

# 1 Instandsetzung elektrischer Betriebsmittel

## 1.1 Sicherheitswerkzeuge

Wer Geräte repariert, die mit Netzspannung (230 VAC) betrieben werden, muss besondere Vorsicht walten lassen. Oft nämlich kann ein Fehler nur gefunden werden, wenn das Gerät aktiv ans Netz angeschlossen ist und die einzelnen Komponenten unter Spannung stehen. Aus diesem Grund eignen sich nur Werkzeuge mit ausreichender Isolierung. Was für den Mechaniker genügend ist, genügt für den Elektroreparatur nicht!

Schraubenzieher für Arbeiten an unter Niederspannung (> 50 VAC) stehenden Bauteilen müssen auch am Schaft eine Isolierung besitzen.



Abb. 1: Schraubenzieher

Bei Kombizangen für den Elektrohandwerker gibt es drei Varianten:



Abb. 2: VDE Kombizangen

Werkzeuge mit einem Doppeldreieck als Kennzeichen werden mit einer Prüfspannung von 10'000 V beaufschlagt und eignen sich zum Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen bis 1'000 V.

Als Heimwerker sind wir mit einer Standardkombizange ausreichend geschützt. Der Vorteil einer tauchisolierten Kombizange besteht aus der Sicherheitsperspektive darin, dass sie keine abziehbaren oder verlierbaren Griffschalen besitzt. Für Arbeiten in Schaltanlagen empfiehlt sich u.Ü. eine vollisolierte Kombizange, welche gänzlich ohne metallische Teile auskommt.

Ggf. müssen wir unseren Standort isolieren. Eine geprüfte Gummimatte oder eine Tafel aus Resocell (HP2061) bietet ausreichenden Schutz in solchen Fällen.

## 1.2 Messgeräte Equipment

Ausser einem Gerätetester benötigen wir bei Elektroreparaturen ein Multimeter (digital oder analog) und eventuell ein Clammeter, um die Stromaufnahme von Elektromotoren zu messen. Es gibt auch Hybrid-Multimeter mit einem Drehspulmesswerk und einer digitalen Anzeige (Bargraph oder 7-Segment-Anzeige).



a) Analogmultimeter



b) Hybridmultimeter



c) TRMS-Digitalmultimeter

Abb. 3: Hand-Multimeter

Um Elektromotoren auszumessen, benötigen wir ein Clammeter (Stromaufnahme) und ein Isolationsprüfgerät (Isolationswiderstand der Wicklung).



a) oben: für kleine Ströme bis 80 A  
b) unten: für grössere Ströme bis 600 A



Abb. 4: Clammeter



Abb. 5: Isolationstester

Ein ordentliches Equipment hat seinen Preis. Es muss jedoch nicht alles am selben Tag beschafft werden. Das wichtigste Messgerät für den Elektroreparateur ist und bleibt das Multimeter. Vorteilhaft wäre ein Tischmultimeter und ein Handmultimeter.

Die Norm EN 61010-1 unterscheidet vier *Messkategorien*. Ein im Rahmen der Reparaturpraxis taugliches Gerät sollte die Messkategorie III besitzen. Die Messkategorie muss auf dem Gerät erkennbar sein.

<b>CAT I</b>	Messungen an Stromkreisen, die nicht unmittelbar mit dem Niederspannungsnetz verbunden sind	an Netzgeräte oder Batterien angeschlossene Verbraucher, Geräte mit Schutzkleinspannung
<b>CAT II</b>	Messungen an Stromkreisen, die elektrisch mit dem Niederspannungsnetz verbunden sind	steckbare Betriebsmittel im Haushalt und im Büro
<b>CAT III</b>	Messungen innerhalb der Gebäudeinstallation	fest mit einem Verteiler verbundene Anlagen und Maschinen, Schaltgerätekombinationen
<b>CAT IV</b>	Messungen an der Quelle der Niederspannungsinstallation	Niederspannungsverteilanlagen, Zähler, Hausanschlusskasten

### 1.3 Geräteprüfung

Gemäss Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und Unfallverhütungsvorschrift (DGUV V3) sind ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel mit Netzanschluss periodisch zu prüfen. Ausgenommen von dieser als *Wiederholungsprüfung* bezeichneten Prozedur sind akkubetriebene Geräte. Das Gesagte gilt grundsätzlich auch im privaten Bereich. Als Heimwerker sollten wir deshalb in regelmässigen Abständen (z.B. jährlich) die von uns eingesetzten Elektrogeräte (Handbohrmaschinen, Stichsäge, Kabelrollen usw.) prüfen lassen.

Eine Geräteprüfung besteht aus Besichtigen, Messen und Erproben und muss mit einem Prüfprotokoll dokumentiert werden. Für einfachste Betriebsmittel wie bspw. Verlängerungskabel oder Kabelrollen ist der Nachweis mittels einer Prüfplakette in der Regel ausreichend.

Ein Prüfungsvorgang umfasst mehrere Schritte:

- Sichtprüfung
- Funktionsprüfung
- Schutzleiterprüfung
- Schutzleiterstrommessung mit 200 mA
- Isolationswiderstandsmessung mit 500 VDC
- Ableitstrommessung

Wer diese Prüfung selbst durchführt, muss sich über die erforderlichen Qualifikationen als *Elektrofachkraft* ausweisen und im Besitze eines geeigneten Prüfgerätes sein.



Abb. 6: Gerätetester

### 1.4 Kabel und Steckvorrichtungen

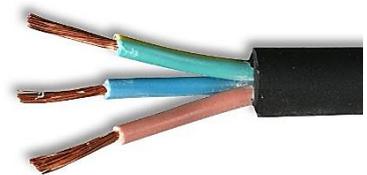
1) Nach DIN VDE 0701-0702 resp. SN 462638 ist nach Instandsetzungen und Änderungen eines elektrischen Betriebsmittels eine Prüfung erforderlich. Oft geht es nur um "lapidare Dinge" wie ausgerissene Stecker oder beschädigte Schlauchleitungen. Aber selbst hier ist ein minimales Gundwissen aus Sicherheitsgründen erforderlich.

Grundsätzlich stehen unterschiedliche Isolationswerkstoffe für die Aderlitzen und den Aussenmantel zur Verfügung wie z.B.:

- Thermoplast (PVC)
- Gummi (EPR, Neopren)
- Polyurethan (PUR)



PVC-Kabel Td [H05VV-F] zum Anschluss von Elektrogeräten bei leichten bis mittleren mechanischen Beanspruchungen in Haushalten, Küchen und Büroräumen.



Gummikabel Gdv [H07RN-F] zum Anschluß von elektrischen Betriebsmitteln in gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben bei mittleren mechanischen Beanspruchungen.



Schlauchleitung mit Polyurethanmantel [H07BQ-F] zum Anschluss von Baumaschinen, Werkzeugmaschinen und landwirtschaftlichen Maschinen bei mittleren bis hohen mechanischen Beanspruchungen mit guter Chemikalienbeständigkeit und Ölresistenz.

Abb. 7: Beispiele von Schlauchleitungen resp. Apparatkabeln

Anm.: Das Elektrohandwerk in Deutschland unterscheidet Leitungen von Kabeln gemäss DIN VDE 0100-200. Letztere sind für die Verlegung im Erdreich zugelassen und dienen dem Energietransport und der Energieverteilung. Als "Schlauchleitung" werden flexible Leitungen bezeichnet, die für Verlängerungskabel, Kabelrollen und Anschlussleitungen transportabler Objekte Verwendung finden. Verbreitet bei elektrischen Kleingeräten wie bspw. Bügeleisen ist die flexible Leitung H03RT-H mit EPR-Aderisolation und umschliessendem Textilgeflecht. Für Anschlussleitungen von Haus- und Küchengeräten wird oft die flexible Leitung H05VV-F mit PVC-Isolation verwendet (auch als Td-Kabel bekannt). Bei Elektrowerkzeugen erblickt man oft die für mittlere Beanspruchung geeignete Gummischlauchleitung H05RN-F oder H05RR-F (auch als Gd-Kabel bekannt). Für schwere Maschinen und Apparate bei hoher Beanspruchung in Innenräumen als auch im Freien verwendet man oft die flexible Leitung H07RN-F. Bei diesem Typ handelt es sich um ein schweres Gummischlauchkabel mit verstärktem Schutzmantel (auch als Gdv bekannt).<sup>1</sup>

Muss eine neue Kabelrolle beschafft werden, so sollte diese mit einem thermischen Überlastschutz ausgerüstet sein. Bei Verwendung im Freien ist darauf zu achten, dass die Kabelrolle hinter einem Fehlerstromschutzschalter abgenommen wird.

Beim Ersatz einer defekten Schlauchleitung ist darauf zu achten, dass eine Leitung mit gleich grossem Querschnitt und mit adäquaten Eigenschaften verwendet wird. Besitzt die Leitung einen verstärkten Aussenmantel, so muss auch die Ersatzleitung erhöhten mechanischen Beanspruchungen genügen. Dasselbe gilt für Leitungen und Kabel, die in einem chemisch aggress-

<sup>1</sup> Werkstoffbezeichnung: V = PVC, R = EPR-Gummi, N = Chloropren-Kautschuk; bei einer Gummischlauchleitung H07RN-F besteht die Aderisolation aus Gummi (EPR) und die Mantelisolierung aus synthetischem Kautschuk.

siven Umfeld oder bei bei erhöhten Umgebungstemperaturen verwendet werden.

2) Netzstecker können bei sachgerechtem Umgang auch von einem Laien angeschlossen werden. Es ist darauf zu achten, dass eine Zugentlastung für die Schlauchleitung vorhanden ist.



a) Stecker Typ 12 (Schweiz)

b) CEE-Kupplung 16 A (EU und Schweiz)

Der Schutzleiter (grün-gelb) ist zu einer kleinen Schlaufe gebogen, damit die Schutzfunktion bei einem Kabelausriss möglichst lange erhalten bleibt.

Abb. 8: Steckvorrichtungen für 230 VAC

Nach erfolgter Instandsetzung einer Schlauchleitung mit Steckverbindern oder einer Kabelrolle ist der Schutzleiter auf durchgehende Verbindung zu prüfen. Bei einer Prüfspannung von 4 bis 24 V muss ein Meßstrom von  $\geq 200$  mA fließen. Der Schutzleiterwiderstand muss kleiner als  $1 \Omega$  sein. Im einfachsten Fall genügt als Prüfmittel eine modifizierte Taschenlampe (UNITEST). Bei einer Fehlerspannung  $> 10$  V wird das Glühlämpchen zerstört.



Abb. 9: Testfix

Anm.: Nach VDE 0701-0702 darf der Leitungswiderstand von ortsveränderlichen Leitungen bis 5 m Länge  $0,3 \Omega$  nicht übersteigen. Bei längeren Leitungen sind zusätzlich  $0,1 \Omega$  je 7,5 m bis maximal  $1 \Omega$  vorgegeben. Kann der jeweilige Grenzwert nicht eingehalten werden, muss eine Leitung mit grösserem Querschnitt verwendet werden.

