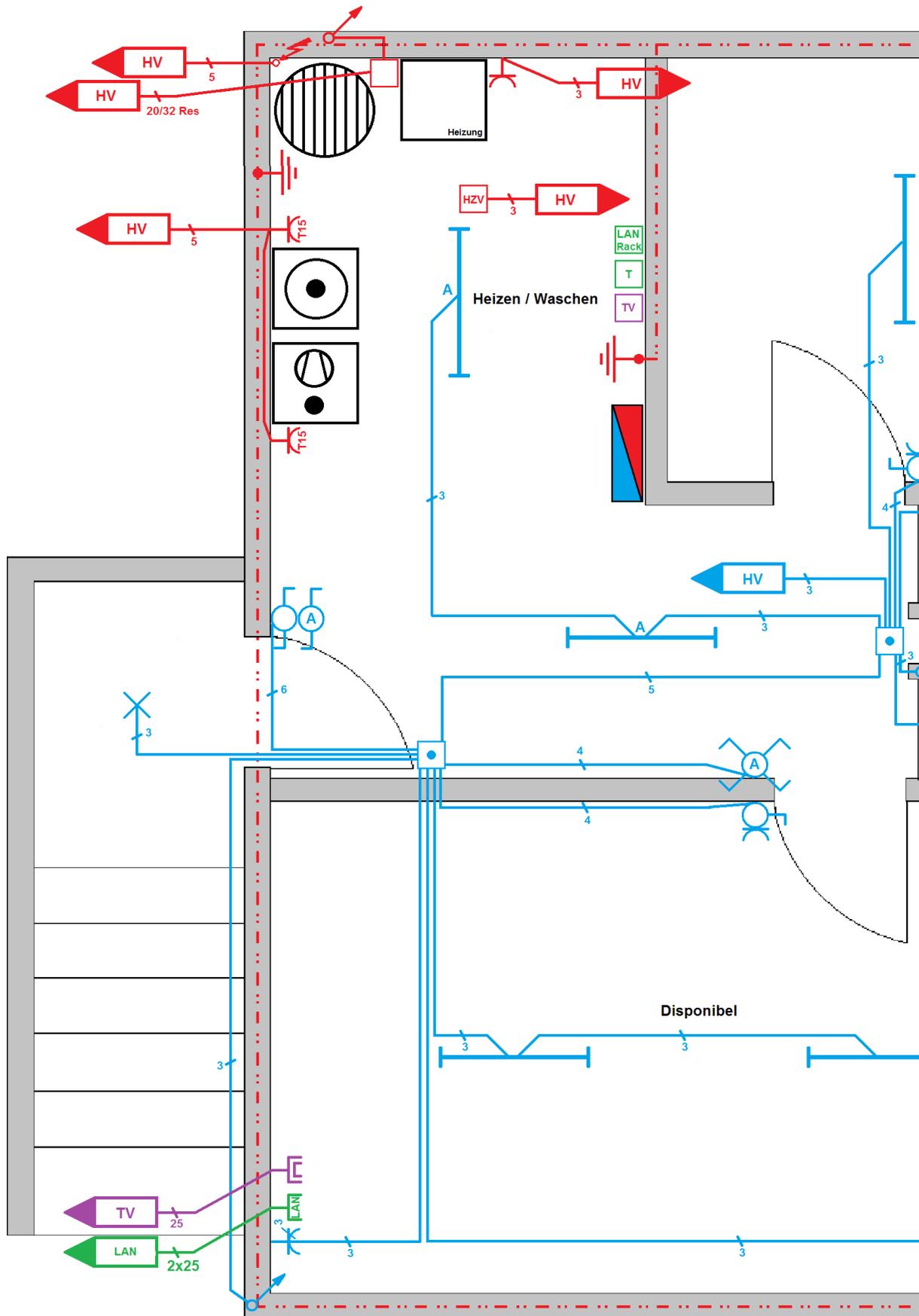
Hier kannst du dir nun ein Bild davon machen, wie es in etwa in der Praxis aussehen könnte. Ich habe dazu eine Installation in meiner Werkstatt vorbereitet.

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

Auf der folgenden Seite siehst du eine Übersicht, wie der Installations-Stromkreis in der Theorie verglichen mit der Praxis aussieht.



2.0 Elektroplanung



Um den gesamten Umfang einer Elektroinstallation zu sehen und zu verstehen, ist es am Anfang am einfachsten, zuerst zu lernen, wie ein **Elektroinstallationsplan** gezeichnet wird.

Somit sieht man alle Abläufe übersichtlich auf Papier.

Du wirst also Schritt für Schritt lernen, wie man einen Elektroinstallationsplan erstellt. Dieser beinhaltet **Stark-** und **Schwachstrom-Installationen** aller Art.

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

Damit du dieses Ziel erreichst, werde ich einzelne Elemente für das Zeichnen eines Installationsplanes näher erklären und diese am Schluss in Form eines **kompletten** dreistöckigen Installationsplanes zusammenfügen

Die Planung basiert auf der Installations-Methode, bei der Installationen und Rohrleitungen im Beton verlegt werden.

Ende der Leseprobe 😞!

Du hast soeben **das Erste** Kapitel von „Praxis Elektrik“ gelesen, hat es dir gefallen?

Im **Inhaltsverzeichnis**, ganz am Anfang der Leseprobe kannst du nachlesen, welche Themen dich in der **Vollversion** erwarten und ob diese für dich interessant sind.

[Erfahre jetzt mehr über das Fachbuch „Praxis Elektrik“](#)

Beste Grüße

Matthias Hallwyler