





|  |   |
|--|---|
| <p><b>Feldlinien</b></p> <p><b>magnetische Leitfähigkeit</b>,<br/><b>Abschirmung</b></p> <p><b>ferromagnetische Stoffe</b></p> | <p>Im Unterschied zu den elektrischen Feldlinien, die einen Anfang und ein Ende haben, sind <b>magnetische Feldlinien in sich geschlossene Linien!</b><br/>         Sie treten beim <b>Nordpol</b> aus und gehen <b>ausserhalb</b> des Magneten zum Südpol und von dort <b>innerhalb</b> des Magneten wieder zu dessen Nordpol.<br/>         Oder anders gesagt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aussen gehen sie vom Nord- zum Südpol,</li> <li>• Innen vom Süd- zum Nordpol.</li> </ul> <p>Magnetische Feldlinien werden von <b>magnetisch leitenden Körpern</b> (wie z.B. Eisen) <b>angezogen</b> und <b>durchdringen</b> sie.<br/>         Dank diesem Effekt lassen sich Magnetfelder auch abschirmen (siehe Feldlinienbilder unten).</p> <p>Magnetisch gut leitende Körper sind gut magnetisierbare, eisenähnliche Stoffe; sie heissen deshalb <b>ferromagnetische Stoffe</b>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die <b>Dichte</b> der Feldlinien zeigt die <b>Stärke</b> des Feldes / der Kraftwirkung</li> <li>• Die <b>Richtung</b> der Feldlinien zeigt den <b>Verlauf</b> des Feldes, genauer den Verlauf der Kraftwirkung auf einen (theoretischen) isolierten Nordpol.</li> </ul> <p>Feldlinien ungleicher Pole vereinigen sich,<br/>         Feldlinien gleicher Pole verdrängen sich.</p> <p><u>Verschiedene Feldlinienbilder:</u></p> |
| <p><b>Feldlinienbilder</b></p>   |   |

## 8.2. Magnetische Stoffe (Magnetwerkstoffe)

Technisch sind primär die **ferromagnetischen** Stoffe von Bedeutung. Ferromagnetische Stoffe erfahren in einem Magnetfeld eine grosse Kraft.

Man unterscheidet hart- und weichmagnetische Stoffe:

|  |  |
|--|--|
| <b>Links: Hartmagnetische Werkstoffe</b> | <b>Rechts: Weichmagnetische Werkstoffe</b> |
|--|--|

### Grundlegende Unterschiede

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Hartmagnetische</b> Stoffe sind "hart", also schwierig, zu magnetisieren oder zu entmagnetisieren. Sie können ihre <b>Magnetisierung also gut und über lange Zeit behalten</b>, solange sie nicht ent- oder ummagnetisiert werden.</p> | <p><b>Weichmagnetische</b> Stoffe sind einfach zu magnetisieren und zu entmagnetisieren.</p> <p>Sie <b>verlieren ihre Magnetisierung grösstenteils</b>, sobald das äussere Magnetfeld weg ist.</p> |
|--|--|

### Die Magnetisierungskurve oder Hystereseschleife

Wie erwähnt kann die **Feldstärke H als Ursache** der Magnetisierung betrachtet werden, Die Magnetische **Flussdichte B als Folge** der Magnetisierung.

**H:** Ursache:  
magnetische Erregung  
oder Feldstärke

**B:** Folge:  
Flussdichte/Induktion/Magnetisierung

**1** Neukurve des unmagnetisierten Stoffes

**2** H wird kleiner und negativ

**3** H geht wieder gegen Null und steigt im positiven Bereich

**Remanenz:** Zurückbleiben der Magnetisierung nach Entfernen des äusseren Feldes.

**Koerzitivfeldstärke:** Feldstärke, die nötig ist, um die Remanenz zu beseitigen.

### Einsatz hart- bzw. weichmagnetischer Stoffe

|   |   |
|---|---|
| <p>Als <b>Dauermagnete</b>: (Überall dort, wo die Magnetisierung erhalten bleiben soll.)<br/>Z.B. Lautsprecher, Motoren, Datenträgermaterial (Harddiskbeschichtung)</p> | <p>Überall dort, wo die Magnetisierung rasch <b>ändern</b> muss: Z:B. Elektromagnete, Spulen, Transformatoren, Magnetköpfe (Schreib- und Leseköpfe für Datenträger), Entstöringkerne für Bildschirm- oder Datenkabel.</p> |
|---|---|