## 2 Instandsetzung elektrischer Haushaltsgeräte

Eine detaillierte Funktionsweise einzelner Geräte soll hier nicht aufs Neue beschrieben werden. Wer sich dafür interessiert, kann sich z.B. bei Ries (Elektrische Installationen und Apparate) oder Folkerts (Hausgeräte, Beleuchtungs- und Klimatechnik) eingehend informieren. Nachfolgend wird lediglich auf Besonderheiten und gemeinsame Aspekte hingewiesen, insofern dies im Rahmen der Reparaturpraxis erforderlich ist.

Die Erfahrung zeigt, dass bereits beim fachgerechten Besichtigen über 80 % der vorhandenen Mängel erkannt werden, darunter:

- Beschädigte oder ungeeignete Leitungen
- fehlender Knickschutz
- defekte Steckvorrichtungen
- beschädigte Gehäuse
- fehlende oder beschädigte mechanische Schutzvorrichtungen

Generelle Vorgehensweise bei Reparaturen:

1) Bevor es zur Reparatur selbst geht, sollten zuerst die im Wohnungs- oder Etagenverteiler befindlichen Schutzorgane (Schmelzsicherungen, Leitungsschutzschalter<sup>2</sup>, Fehlerstromschutzschalter) kontrolliert werden. Es ist äusserst ärgerlich, nach mehreren Stunden der Fehlersuche feststellen zu müssen, dass eine defekte Sicherung die Ausfallursache war. In dieselbe Kategorie gehört die Überprüfung des Wasseranschlusses bei einer Waschmaschine. Mit einem geschlossenen Wasserhahn läuft die Maschine nicht.

2) Zunächst wird ein defektes Gerät vom Netz getrennt. Ist ein separater Anlagenschalter (auch als Revisionsschalter bezeichnet) vorhanden, so muss sich dieser in der Ausstellung befinden. Ansonsten entfernt man das vorgeschaltete Überstromschutzorgan (Schmelzsicherung, Leitungsschutzschalter).

3) Ist ein Gerät mit einer Schlauchleitung an eine Steckvorrichtung angeschlossen, sollte diese zuerst überprüft werden. Eine ausgerissene Aderlitze bei unsachgemässer Zugentlastung führt unweigerlich zu einem Unterbruch der Versorgungsspannung.

a) Schlauchleitungen von transportablen Elektrogeräten und von Elektrowerkzeugen weisen oft in Steckernähe eine spürbare Knickstelle auf, die mit der Zeit zu einem Bruch von einer oder mehreren Adern führt. In diesem Fall schneidet der versierte Heimwerker ca. 10 cm vom Ende ab und schliesst die Leitung wieder an die Steckvorrichtung an.

b) Litzen werden mit schützenden Aderendhülsen versehen, welche für die jeweiligen Querschnitte farblich gekennzeichnet sind. Geradezu lebenswichtig für den Gerätebenutzer ist, dass der gelb-grün markierte Schutzleiter mit dem Schutzkontakt verbunden wird. Es gibt auch Geräte mit Schutzisolierung (mit einem doppelten Quadrat  gekennzeichnet), die keinen Schutzleiter benötigen.

4) Sicherheitshalber prüft man das Gerät zu Beginn der Fehlersuche auf Spannungsfreiheit.

a) Wird für die Prüfung ein einfacher Spannungsprüfer (Abb. 9) verwendet, sollte dieser zuerst an einer intakten Steckdose auf Funktionsfähigkeit überprüft werden. Solche Handlungen sollte man sich zur eigenen Sicherheit angewöhnen.

b) Empfehlenswert ist die Verwendung eines zweipoligen Spannungsprüfers (Duspol oder ähnlich), welcher den Stromkreis durch ein Tauchspulmesswerk oder einen zuschaltbaren

---

<sup>2</sup> Leitungsschutzschalter (LS), im Volksmund auch "Sicherungsautomat" genannt. Für Licht- und Steckdosenkreise sind LS mit Auslösecharakteristik B und für motorische Verbraucher mit Auslösecharakteristik C üblich. Defekte LS müssen durch solche mit derselben Nennstromstärke (10 A, 13 A, 16 A usw.) ersetzt werden, damit der Leitungsschutz gewährleistet bleibt. Um in einem Privathaushalt einen LS gefahrlos ersetzen zu können, muss zuvor die Zählervorsicherung im Hauptverteiler entfernt werden. Im Grunde ist nur eine Elektrofachkraft (Elektromonteur, Elektromeister) dazu berechtigt.

Widerstand belastet. Irritierende Phantomspannungen durch induktive Einstreuungen benachbarter Leitungen werden dadurch unwirksam gemacht.



a) Low-Cost-Version



b) Profi-Version mit gehärteter Klingenspitze

Abb. 10: Einpoliger Spannungsprüfer mit integrierter Glühlampe



Abb. 11: Duspol-Spannungsprüfer mit Tauchspulmesswerk und Drehfeldrichtungsanzeige

### 3 Elektrische Grossgeräte

Zu den Elektrogrossgeräten im privaten Haushalt gehören z.B.:

- Waschmaschinen
- Wäschetrockner
- Elektroherde
- Geschirrspüler
- Backöfen
- Kühlschränke
- Boiler

Zu den elektrischen Betriebsmitteln, die bei Grossgeräten ausfallen können, gehören bspw.:

- Elektromotoren
- Heizkörper
- Thermoschalter
- Türkontakte
- Druckwächter
- Niveauwächter
- Magnetventile
- Steckverbinder

Wir werden nachfolgend nicht auf alle denkbaren Geräte eingehen, sondern lediglich exemplarisch einige Apparate und deren Schwerpunkte bei der Fehlersuche herauskristallisieren.

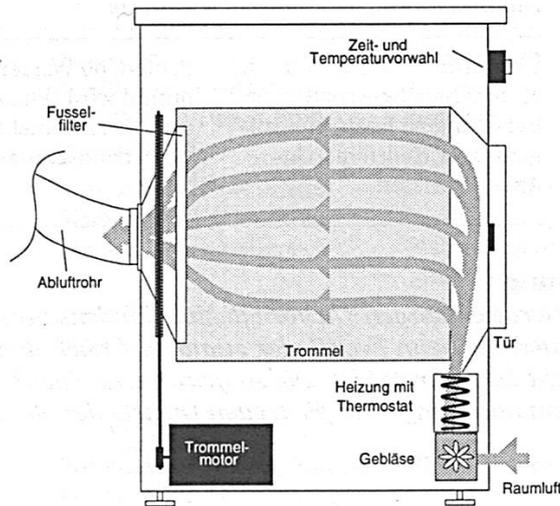
#### 3.1 Wäschetrockner

Bei konventionellen Wäschetrocknern (Tumbler) gibt es unterschiedliche Trocknersysteme, darunter:

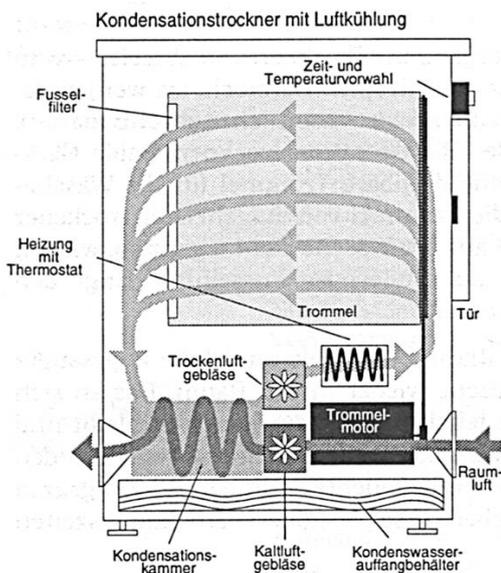
Ablufttrockner, Kondensationstrockner mit Luftkühlung und Kondensationstrockner mit Was-

serkühlung. Am Gebräuchlichsten sind Kondensationstrockner mit Luftkühlung.

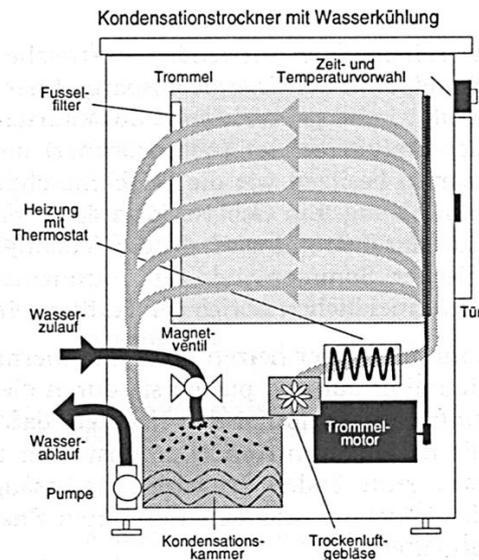
Wäschetrockner sind ökologisch betrachtet eine grosse Herausforderung, weil diese Geräte relativ viel elektrische Energie benötigen. In den letzten Jahren wurden enorme Fortschritte erzielt, um den Energieverbrauch zu senken. Inzwischen sind Wärmepumpentrockner auf dem Markt, die einen grossen Anteil der benötigten Energie der Umgebungsluft entziehen.



a) Ablufttrockner



b) Kondensationstrockner mit Luftkühlung



c) Kondensationstrockner mit Wasserkühlung

Abb. 12: Trocknerarten<sup>3</sup>

Der Programmablauf kann mit mechanischen Schrittschaltwerken oder mit elektronischen Steuerungen realisiert werden.

a) Mechanische Schrittschaltwerke werden meist durch einen Synchronmotor angetrieben, welcher über ein Untersetzungsgetriebe eine oder mehrere Nockenwalzen antreibt. Bei einigen Modellen ist zudem eine Kupplung vorhanden. Die Nockenwalzen sind mit verschiedenen

<sup>3</sup> R. Huttary: Haushaltselektrik und Elektronik (Franzis).

Scheiben bestückt, die dem Programmablauf entsprechend mehrere Schaltkontakte be-tätigen. Damit werden zum richtigen Zeitpunkt Magnetventile, Sensoren (Temperatur, Füllstand) und der Trommelantrieb ein- oder ausgeschaltet. Um bei einer Verstellung der Nockenscheiben den Originalzustand herzustellen, benötigen wir einen Kontaktplan. Ansonsten lassen wir es besser sein.

b) Elektronische Programmablaufsteuerungen leisten dasselbe wie mechanische Schrittschaltwerke, gehören aber einer fortschrittlicheren Technologie an. Anstelle von Mikroschaltern werden Relais oder Halbleiterschalter (Solid-State-Relais) verwendet. Programmeingriffe sind für uns kaum möglich und auch nicht empfehlenswert; denn dazu müssten wir ausser Spezialwissen auch über das erforderliche Programmier-Equipment verfügen.