### Materialien

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Metallische Werkstoffe:</b> Eisenlegierungen mit Alu, Nickel, Cobalt, Vanadium, Chrom usw.</p> | <p><b>Metallische Werkstoffe:</b> Reineisen, Eisenlegierung mit Si, Ni, Co. Eisenpulver im Verbund mit Kunststoffen. Amorphe Metalle (ohne Kristallstruktur)</p> |
| <p><b>Oxidische Werkstoffe</b> (Ferrite, Keramiken)</p>  | <p><b>Oxidische Werkstoffe</b> (Ferrite, Metalloxide)</p>  |

### 8.3. Verstärken und Abschirmung von Magnetfeldern

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Konzentration von Feldlinien</b></p> | <p>Wie erwähnt, werden magnetische Feldlinien von <b>magnetisch leitenden Körpern</b> (wie z.B. vom ferromagnetischen Eisen) <b>angezogen und konzentriert</b>.</p> <p style="text-align: center;"><b>Ferromagnetische Stoffe verstärken Magnetfelder.</b></p>  |
| <p><b>Abschirmung</b></p>                  | <p><i>Magnetfeld ohne Eisen</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Umlenken und Verstärken eines Feldes durch Eisenkörper</i></p> <p>Wenn die Feldlinien durch Eisen geleitet werden, lassen sie sich dadurch von andern Orten fernhalten.</p> <p><i>Das Innere der Hohl-Kugel (oder des Rings) ist feldfrei.</i></p> |

### 8.4. Die Spule

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Spule, Definition</b></p>                     | <p>Als Spule bezeichnet man <b>jede Anordnung</b> von Draht, bei der der Draht in mindestens einer Windung <b>aufgewickelt</b> ist.<br/>Jeder Leiter und erst recht jede Spule, in der Strom fließt, entwickelt ein Magnetfeld.</p>  |
| <p><b>Feldlinienbilder verschiedener Spulen</b></p> | <p>Es gibt Spulen <i>ohne</i> Kern und Spulen <i>mit</i> Kern.<br/>Der Kern kann offen oder geschlossen sein.</p> <p style="text-align: center;"> <i>gerade Spule ohne Kern</i>                      <i>Spule mit Eisenkern</i>                      <i>Ringkernspule</i><br/> <i>Kein äusseres Feld!</i> </p> |

|   |   |
|---|---|
| <b>Spulen als<br/>Energie-<br/>speicher</b> | In einer Spule wird <b>magnetische Energie</b> in Form des <b>Magnetfeldes</b> gespeichert.<br>Solange in einer Spule die Stromstärke $I$ ansteigt, nimmt sie Energie auf.<br><b><u>Aber:</u></b> Im Unterschied zum Kondensator bleibt die Energie nur solange erhalten, wie der Strom fließt, weil das Magnetfeld bei fehlendem Stromfluss wieder zusammenbricht! |
|---|---|



|  |   |
|--|---|
| <b>Eigenschaften der Spule</b>         | <p>Die Spule ist also ein Speicher für magnetische Energie (genau genommen ein Speicher für den magnetischen Fluss).</p> <p>Der <b>Strom</b> in der Spule <b>kann nicht sprunghaft ändern</b> (z.B. nicht sofort von 0 auf 2 Ampère) , da der Aufbau des Magnetfeldes eine gewisse Zeit erfordert.<br/>Wenn man also eine Spule an eine Spannungsquelle anschliesst, so steigt der Strom relativ langsam von 0 Ampère weg an bis auf einen bestimmten Endwert.</p>  |
| <b>Einschalten einer Spule</b>         | <p>Man kann sich vorstellen, dass im ersten Moment die Spule wie eine parallelgeschaltete Stromquelle wirkt, die dem <b>Aufbau des Magnetfeldes und damit dem Stromfluss entgegenwirkt.</b></p>   |
| <b>Selbstinduktion</b>                 | <p>Diese Erscheinung heisst <b>Selbstinduktion</b>.<br/>Durch die <b>Stromänderung</b> wird eine <b>Spannung induziert</b> (= hervorgerufen),<br/>Ursache = <b>Stromänderung</b>,<br/>Folge = induzierte Spannung</p> <p><u>Die Selbstinduktionsspannung...</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ...<b>wirkt</b> immer ihrer <b>Ursache entgegen!</b></li> <li><input type="checkbox"/> ...ist <b>proportional</b> zur <b>Geschwindigkeit</b> der Stromänderung.</li> <li><input type="checkbox"/> ...ist <b>proportional</b> zur sogenannten <b>Induktivität</b> der Spule</li> </ul>   |
| <b>Induktivität L</b>                  | <p>Die Induktivität ist die wichtigste Kenngrösse einer Spule (analog der Kapazität beim Kondensator). Die Induktivität ist quasi das magnetische Speichervermögen.</p>   |
| <b>Zeichen L<br/>Einheit H (Henry)</b> | <p>Die Induktivität hat das <b>Zeichen L</b> und die <b>Einheit H</b> (Henry)</p> <p>Symbol nach IEC: <span style="float: right;">früher auch:</span></p> <p style="text-align: center;"><math>L_2 = 15 \text{ mH (milliHenry)}</math></p>  |
| <b>Ausschalten einer Spule</b>         | <p>Umgekehrt will die Spule die <b>Quelle und damit den Stromfluss unterstützen</b>, wenn man die Spannung wieder auf 0 schalten will.</p> <p>Da der Strom nicht sprunghaft ändern kann, kann er auch <b>nicht sofort auf Null sinken</b>, wenn man die Stromzufuhr unterbricht! Er möchte weiterfliessen.<br/>Was passiert nun aber, wenn ein Schalter geöffnet wird, und der Strom weiterfliessen will? Da hier die <b>Stromänderung extrem schnell</b> erfolgt, ist auch die <b>induzierte Spannung sehr hoch!</b></p> <p><u>Anwendung:</u> Starter für FL-Röhren<br/><u>Negative Wirkungen:</u> Es gibt einen Funkenschlag über den geöffneten Schalterkontakten!<br/><u>Folgen dieser Spannungsspitzen:</u> Kontaktabnutzung, Elektromagnetische Störungen, Gefahr für Elektronische Bauteile!</p> |

| <b><i>noch nicht abgegeben bis 20.3.2000</i></b> |   |
|--|---|
| <b>Abhängigkeit der Induktivität</b>             | Die Induktivität L hängt nur von der <b>Bauart</b> der Spule ab. Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> <li>- von der Windungszahl der Spule</li> <li>- vom Drahtdicke, vom Spulendurchmesser, von der Länge der Spule</li> <li>- vom Material in der Spule (bei Vakuum oder Luft ist L am kleinsten, steigt bei magnetisch leitenden Stoffen)</li> </ul> |
| <b>Werte für L</b>                               | Technisch verwendete Spulen haben KLEINE Induktivitäten. Die Werte liegen zwischen 1pH und 10 H (pH = PicoHenry = $10^{-12}$ H)   |
| <b>Drahtwiderstände</b>                          | Bifilare Wicklungen werden gemacht, um die Induktivität zu reduzieren.  |

## 8.5. Elektro-Motoren

Am Beispiel des Elektromagneten haben wir gesehen:

Jeder **stromdurchflossene Leiter**, jedes Kabel, jede Spule erzeugt ein Magnetfeld. Und dieses Magnetfeld kann Kraftwirkungen ausüben.

Durch geeignetes Ein- und Ausschalten von **Elektromagneten** gegenüber einem anderen Magnetfeld kann man **Elektromotoren** herstellen.

Ein Motor hat einen **stillstehenden Teil**, den **Stator**, und einen **rotierenden Teil**, den **Rotor**.

Ein Motor ist ein Energiewandler. Es gibt sehr viele verschiedene Motortypen! Hier nur einige kurze Beschreibungen:

Der verbreitetste, weil einfachste Typ ist der Bürstenmotor:

### DC-Bürsten-Motor

Meist dreht sich hier ein Elektromagnet in Magnetfeld eines Dauermagneten.

Der drehende Elektromagnet wird über Schleifkontakte, die Bürsten (auch Kollektor oder Stromwender genannt), mit Strom versorgt. Das Drehen der Kontakte sorgt dafür, dass der Elektromagnet immer im entscheidenden Moment ein- oder ausgeschaltet wird, so dass sich die Drehung überhaupt aufbauen und erhalten kann.

Anwendung: Spezielle Maschinen. Tapedeckmotoren, viele batteriebetriebene Geräte, Spielzeuge usw.

Durch einfaches **Umpolen** der Anschlüsse kann die Drehrichtung des Motors geändert werden.

### AC-Bürsten-Motor

Hier muss auch der "Dauer"magnet durch einen Elektromagneten ersetzt werden.