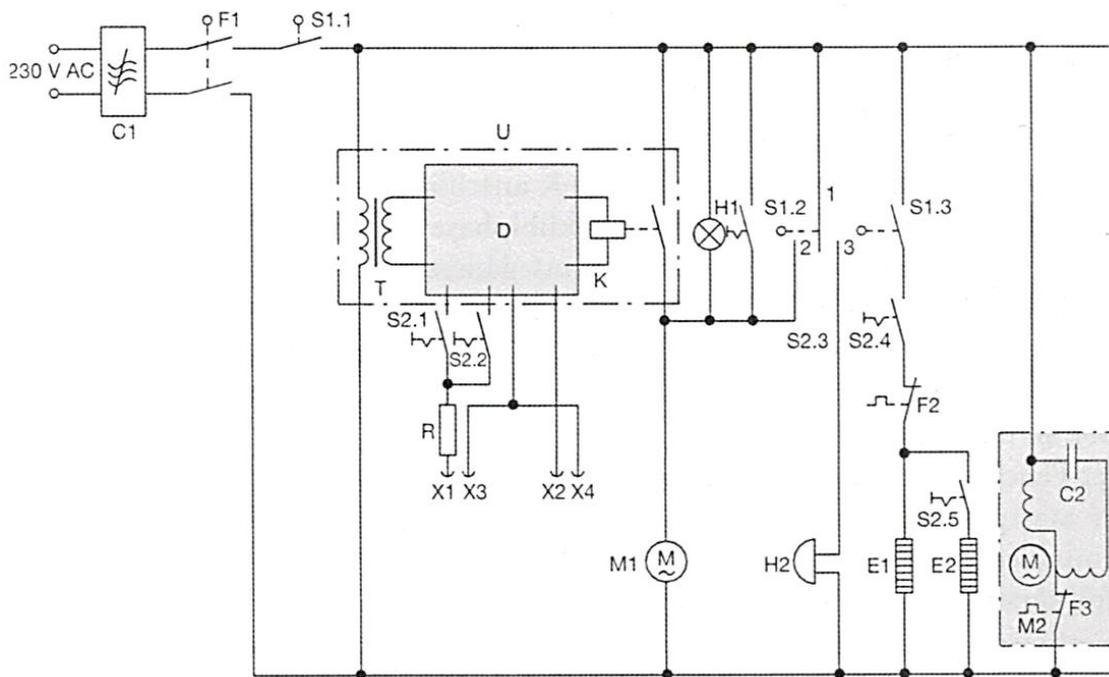


Abb. 13: Elektroschema eines Abluft-Trockners<sup>4</sup>

M1 = Antriebsmotor Programmschaltwerk

M2 = Trommelantrieb

E1, E2 = Heizwiderstände

U = Steuerplatine

X1 ... X4 = Schleifelektroden (Fühler)

S1.1 ... S1.3 = Mikroschalter Programmschaltwerk

Abb. 11 zeigt einen Abluft-Trommel Trockner mit feuchtigkeitsabhängiger Steuerung, die sich auf der Steuerplatine (U) befindet. Das Programmschaltwerk ist nur mit den zugehörigen Kontakten (S1.1, S1.2 und S1.3) angedeutet. Oft befindet sich ein Gebläse auf der Motorachse des Trommelantriebes.

Schadhafte Schläuche, Ventile oder Heizungen gehören zu den häufigsten Ausfallursachen, die vom Heimwerker bearbeitet werden können. Beim Trommelantrieb liegt es oft nur am abgenutzten Keilriemen, den wir von beliebigen Lieferanten beziehen können. Bei Sonderventilen

<sup>4</sup> E. Folkerts, W. Baade: Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik (Vogel).

und Regelplatinen sind wir auf den Goodwill des Herstellers angewiesen, um an die Originalteile zu gelangen.

### 3.2 Waschmaschinen

Vollautomatische Waschmaschinen besitzen einen höheren Komplexitätsgrad als Wäschetrockner (wie auch aus dem Elektroschema ersichtlich ist). Auch hier gilt prinzipiell das bereits Gesagte. Defekte Ventile, Sensoren und Motoren lassen sich meist problemlos ersetzen, wenn die Originalteile zugänglich und beschaffbar sind. Ansonsten wird es schwierig bis aussichtslos.

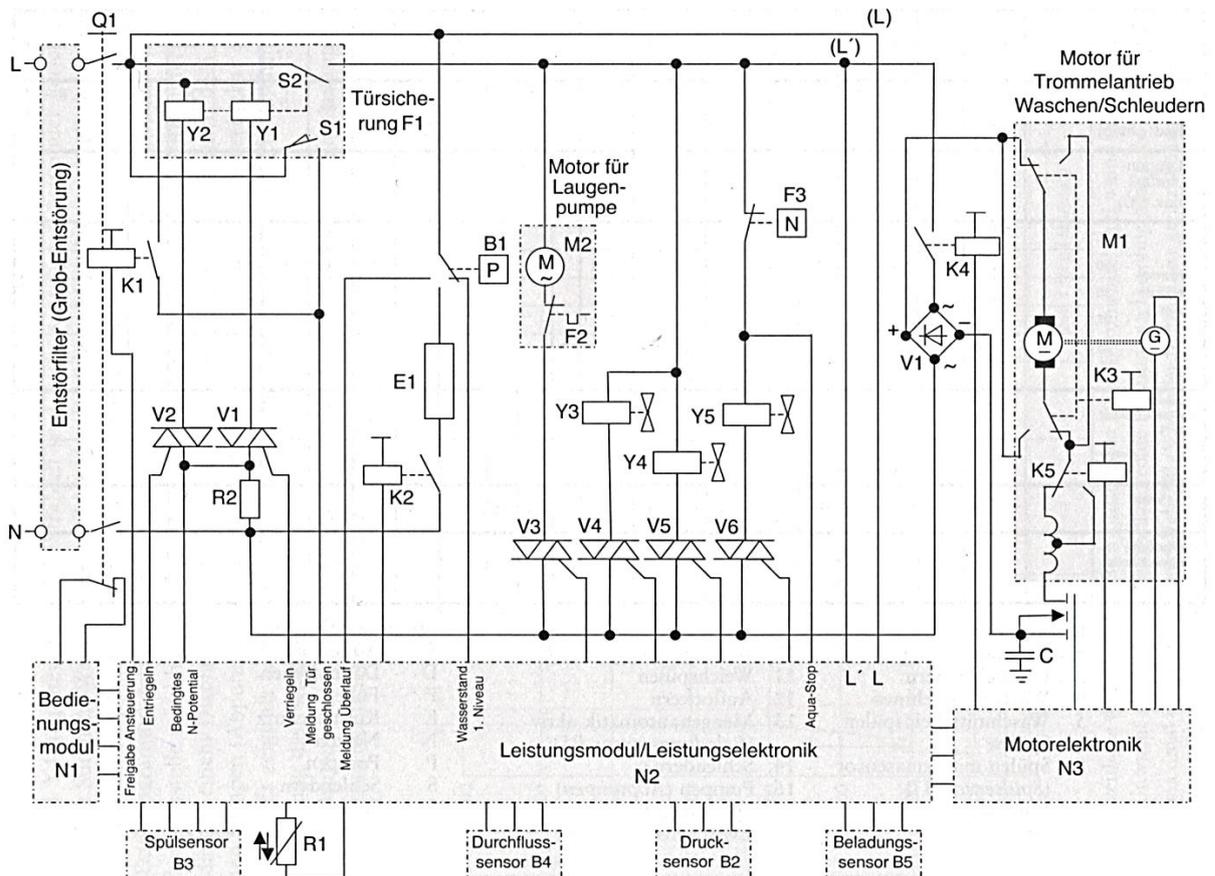


Abb. 14: Elektroschema einer Waschmaschine<sup>5</sup>

- E1 = Laugenheizung
- R1 = NTC-Widerstand (Istwert Laugentemperatur)
- Y3 = Einspülen Frischwasser Hauptwaschkammer (mit Waschmittel)
- Y4 = Einspülen Frischwasser Vorwaschkammer (ohne Waschmittel)
- Y5 = Aqua-Stop (Ventil Wasserzulauf)
- F3 = Aqua-Stop (Sensor Bodenwanne)
- B1 = Niveauregler

Grundsätzlich sollten wir uns vor jeder Reparatur mit der Funktionsweise der Maschine vertraut machen und zunächst das Elektroschema (Stromlaufschema) eingehend studieren. Oft sind es einfache Bauteile wie z.B. lose Schrauben, schadhafte Dichtungen, eingerissene Keil-

<sup>5</sup> E. Folkerts, W. Baade: Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik (Vogel).

oder Flachriemen und gebrochene Federn, die eine Störung verursachen.

### 3.3 Geschirrspüler

Obwohl äusserlich betrachtet eher unscheinbar, erweisen sich Geschirrspüler im Störfall als anspruchsvolle Kandidaten. Alles ist hier kompakt und auf engstem Raum untergebracht. Als schwierig gestaltet sich die Zugänglichkeit der Bauteile.

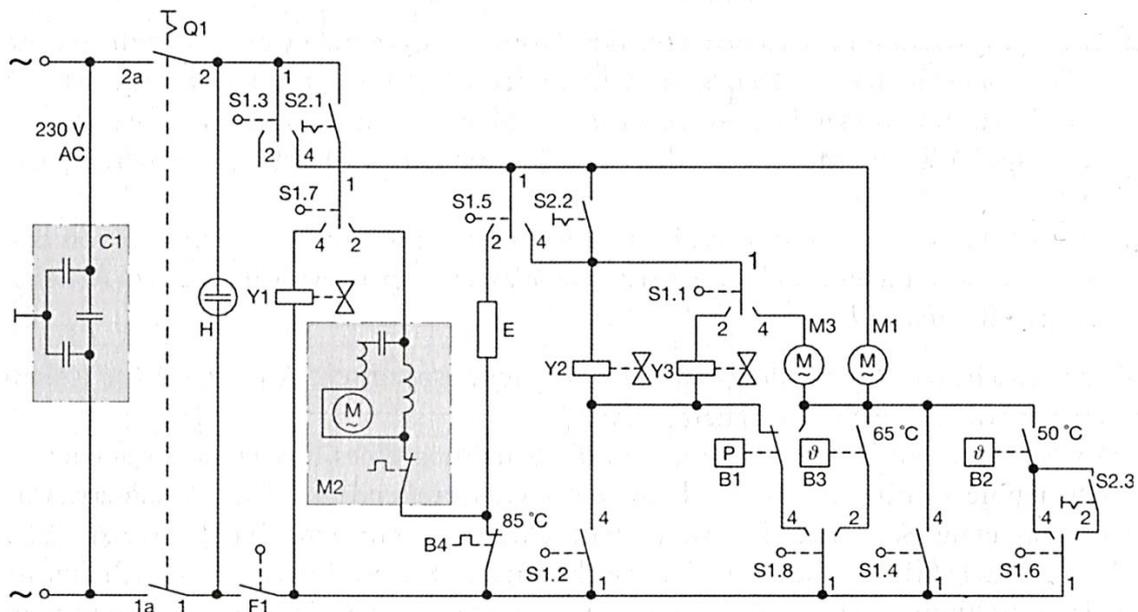


Abb. 15: Elektroschema eines Geschirrspülers<sup>6</sup>

- M1 = Antriebsmotor Programmschaltwerk
- M2 = Motor Laugen-Umwälzpumpe
- M3 = Motor Entleerungspumpe
- E = Heizung Spüllauge
- Y1 = Magnetventil Wassereinlass Regeneration Ionentauscher
- Y2 = Magnetventil Weichwasser Spülraum
- Y3 = Magnetventil Rohwasser
- S1.1 ... S1.8 = Mikroschalter Programmschaltwerk
- S2.1 ... S2.3 = Schaltkontakte Programmwahlschalter
- B1 = Wasserstandsregler
- B2 = Temperaturregler (50 °C)
- B3 = Temperaturregler (65 °C)
- B4 = Schutztemperaturbegrenzer

Gerade bei den in der Schweiz üblichen Einbauküchen kommt der Heimwerker meist nicht darum herum, die Maschine zuerst aus der Küchenkombination auszubauen, um so an Rückwand oder Boden zu gelangen. Nach dem Entfernen diverser Bleche und Abdeckungen bei freistehender Maschine beginnt erst die eigentliche Fehlersuche. Es ist also eine zeitaufwendige Angelegenheit und daher gut zu überlegen, ob diese Mühe auf sich genommen oder stattdessen der Herstellerservice aufgebeten werden soll.