AC-Motoren laufen allerdings auch mit Gleichstrom. Aber man kann seine Drehrichtung nur ändern, indem man nur **eine** der Magnetwicklungen umpolt und nicht den ganzen Motor.

Anwendung: Klein-Maschinen mit Netzbetrieb: Bohrmaschinen, Staubsauger, Mixer usw.

### Bürstenlose AC-Motoren

Hier gibt es eine grosse Vielfalt, diese Motoren sind vor allem in Industrie und Verkehr verbreitet (Bahnmotoren, Synchronmotoren, Asynchronmotoren, Drehstrommotoren usw.)

### Bürstenlose DC-Motoren

Bürstenlose, also kontaktlose Motoren haben als Rotor ein System von Dauermagneten, als Stator verschiedene Elektromagnete, welche über eine elektronische Steuerung angesteuert werden.

Einsatz: Floppy- und Harddiskmotoren, PC-Ventilatoren, Videokopfantriebe und weitere Direktantriebe.

Ein spezieller bürstenloser Motor ist der Schrittmotor, er hat einen Dauermagnetrotor. Er wurde oder wird in der Informatik behandelt.

## Betrieb von Elektromotoren

Je mehr der Motor mechanisch leisten muss, desto grösser wird der Strom, den er konsumiert und desto geringer wird die Drehzahl.

Anders als Verbrennungsmotoren hat ein Elektromotor sein **maximales Drehmoment** (also die grösste "Kraft") **bei Stillstand** (Drehzahl null)! Dies erklärt zum Beispiel die starke Beschleunigung von Trolleybussen gegenüber den gleichen Fahrzeugen mit Dieselmotor.

## Spezielle Motoren

Der **Linearmotor** ist ein Motor, der nicht rotiert, sondern lediglich lineare Hin- und Herbewegungen mit einem Anfangs- und Endpunkt erzeugt.

Anwendung: Harddiskkopfantrieb, zukünftige Antriebe für Magnetschwebbahnen.

Auch jeder **Lautsprecher** ist im Prinzip ein Linearmotor.

Aufbau:

Eine Magnetspule ist auf ein Papierrohr gewickelt, welches mit der Papiermembran des Lautsprechers verbunden ist. Membran und Spule sind so an einer Aufhängung (Lautsprecherrand) befestigt, dass sie linear frei schwingen können. Die Spule befindet sich in einem Magnetfeld

Je nach Polarität des Stroms wird die Spule mit der Membran in den Magneten hineingezogen oder nach oben gedrückt. Die Aufhängung wirkt wie eine Feder und sorgt dafür, dass die Auslenkung der Membran möglichst proportional zur Stromstärke erfolgt.

So wandelt der Lautsprecher elektrische Schwingungen in Luftschwingungen (Schall) um.

## 8.6. Generatoren

Ein Generator ist ebenfalls ein Energiewandler, aber er ist die physikalische **Umkehrung** des Elektromotors. Er ist prinzipiell gleich aufgebaut, mit Stator und Rotor. Aber im Gegensatz zum Motor führt man dem Generator mechanische Energie zu, und er gibt elektrische Energie ab. Für das Veranschaulichen kann man praktisch die gleichen Modellbilder wie beim Elektromotor heranziehen.

Generatoren beruhen auf dem Prinzip der **Induktion**:

In einem elektrischen Leiter wird immer dann eine Spannung **induziert** (=hervorgerufen) wenn

- a) sich der Leiter durch ein Magnetfeld bewegt. Oder umgekehrt:
- b) ein Magnetfeld sich gegenüber einem Leiter bewegt; oder
- c) wenn ein Magnetfeld seine Stärke ändert (siehe nächstes Kapitel: Transformatoren)

Im nebenstehenden Bild ist schematisch ein Generator dargestellt, der nach dem Prinzip **a)** arbeitet. Die mechanische Leistung wird der Welle mit der Leiterschleife als Drehbewegung zugeführt. Die Schleife dreht sich in einem feststehenden Magnetfeld. Die Enden der Leiterschleife gehen auf Schleifkontakte. An diesen kann eine sinusförmige Wechselspannung abgenommen werden. In Wirklichkeit ist die Leiterschleife natürlich eine

Spule aus vielen Wicklungen. Durch Umbau der Schleifkontakte (2 isolierte Halbringe analog zu den Motoren) kann so auch Gleichstrom erzeugt werden.