<sup>6</sup> E. Folkerts, W. Baade: Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik (Vogel).

### 3.4 Kochherde

Kochherde gibt es heute in den unterschiedlichsten Varianten. Bezüglich der Kochstelle unterscheiden wir:

- Standardkochplatten
- Blitzkochplatten
- Automatikkochplatten
- Glaskeramikkochflächen
- Induktionskochzonen

#### 3.4.1 Platten-Kochherde

1) Die Standardkochplatte aus Grauguss mit 7-Takt-Schalter (6 Heizstufen und AUS) gibt es in standardisierten Grössen und Leistungen mit drei in eine Isoliermasse eingebetteten Heizwendeln, welche im Fehlerfall problemlos mit einem Multimeter (Ohm) durchgemessen werden können.

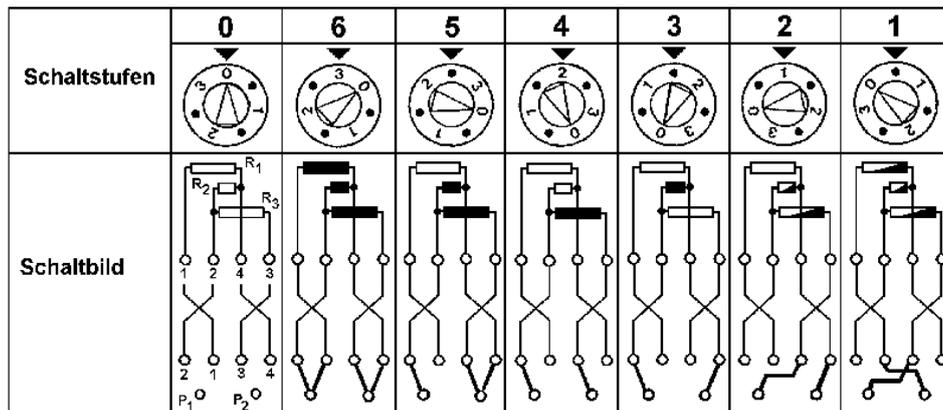


Abb. 16: Leistungsstufen mit 7-Takt-Schalter<sup>7</sup>

2) Prinzipiell dasselbe gilt für die Blitz- oder Schnellkochplatte (mit einem roten Kreis in der Plattenmitte gekennzeichnet), die bei gleichem Durchmesser eine höhere Leistung besitzt.

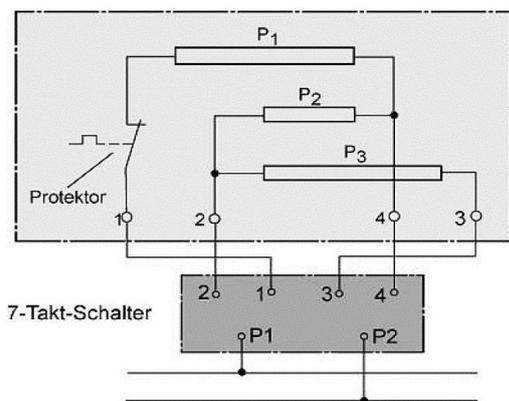


Abb. 17: Blitz-Kochplatte mit Protektor<sup>8</sup>

Damit die Platte auf der höchsten Leistungsstufe nicht überhitzt, ist ein *Protektor* (Bimetallkontakt) in Reihe mit der ersten Heizwendel (P1) geschaltet, der bei einer Plattentemperatur von ca. 500 °C den Stromkreis unterbricht und nach einer Abkühlungsphase wieder einschaltet.

3) Die Automatikkochplatte besitzt zwei Heizleiter, die mit einem Kapillarrohrregler unabhängig voneinander geschaltet werden. Der Wärmerfühler befindet sich in der Mitte der

<sup>7</sup> E. Folkerts, W. Baade: Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik (Vogel).

<sup>8</sup> Ebenda.

Kochplatte. Mit einem Einstellknebel wird stufenlos die Heizleistung vorbestimmt. Bei Annäherung an die Solltemperatur öffnet zuerst der Reglerkontakt 2, so dass nur noch die halbe Leistung zur Verfügung steht. Später öffnet auch der Reglerkontakt 1, der bei Absinken der Temperatur zuerst wieder schliesst.

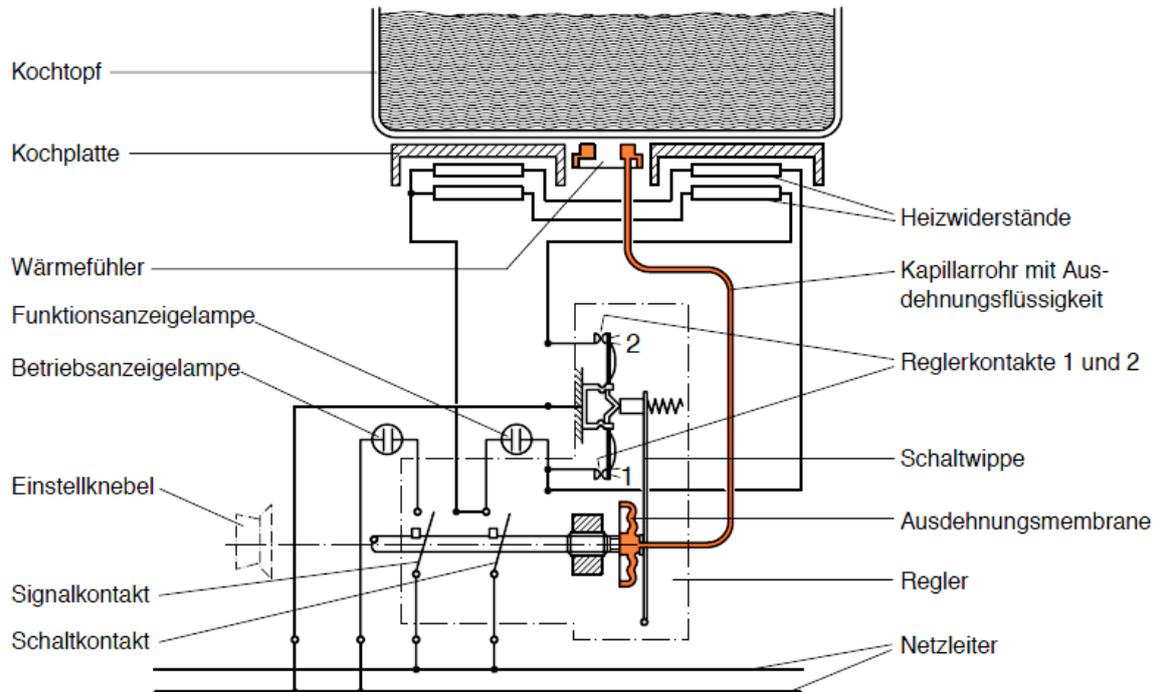


Abb. 18: EGO-Automatik-Kochplatte<sup>9</sup>

Vorteile der Automatik-Kochplatte sind:

- schnelles Aufheizen, weil zunächst beide Heizleiter eingeschaltet sind
- Stufenlos einstellbare Heizleistung
- Schutz gegen Überhitzung

### 3.4.2 Glaskeramik-Kochherde

Herdmulden mit Kochplatten sind weitgehend durch Glaskeramikkochfelder abgelöst worden. Unter der Heizzone befindet sich ein "Kochteller" mit Strahlungsheizkörpern. Anstelle von Widerstandsheizleitern (Heizwendeln) kommen auch Halogen-Hellstrahler in Form von Stablampen oder gebogenen Röhrenlampen vor. Auch Kombinationen von Halogen-Hellstrahlern mit Heizwendeln sind anzutreffen. Der Übertemperaturschutz erfolgt mit einem Dehnrohrregler (Invarstab), welcher bei Überschreiten einer Grenztemperatur von ca. 600 °C den Heizkreis unterbricht. Die Temperaturregelung erfolgt mit einem vorgeschalteten Energieregler.

In der Einkreisschaltung (Abb. 20) werden mit einem stufenlos verstellbaren Knebelschalter (1) mehrere Netzkontakte (2, 3, 4) geschlossen. Mit einem Steuerwiderstand (7) wird ein Bimetall (6) erwärmt, welches den Netzkontakt (2) periodisch aus- und einschaltet und damit eine mittlere Heizleistung bewirkt. Bei einem Einstellwinkel von ca. 135° öffnet ein Steuerkontakt (8), der bis anhin eine Diode (9) überbrückte. Dadurch wird die Beheizung des Bimetalls

<sup>9</sup> E. Folkerts, W. Baade: Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik (Vogel).

um 50 ° (nur noch eine Halbwelle pro Periode) verringert, so dass der Energieregler weniger oft taktet und eine ausgeglichenerere Leistungsbilanz resultiert.

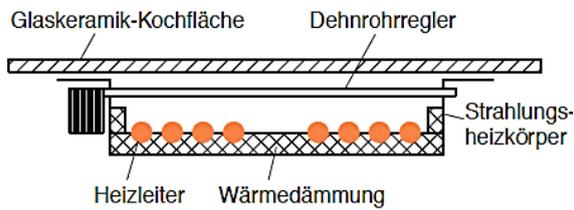


Abb. 19: Strahlungsheizkörper für eine Glaskeramik-Kochfläche<sup>10</sup>

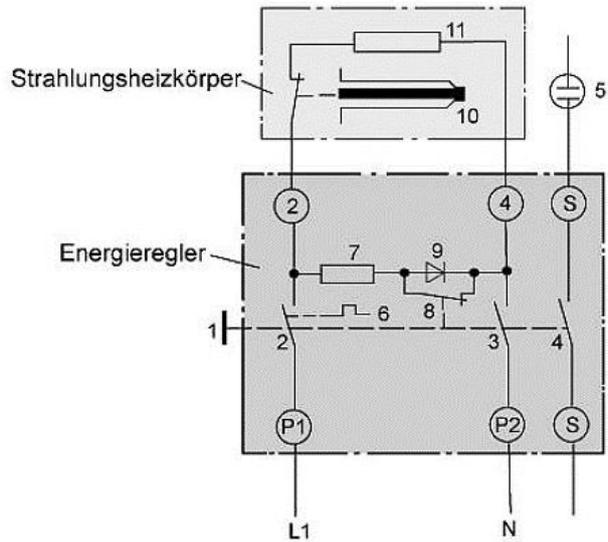


Abb. 20: Einkreisschaltung mit Energieregler für Strahlungsheizkörper<sup>11</sup>

### 3.4.3 Induktions-Kochherde

Induktions-Kochherde arbeiten nicht mit Widerstandsheizungen, sondern mit Induktionsspulen, die zusammen mit einem Kondensator einen Schwingkreis bilden. Die Energiezufuhr erfolgt über einen steuerbaren Umrichter, der aus dem Netzwechselstrom von 50 Hz einen hochfrequenten Wechselstrom von 25 kHz erzeugt.

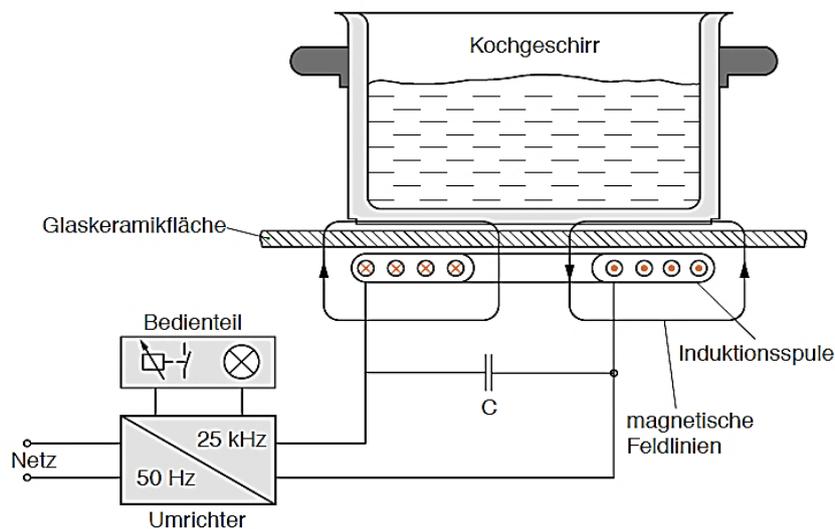


Abb. 21: Prinzipschaltung einer Induktionskochzone<sup>12</sup>

Bei einem Induktions-Kochherd darf nur Kochgeschirr benutzt werden, das einen magnetisch gut leitenden Stahlboden besitzt und entsprechend gekennzeichnet ist. Gut geeignet sind auch stahlemaillierte oder gusseiserne Pfannen und Töpfe. Völlig ungeeignet dagegen ist

<sup>10</sup> E. Folkerts, W. Baade: Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik (Vogel).

<sup>11</sup> Ebenda.

<sup>12</sup> Ebenda.

Geschirr aus magnetisch schlecht leitenden Werkstoffen wie Aluminium, Kupfer, Glas und Porzellan.

Der Stahlboden verstärkt den von der Induktionsspule ausgehenden magnetischen Fluss und bewirkt damit eine Verstärkung des Schwingkreises. Dadurch steigt die Stromaufnahme. Im Stahlboden werden Wirbelströme erzeugt, die zu einer schnellen Erwärmung des Kochgeschirrs führen.

### 3.5 Backöfen

Bei Backöfen ist eigentlich alles doppelt vorhanden in Gestalt einer Ober- und einer Unterheizung. Gelegentlich kommen Halogenstrahler für die Grillfunktion hinzu. Sämtliche Heizungen resp. Heizzonen sind mit separaten Temperaturfühlern und Temperaturbegrenzern ausgestattet. Die Heizungen – meist als "Heizschlangen" konstruiert – lassen sich relativ leicht ausbauen. An das Gebläse gelangt man meist nur von der Rückseite, so dass in diesem Fall ein Ausbau unumgänglich wird.

### 3.6 Kühlschränke

Kühlschränke gibt es bereits seit über hundert Jahren. Selbst der Physiker Albert Einstein soll sich an die Konstruktion eines Kühlschranks herangewagt haben. Die ersten Kühlschränke arbeiteten mit Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) als Kältemittel. Seit dem Jahr 2000 sind Haushalts- und Gewerbekühlgeräte erhältlich, die mit der "Dortmunder Mischung" (einem Gemisch aus Propan und Butan) arbeiten.

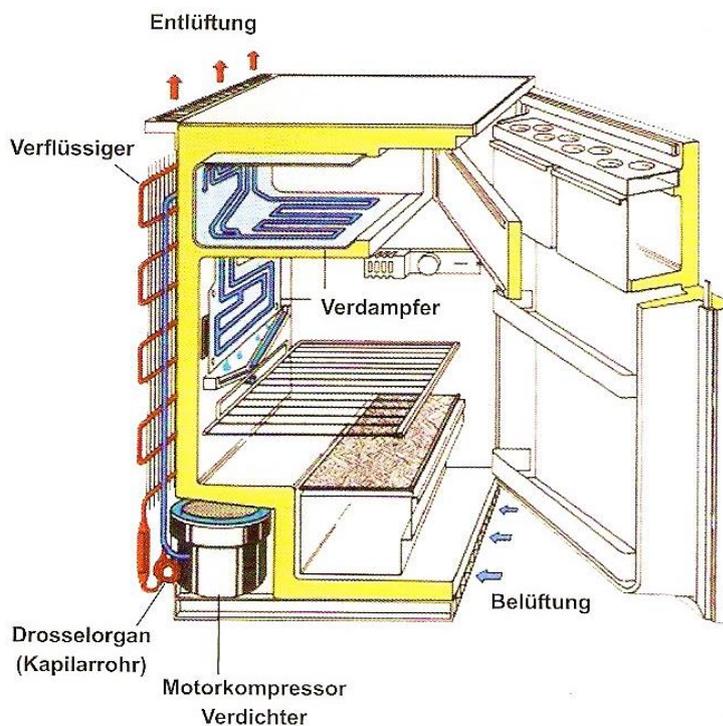


Abb. 22: Kompressorkühlschrank



Abb. 23: Kompressor (Verdichter) mit aussen befindlichem Anlaufkondensator

1) Technisch betrachtet unterscheiden wir *Kompressorkühlschränke* von *Absorberkühlschränken*. Letztere besitzen keinen motorischen Antrieb und sind deshalb sehr leise. Für den

Kreislauf des Kältemittels (Ammoniak) sorgt beim Absorber eine Gasflamme oder eine elektrische Heizpatrone, die praktisch ewig lebt. Als Lösungsmittel für das Ammoniak dient Wasser, als Hilfsmittel zum Verdampfen Wasserstoff. Im Absorber wird das Gas jeweils im Wasser gelöst und der Prozess beginnt von neuem. Damit sich die drei Substanzen nach einem Transport beruhigen und sammeln, sollte der Absorber vor dem Einschalten einige Stunden ruhen.

2) In vielen Haushalten arbeiten Geräte mit Kompressoren, welche auch die Erzeugung tiefer Temperaturen – wie bei Gefrierschränken üblich – ermöglichen. Dabei wird ein gasförmiges Kältemittel verdichtet, wodurch es sich erwärmt. Im Verflüssiger (Kondensator) wird die Wärme an die Umgebung abgegeben. Danach strömt das jetzt flüssige Kältemittel durch eine Drossel (Expansionsventil od. Kapillarrohr), die eine Druckabsenkung bewirkt, und weiter in den Verdampfer. Das dort verdampfende Kältemittel entzieht dem Kühlraum die notwendige Verdampfungswärme und strömt als Gas durch eine Saugleitung zum Kompressor zurück, wo der Kreislauf von Neuem beginnt.

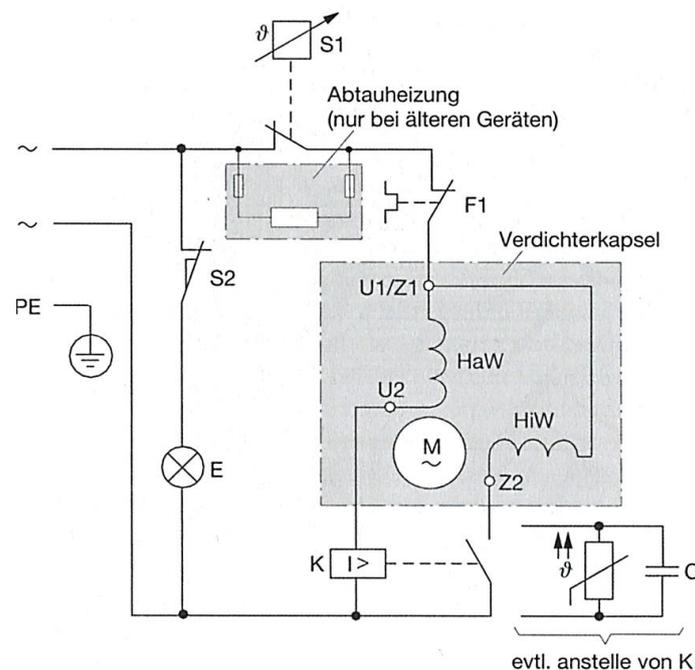


Abb. 24: Elektroschema Kompressorkühlschrank<sup>13</sup>

Bei Überschreiten einer Mindesttemperatur schaltet der Thermostat (S1) die Hauptwicklung (HaW) des Einphasen-Asynchronmotors ein. Durch den beim Anlauf grossen Strom schaltetet das Stromrelais (K) die Hilfswicklung (HiW) parallel. Nach dem Hochlauf fällt das Stromrelais ab (die Hilfswicklung wird in diesem Fall nur für den Anlauf benötigt). Einige Modelle besitzen anstelle des Stromrelais einen PTC-Widerstand mit Anlaufkondensator, welcher in Reihe mit der Hilfswicklung liegt. Mit zunehmender Erwärmung nimmt der Widerstand um einen Faktor von  $\geq 10^3$  zu, so dass der Strom vorwiegend durch den Kondensator fliesst.

Am Kompressor mit gasdicht eingebautem Elektromotor liegt es im Störfall kaum. Viel eher ist eine Leitung, ein Kapillarrohr oder der Kondensator (die schwarze "Rohrschlange" an der Rückwand) undicht oder ein Schalter defekt, so dass ohnehin der Servicetechniker aufgebeten

<sup>13</sup> E. Folkerts, W. Baade: Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik (Vogel).

werden muss (für den Umgang mit Kältemitteln bedarf es einer Bewilligung). Gelegentlich liegt es nur an Kleinigkeiten wie schadhafte Türdichtungen oder einem defekten Türkontakt. Passende Ersatzteile zu bekommen ist dann oft schwieriger, als die eigentliche Instandsetzung.

### 3.7 Warmwassererzeuger

Boiler sind dezentrale Warmwassererzeuger, die für die Wandmontage (bis 150 Liter) in Küchen und Bädern oder als Stehboiler (bis 1000 Liter) zum Einsatz kommen. Moderne Warmwassererzeuger und -speicher, welche die konventionellen Boiler weitgehend verdrängt haben, kommen meist in Kombination mit einer Wärmepumpe oder einer Solaranlage vor. In zentralen Warmwassererzeugungsanlagen sind oft Wärmetauscher zur Rückgewinnung von Wärmeenergie (z.B. Abwärme eines Blockheizkraftwerks) anzutreffen.