Zum Beispiel **jeder DC-Bürstenmotor mit Dauermagnet** funktioniert auch als **Generator!**

Umgekehrt kann nach dem Prinzip **b)** auch ein Elektro- oder Dauer-Magnet rotieren, und die Spannung wird in feststehenden Spulen aussenherum induziert. Nach diesem Prinzip mit einem Dauermagneten funktionieren zum Beispiel **Fahrraddynamos**.

**Kraftwerksgeneratoren** haben einen rotierenden Elektromagneten, aussen sind drei Spulensysteme. Dadurch entsteht unser dreiphasiger Netzstrom, **Drehstrom** genannt. Er hat

- drei zeitlich verschobene Phasen, die je 120 Grad phasenverschoben sind (siehe vergangenes Kapitel über Wechselstrom und Zeigerdiagramme)
- zwei Spannungen (230V und 400V).

### Motoren als Generatoren

Die Wandelbarkeit eines Motors zu einem Generator wird oft bewusst ausgenutzt.

Fahrzeuge mit Elektromotor können diesen **zum Bremsen** als Generator schalten.

Die Bewegungsenergie wird beim Bremsen dem Generator zugeführt. Diese dabei entstehende elektrische Energie kann

- in Widerstände geleitet und dort in Wärme umgewandelt werden.  
Vor allem Trams und Bahnen können elektrisch bremsen. Auf dem Dach von Trams oder Vorortsbahnen sowie auf älteren Lokomotiven sieht man Aufbauten, die wie Kühlgitter aussehen. Das sind die Kühlkörper der Widerstände. Die Bremsenergie wird damit zwar sinnlos verheizt, dies ist aber bei jeder mechanischen Bremse so, und zudem werden die mechanischen Bremsen so geschont.  
Auf dieselbe Weise kann ein Elektromotor durch Kurzschliessen seiner Anschlüsse zum sofortigen Stillstand gebracht werden (der Widerstand ist dabei null Ohm).
- ins Netz zurückgespielen werden (Rekuperation genannt).  
Dies ist vor allem bei moderneren Grosslokomotiven der Fall. Auf diese Weise werden nicht nur die Bremsen geschont, es lässt sich auch ein Teil der aufgewendeten Energie zurückgewinnen. So können zum Beispiel zwei Züge, die den Gotthard hinunterfahren, die Energie liefern für einen Zug, der gerade hinauffährt.
- zum Wiederaufladen der Batterien verwendet werden.  
Z.B. bei Elektroautos.

Einen speziellen Generator stellt die Umkehrung des Lautsprechers dar: Das **Mikrofon**.

So wie der Generator die Umkehrung des Motors ist, bildet das Mikrofon die Umkehrung des Lautsprechers. Auch hier gilt: Gleicher Aufbau, umgekehrte Funktion.

Der Aufbau von elektrodynamischen Mikrofonen ist genau gleich wie jener eines Lautsprechers (siehe Bild im vorigen Kapitel). Beim Mikrofon versetzt die Luftschwingung die Membran und damit die Spule in Schwingung. Da sich die Spule in einem Magnetfeld bewegt, wird in der Spule eine Spannung induziert, die proportional zum Schall ist.

Mikrofone sind meist speziell gebaut, prinzipiell ist jedoch jeder Lautsprecher als Mikrofon einsetzbar. Dies wird genutzt in einfachen Gegensprechanlagen (bei denen nicht beide gleichzeitig sprechen können).

## 8.7. Transformatoren

### Aufgaben und Anwendungen von Transformatoren

- Verlustarme Energieübertragung (früher im Rahmen von Unfallverhütung und Energieversorgung behandelt)
- Wandlung von Spannungen (z.B. für Netzgeräte)
- Galvanische Trennung von zwei Spannungssystemen
- Widerstandsanpassungen oder besser Impedanzanpassungen (Audiotechnik, Hochfrequenztechnik, Antennenbau)

Transformator heisst Umformer. Ein Transformator (kurz Trafo genannt) wandelt eine **Wechselspannung** in eine andere Wechselspannung mit **gleicher Frequenz** um.

Der Effekt beruht ebenfalls auf Induktion, aber hier bewegt sich mechanisch nichts. Es geht um die "Induktion der Ruhe", es kommt Punkt **c**) gemäss 8.6. zum Tragen:  
Ein **veränderliches** Magnetfeld induziert in einer Spule eine Spannung.