Wir befassen uns anschliessend nur mit konventionellen Elektroboilern, die als Überlaufboiler bis 80 Liter aus Kupfer (offene Bauart) und als Druckboiler ab 80 Liter aus Stahl (geschlossene Bauart) konstruiert werden. Das kalte Wasser wird mit Gas oder elektrischer Energie auf 65 °C aufgewärmt. Höhere Temperaturen sind unerwünscht, weil sich sonst zuviel Kesselstein anhäuft. Um der ansonsten unvermeidlichen Korrosion entgegenzuwirken, sind einige Boiler mit Schutzanoden aus Magnesium ausgerüstet. Diese auch als "Opferanoden" bezeichneten Stäbe werden auf elektrolytischem Wege anstelle des inneren Boilermantels abgebaut und müssen periodisch (z.B. alle zwei Jahre) ersetzt werden.

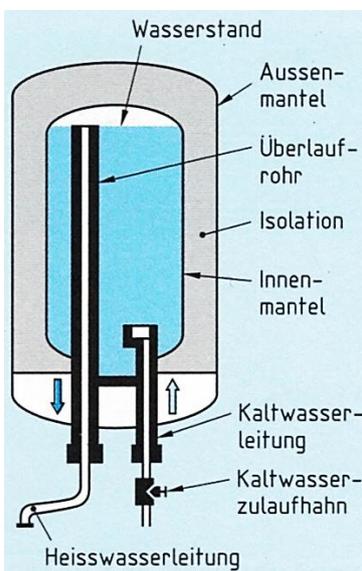


Abb. 25: Überlaufboiler<sup>14</sup>

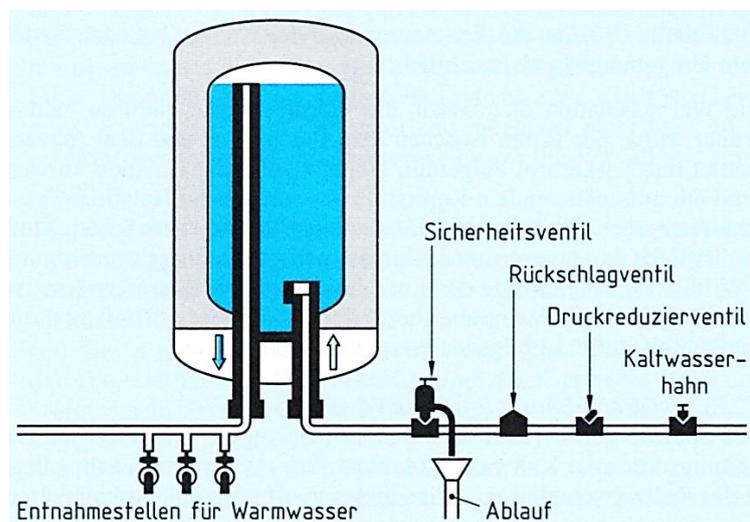


Abb. 26: Druckboiler

Druckfeste Boiler mit innerem Stahlmantel (oft emailliert) werden dort eingesetzt, wo mehrere Entnahmestellen mit Warmwasser zu versorgen sind. Aus Sicherheitsgründen benötigen Druckboiler im Zulauf eine Sicherheitsbatterie, bestehend aus einem Überdruckventil, einem Rückschlagventil und einer Druckreduziereinheit. Im elektrischen Stromkreis ist bei Druckboilern eine zweite thermische Sicherung erforderlich. Ein Handschalter ermöglicht die Ausschaltung des Boilers bei längerer Abwesenheit. Ab einer bestimmten Anschlussleistung werden

<sup>14</sup> H.R. Ris: Elektrische Installationen und Apparate (Electrosuisse).

Boiler über ein Netzschütz, welches von einem Rundsteuerempfänger angesteuert wird, geschaltet. Damit kann der Boiler während der Niedertarifzeit (nachts) durch ein zentrales Netzkommando ein- und ausgeschaltet werden.

Heizkörper, bestehend aus in Keramik- oder Steatitelemente eingelegten Widerstandswendeln, werden in Tauchrohre eingeführt, solche mit Panzerstäben dagegen direkt ins Boilerwasser eingetaucht.

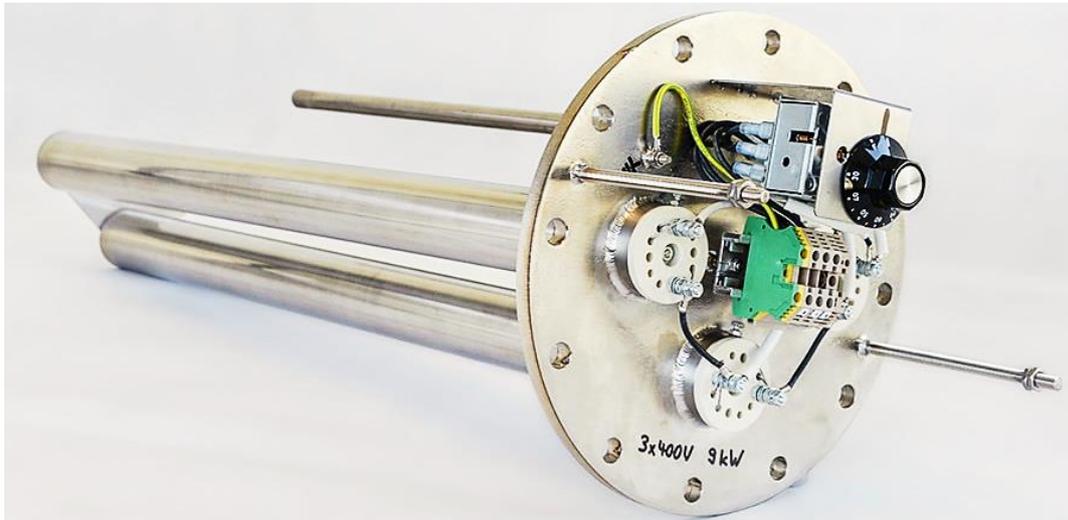


Abb. 27: Boilerflansch mit Tauchrohren für Heizelemente und Temperaturbegrenzer<sup>15</sup>

Ein Regelthermostat sorgt für die Unterbrechung der Energiezufuhr bei Erreichen der Solltemperatur. Ein zweiter als Sicherheitsschalter konzipierter Thermostat unterbricht den elektrischen Stromkreis bei einem Versagen des Regelthermostaten. Oft werden Regelthermostat und Sicherheitsthermostat als Einheit gebaut und mit dem Symbol F (franz. für "Feu") gekennzeichnet. Ansonsten kommen sie als getrennte Bauteile zum Einsatz. Als Regelthermostaten kommen Invarstäbe und Kapillarrohrfühler in Betracht. Als zweite thermische Sicherung dienen Bimetallscheiben, Schmelzloten und Glasampullen, die bei Überschreiten einer festgelegten Grenztemperatur einen Schaltmechanismus auslösen. Bimetallschalter sind rückstellbar, die sonstigen Sicherheitstemperaturbegrenzer müssen nach einem Ansprechen ersetzt werden.

Nach mehrjähriger Betriebsdauer ist eine Boilerentkalkung angesagt. Wenn das Warmwasser die vorgesehene Temperatur nicht mehr erreicht, liegt es oft am ausgefallenen Kalk (Calcium, Magnesium), der sich u.a. an den Heizstäben oder am Tauchrohr niederschlägt und so eine unerwünschte Wärmebarriere bildet.

Vorgehensweise bei der Entkalkung:

a) Zunächst wird der Boilerschalter betätigt und die Gruppensicherung entfernt; danach wird die Kaltwasserzufuhr unterbrochen. Oft ist dafür in der Zuleitung ein unscheinbares Eckventil eingebaut. Zuletzt wird das Warmwasser abgelassen. Nach Entfernen einer Schutzhaube und Prüfung auf Spannungsfreiheit mit dem Duspol werden die Anschlussdrähte der elektrischen

<sup>15</sup> <https://eisenhart.ch/boilerheizungen--zubehoumlr.html>

Zuleitung gelöst. Ggf. müssen auch die Heizelemente entfernt werden. Danach kann der mit Maschinenschrauben befestigte Boilerflansch demontiert werden. Mit einem Holzpaddel wird anschliessend der Kalk an der Innenwandung des Boilers und am Entnahmerohr abgestochen. Bei den mit Kalk ummantelten Heizstäben und Tauchrohren soll mit der gebührenden Vorsicht zu Werke gegangen werden, um die Heizwendeln nicht durch grobe Schläge zu beschädigen. In besonders hartnäckigen Fällen behandeln wir Panzerheizungen mit verdünnter Ameisensäure.

b) Nach erfolgter Entkalkung wird der Boilerflansch wieder montiert. Manchmal muss der Flansch oder sein Gegenstück mit einem Schleifpapier bearbeitet werden, um eine glatte Oberfläche zu erhalten. Um die Schrauben leichtgängiger und besser lösbar zu machen, sollten sie mit einem temperaturbeständigen Fett eingepinselt werden. Klingeritdichtungen werden mit einer Graphitpaste bestrichen. Ihre Beschaffenheit muss einwandfrei sein, sonst sind sie durch neue Dichtungen zu ersetzen. Ist in der Heimwerkerbude keine Originaldichtung aufzutreiben, begibt man sich am Besten zu einem Sanitär- oder Heizunginstallateur, um eine passende Dichtung zu besorgen. Wichtig dabei ist, dass nur asbestfreie Materialien verwendet werden.

Anm.: Bei Verwendung einer auch nur leicht beschädigten Dichtung kann es zu unliebsamen Überraschungen kommen. Der Schreibende spricht hierbei aus eigener Erfahrung. Obwohl nach dem Zusammenbau eines Boilers (80 l) nach einer erfolgreichen Entkalkung alles ordnungsgemäss funktionierte, gab die Dichtung nach etwa zwölf Stunden nach und ein heisser Wasserstrahl schoss aus dem Boiler hervor. Bis das Eckventil betätigt war, dauerte es mehrere Minuten; aber der Wasserstrahl nahm trotzdem nur langsam ab, bis sich der Boiler nahezu entleert hatte. Nun musste eine passende Dichtung gefunden werden, was sich als schwieriger als gedacht erwies und mehrere Tage beanspruchte. Schliesslich konnte der Boiler ohne weitere Schwierigkeiten genutzt werden.

## 4 Elektrische Kleingeräte

- Mixer
- Toaster
- Wasserkocher
- Kaffee-Vollautomat
- Schneidemaschinen
- Mikrowellengeräte
- Haartrockner
- Bügeleisen
- Heizdecken
- Staubsauger
- Elektrische Wanduhren

Aus der Fülle von Geräten wählen wir deren zwei aus.

### 4.1 Kaffeemaschinen

In Haushalten begegnet man einfachen Kaffeezubereitern, Halbautomaten, Vollautomaten

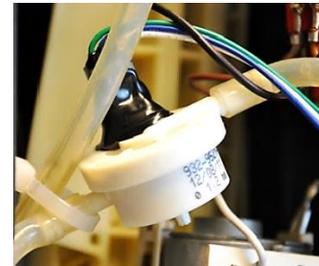
und Espresso- resp. Siebträgermaschinen. Anspruchsvoller als bei einem defekten Haartrockner gestaltet sich die Fehlersuche bei einem Kaffee-Vollautomaten, weil sich hier funktionale Zusammenhänge überschneiden. Es gibt Boiler, Heizungen, Pumpen, Brühgruppen, Ventile und Sensoren für Temperatur, Druck und Durchfluss usw. Fehlermöglichkeiten existieren somit Dutzende.



a) NTC-Temperaturfühler



b) Drucksensor



c) Durchflussmesser

Abb. 28: Sensoren einer ESAM 4200

Verstopfte Filter, defekte Heizungen, schadhafte Ventile, gerissenen Schläuche, abgenutzte O-Ringe und lose Drähte ergänzen die Fehlertabelle.

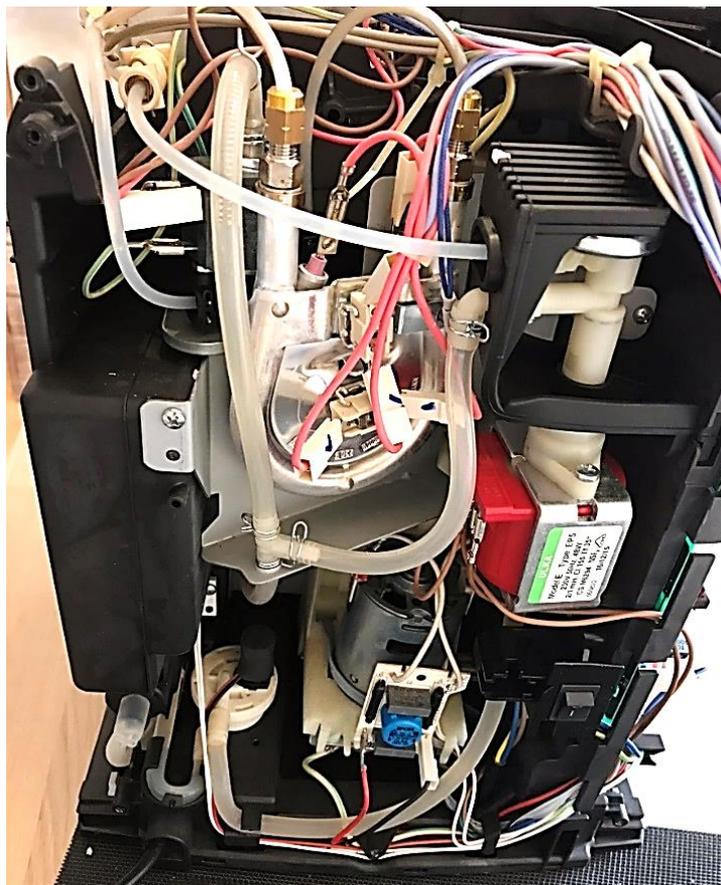


Abb. 29: Blick ins Innere einer ESAM 3500 S<sup>16</sup>

Bei einem Espresso-Automat sind subtile Einstellungen erforderlich, um die optimale Funktion

<sup>16</sup> <https://komtra.de/forum/index.php/Thread/12777-DeLonghi-ESAM-3500-S-Pronto-Cappuccino-Allgemeine-St%C3%B6rung/>

zu erzielen. Von Zeit zu Zeit ist die Mahlwerksscheibe zu ersetzen (Stahlscheiben können nachgeschliffen werden, Keramikscheiben dagegen nicht).

Zur Erhaltung einer einwandfreien Funktion ist es nötig, die Kaffeemaschine regelmässig zu entkalken. Moderne Geräte besitzen ein maschineneigenes Entkalkungsprogramm. Verwendet wird ein handelsüblicher Entkalker.

Fazit: Wer einen Kaffe-Vollautomaten instandsetzen möchte, sollte ein elementares Wissen der funktionalen Zusammenhänge besitzen. Ansonsten bleibt es beim "Herumdoktern", das in den wenigsten Fällen zu bleibendem Erfolg beiträgt. Schwierig könnte sich die Beschaffung des Elektroschemas erweisen, das wir bei der Fehlersuche benötigen, um uns schrittweise durch das Dickicht von Schläuchen und Aderlitzen zu den in Frage kommenden Bauteilen hindurchzuarbeiten.

## 4.2 Mikrowellenherd

Prozesstechnisch einfacher aufgebaut als eine Kaffeemaschine ist ein Mikrowellenherd. Ungeachtet dessen handelt es sich in Globo um eine nicht triviale Materie, weil bei der Fehlersuche Kenntnisse der Leistungselektronik, Hochspannungstechnik und Hochfrequenztechnik gefragt sind. Selbst für einen elektrotechnisch ausgebildeten Heimwerker kann diese Mixtur zu einer Herausforderung werden. Auch hier entscheidet das bereits vorhandene Fachwissen, ob die Instandsetzung gelingt. Fehlen die einen oder andern Kenntnisse, so gibt es glücklicherweise gute Fachbücher.

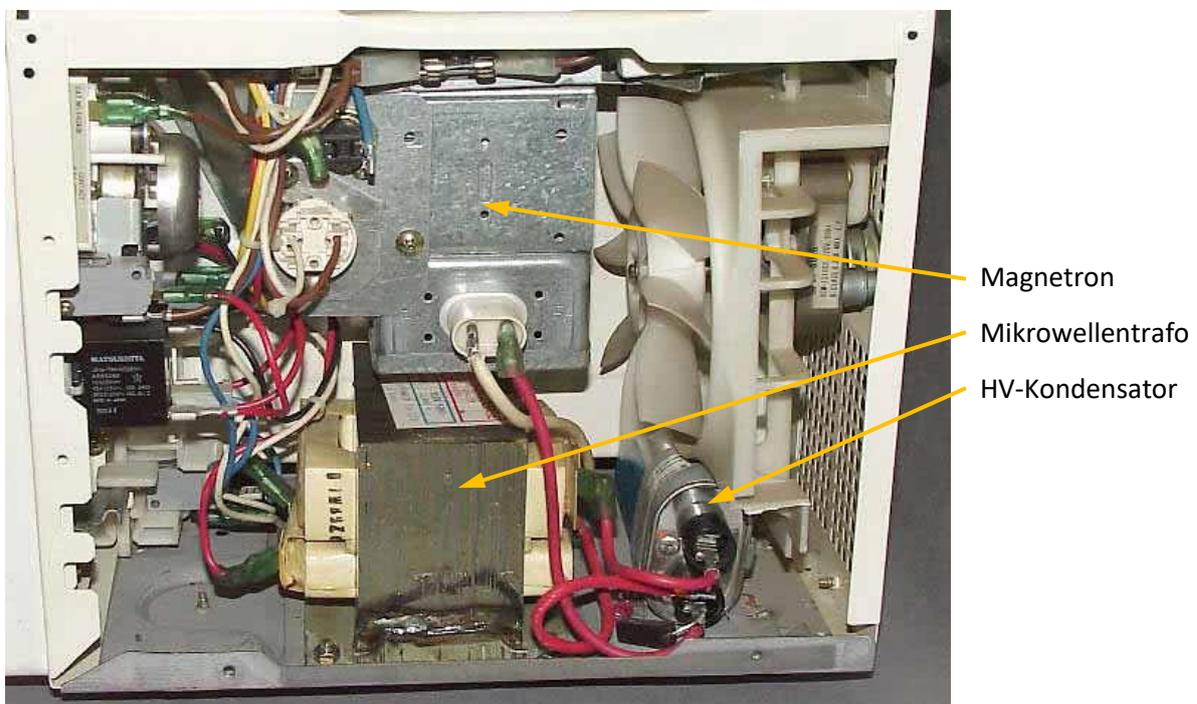


Abb. 30: Blick in ein älteres Mikrowellengerät<sup>17</sup>

In den älteren Geräten werden als Mikrowellengeneratoren *Magnetrons* eingesetzt, die zu

<sup>17</sup> <http://www.hcrs.at/MIKRO.HTM>

den Kreuzfeldröhren gehören und auch in Radaranlagen zum Einsatz gelangen. Die Arbeitsfrequenz bei Mikrowellengeräten beträgt 2,45 GHz. In neuen Geräten werden zunehmend hochfrequenztaugliche Halbleiter wie bspw. LDMOS-Leistungstransistoren verwendet.<sup>18</sup>

Die folgenden Bilder zeigen einige Komponenten, deren Ausfall durch Ersatzteile gemeistert werden kann. Probleme bei der Ersatzteilebeschaffung sollte es keine geben. Hochspannungskondensatoren und Mikrowellentrafos (MOT) sind vielfach auf Ebay zu finden.<sup>19</sup>



Abb. 31: HV-Kondensator<sup>20</sup>

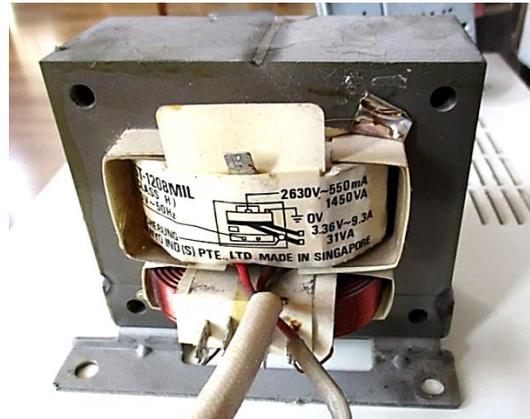


Abb. 32: Mikrowellentrafo (MOT)<sup>21</sup>

Wichtig bei Kondensatoren ist ausser der Kapazität die Spannungsfestigkeit (Scheitel- oder Spitzenwert der Wechselspannung berücksichtigen). Wie immer bei Leistungskondensatoren muss gewährleistet sein, dass das Bauteil vor einer Berührung entladen ist. Dazu verwenden wir eine VDE-isolierte Langbeckzange (einfacher gesagt eine "Spitzzange") und einen 10 kΩ Keramikwiderstand, um den Kondensator einige Sekunden zu überbrücken.



Abb. 33a: Magnetron<sup>22</sup>

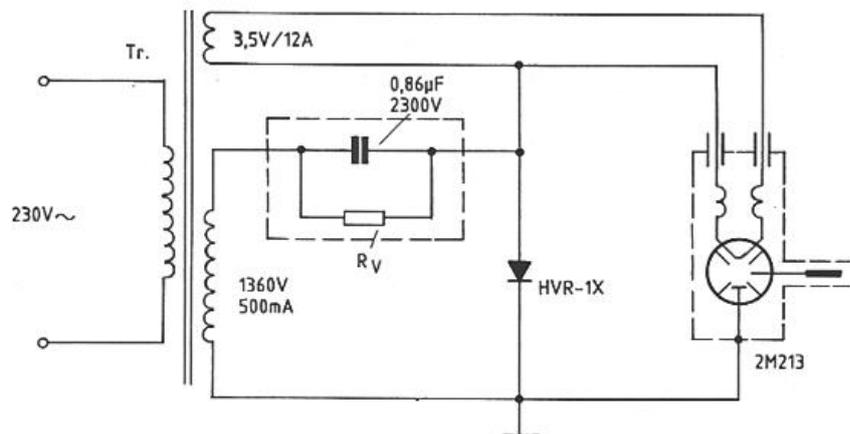


Abb. 33b: Magnetron-Grundschiung<sup>23</sup>

Bei einem Mikrowellentrafo ist zu beachten, dass das innen befindliche Ende der Sekundärwicklung in der Regel mit dem Kern und dieser mit der Gerätemasse verbunden ist. Im Elektro-

<sup>18</sup> LDMOS = Laterally-diffused metal-oxide semiconductor.