### Aufbau

N= Windungszahl

Der obige eckige Ringkern ist nur eine von vielen möglichen Bauformen von Trafos. Prinzipiell stellt **jedes System aus mindestens zwei benachbarten Spulen** einen Transformator dar.

Für den **Kern** sind noch weitere Bauformen denkbar:

- Mantelkern (Bild), häufigste Bauform, hoher Wirkungsgrad
- runder Ringkern, sehr streufeldarmer, brummarmes Trafo
- Bandkern
- Stabkern, selten, nur für Hochfrequenzanwendungen
- Trafo ohne Kern = zwei ineinandergewickelte Spulen:  
für geringe Leistungen im Hochfrequenzbereich (Funktechnik)

Das Kerneisen ist zur Verringerung der sogenannten Wirbelstromverluste nicht aus einem massiven Stück, sondern aus elektrisch voneinander isolierten **Blechen** aufgebaut.

In Schaltnetzteilen wird nicht mit 50Hz Netzfrequenz gearbeitet, sondern es wird Hochfrequenz transformiert (mehrere 10'000 Hz). Die Baugrösse für eine bestimmte Leistung kann massiv verringert werden. Für Hochfrequenztransformatoren werden gesinterte Ferrite verwendet (verpresstes Eisenpulver). Die Eisenteilchen sind in einer isolierenden Masse verpresst, welche die Eisenteile untereinander isoliert.

Die **Wicklungen** können nebeneinander oder übereinander gewickelt sein. Wicklungen können auch Zwischen-Anzapfungen haben. So können wie bei einem Spannungsteiler verschiedene Ausgangsspannungen abgezapft werden oder die gleiche Wicklung kann für verschiedene Eingangsspannungen verwendet werden (z.B. 230 V und

110V).

Auch ein Trafo ist ein Energiewandler. Beim idealen (verlustfreien) Trafo sind

- die **Spannungen proportional** zu den Windungszahlen,  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$
- die **Ströme umgekehrt** proportional zu den Windungszahlen.  $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$

Beispiel: Die **Sekundärwicklung (N2) habe doppelt** so viele Windungen wie die Primärwicklung (N1). Da die übertragene Leistung nahezu konstant ist, muss sich bei **Verdoppelung der Spannung** der nutzbare **Strom halbieren**.

**Trafos können nur Wechselspannungen transformieren, da Gleichspannung kein veränderliches Magnetfeld erzeugen!**

Wenn man Gleichspannung an einen Transformator anschliesst, kommt auf der andern Seite nichts mehr heraus.

### Spezialtransformatoren:

#### Spartransformator

Ein Spartrafo hat nur **eine** Wicklung mit mindestens einer Zwischenanzapfung. Mit dem Spartransformator spart man Wicklungskupfer und Kerneisen und damit Gewicht. Primär- und Sekundärseite sind **nicht voneinander getrennt!** Solche Transformatoren dürfen niemals für Netzgeräte oder Kleinspannungen verwendet werden, da sie immer noch die **Phase des Netzes** am Ausgang führen!

#### Regeltransformator

Wenn die Lage der Anzapfung verschiebbar ist, handelt es sich um einen Regeltransformator. Wurde früher als Lichtregler oder Drehzahlregler verwendet.

#### Trenntransformator

Die meisten Trafos sind Trenntrafos, Primär- und Sekundärwicklung sind streng getrennt. Dies ist für Kleingeräte und Kleinspannungen zwingend vorgeschrieben. Ein Trenntrafo trennt aber auch einen 230V-Verbraucher elektrisch vollständig vom Netz. Damit kann man zwecks Verhütung von Berührungsspannungen gegen Erde erdfreie (floating, potentialfreie) Versorgungen machen. (Stichwort Schutztrennung zur Unfallverhütung)

#### Messwandler

Messwandler sind Trafos für Messzwecke. Zum Beispiel um gefährliche Ströme und Spannungen von Messgeräten fernzuhalten.

Wie im Kapitel Messtechnik beschrieben, misst man Ströme meist, indem man den Stromkreis öffnet und den Spannungsabfall über einem eingeschalteten Widerstand (Shunt) misst. Bei Wechselströmen gibt es nun die Möglichkeit der berührungslosen Messung: Der Leiter wird zur Primärwicklung eines Eisenkerns gemacht, an der Sekundärwicklung kann dann ein dem zu messenden Strom proportionaler Strom entnommen werden.

Wegen des Trafoprinzips kann man selbstverständlich nur Wechselströme auf diese Art messen.