<sup>19</sup> MOT = Microwave oven transformer

<sup>20</sup> <http://www.elektronik-labor.de/Labortagebuch/Tagebuch0318.html>

<sup>21</sup> Ebenda.

<sup>22</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetron>

<sup>23</sup> G. Wahl: Das grosse Tesla Experimentier-Handbuch (Franzis).

schema wird dies meist nicht extra eingezeichnet. Bei einem Austausch sind diese "Erdverbindungen" wie beim Original zu erstellen, damit der Schutz vor Hochspannungsdurchschlägen gewährleistet bleibt. Wer mehr darüber erfahren möchte, greife zum Buch von Kronjäger (Experimente mit Hochspannung).

Messungen an unter Spannung stehenden Bauteilen sind lediglich in Sonderfällen und nur durch einen elektrotechnisch versierten Heimwerker angeraten! Ausser bei der Heizspannung für das Magnetron bewegen wir uns sekundärseitig im Hochspannungsbereich. Messungen von über 1'000 V dürfen nur mit einer Hochspannungssonde (Sonde) durchgeführt werden.



Abb. 34a: HV-Probe 40 kV für ein Multimeter



Abb. 34b: Oszilloskop-Tastkopf 20 kV, 40 MHz

Am Besten zieht man vor dem Austausch von Bauteilen den Netzstecker und umwickelt die Kontakte zur Sicherheit mit Isolierband. So wird verhindert, dass der Stecker eines frei herumliegenden Apparatkabels quasi ungewollt in eine Steckdose eingeführt wird.

## 5 Elektrowerkzeuge und Elektrokleingeräte

Praktisch in jedem Haushalt sind Elektrowerkzeuge und handgeführte Maschinen anzutreffen, darunter:

- Stichsägen
- Oberfräsen
- Bandschleifer
- Winkelschleifer
- Heissluftgebläse
- Akkuboehrschrauber
- Schlagbohrmaschinen
- Kleinkompressoren

Ausser den oben aufgelisteten Elektrowerkzeugen gehören auch elektrische Gartenwerkzeuge und -apparate in die Kategorie der Elektrokleingeräte, darunter:

- Mähroboter
- Gartenhäcksler
- Elektro-Kettensägen
- Akku-Heckenscheren
- elektrische Rasenmäher
- Tauch- und Schmutzwasserpumpen

Bei Reparaturen sollten aus Gründen der Produktesicherheit möglichst Originalteile verwenden.

det werden. Ist eine Beschaffung nicht möglich, müssen wir das defekte Gerät dem Lieferanten resp. Hersteller zur Reparatur übergeben. Aufgrund der hohen Stundenlöhne in der Schweiz sind Reparaturen nicht immer wirtschaftlich. Ist die Garantiefrist abgelaufen, kauft man sich daher am Besten ein neues Gerät.

## 5.1 Elektrische Handbohrmaschine

Handbohrmaschinen sind praktisch in jedem Haushalt vorhanden und müssen manchmal repariert werden. Bei der Zerlegung einer Handbohrmaschine begegnen uns – modellunabhängig – mehr oder weniger dieselben Teile.

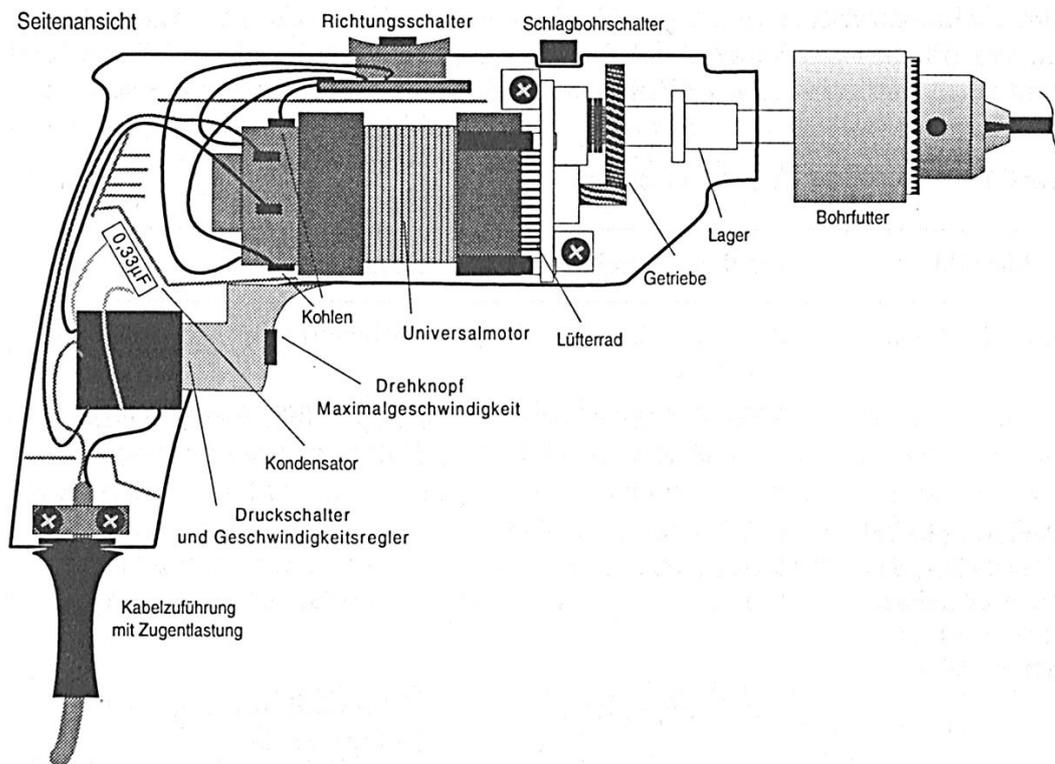


Abb. 35: Aufbau einer elektrischen Handbohrmaschine (Black & Decker)<sup>24</sup>

a) Mögliche Fehlerquellen sind defekte Schalter (oft in Verbindung mit einem Drehzahlsteller mit Phasenanschnittsteuerung), abgenutzte Kommutatoren oder schadhafte Wicklungen. Gelegentlich sind auch Getriebeschäden zu vermeiden. Ausgerissene Schaluchleitungen und Knickstellen mit Aderverletzungen kommen häufig vor. Oft liegt es nur an einem defekten Apparatkabel oder einem Stecker mit "Wackelkontakt".

Bei sonderisolierten Geräten (Schutzklasse II) ist kein Schutzleiter vorhanden, so dass bei einem Austausch eine zweiadrige Schlauchleitung benötigt wird. Haben wir nur ein dreiadriges Kabel zur Hand, so schneiden wir den Schutzleiter ab. Muss auch der Stecker ersetzt werden, so kaufen wir im Baumarkt ein konfektioniertes Apparatkabel mit Eurostecker (bis 2,5 A) oder Stecker Typ 11 (bis 10 A). Bei einer schutzisolierten Maschine (Schutzklasse I) benötigen wir

<sup>24</sup> R. Huttary: Haushaltselektrik und Elektronik (Franzis).

ein dreiadriges Kabel mit dem Stecker Typ 12 nach schweizerischer Norm.<sup>25</sup>

b) Bei erhöhtem Bürstenfeuer sind zuerst die Kohlebürsten zu kontrollieren und ggf. durch neue zu ersetzen. Im Worst Case muss der Kollektor des Universalmotors "überdreht" werden.

c) Vor dem Zusammenbau streichen wir mit einem Pinsel etwas Schmierfett an Zahnräder und Ritzelwelle.

Netzunabhängige Geräte werden mit Akkumulatoren – und damit mit Kleinspannung – betrieben. In einigen Geräten sind zudem Netzteile eingebaut. Es ist daher empfehlenswert, sich auch über Akku's und Netzteile ein paar Gedanken zu machen.

## 6 Lade- und Netzgeräte

Bei Netzteilen und Netzgeräten sind unterschiedliche Varianten im Einsatz. Bei kompakten Netzteilen mit vollständig vergossenem Gehäuse und bei Steckernetzteilen ist bei einem Ausfall ein Ersatz nötig. Bei älteren Netzteilen dagegen, die in ein Gehäuse eingebaut und bei Ladegeräten für Traktionsbatterien kann die Instandsetzung durch den Heimwerker durchaus lohnenswert sein.

### 6.1 Ladegeräte

Ältere Ladegeräte bestehen aus Transformator, Gleichrichter, Siebung und einer Regeleinrichtung. Das viele Eisen und Kupfer des Netztransformators verleiht diesen Geräten ein ordentliches Gewicht. Sie werden zur Ladung von Traktionsbatterien (Bleiakkumulatoren) verwendet wie solche bspw. in Hubstaplern vorkommen.



a) Ladegerät mit **Selengleichrichter**<sup>26</sup>



b) Ladegerät mit **Brückengleichrichter**<sup>27</sup>

Abb. 36: Batterieladegeräte

Inzwischen haben mikrocontrollergesteuerte Hochfrequenzladegeräte die früheren Geräte verdrängt. Die schweren Transformatoren gehören damit der Vergangenheit an. Die neuen Ladegeräte sind programmierbar für unterschiedliche Lastkurven und Akkumulatortypen und auch

<sup>25</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/SN\\_441011](https://de.wikipedia.org/wiki/SN_441011)

<sup>26</sup> Bildquelle: <https://www.mikrocontroller.net/topic/324382>

<sup>27</sup> Bildquelle: [https://www.t4-wiki.de/wiki/Ladeger%C3%A4t\\_A10](https://www.t4-wiki.de/wiki/Ladeger%C3%A4t_A10)

busfähig.

Wir befassen uns hier nur mit älteren Ladegeräten. Was ist zu tun bei einem Defekt?

a) Zuerst messen wir die Spannungen am Transformator. Dazu muss das Gerät eingeschaltet sein. Fehlt bereits die Eingangsspannung, so ist vermutlich eine Gerätesicherung, das Apparatkabel oder der Netzstecker defekt. Fehlt die Ausgangsspannung, so liegt ein Unterbruch der Sekundärwicklung vor. Sukzessive messen wir die Spannungen an den relevanten Bauteilen (Gleichrichter, Siebkondensatoren, Siebdrossel, Thyristor usw). Auch die Laderegulung kann uns dabei einen Streich spielen. Ein Elektroschema wäre äusserst hilfreich.

b) Einen defekten Selengleichrichter ersetzen wir durch einen Siliziumbrückengleichrichter.

c) Netzdrosseln und Widerstände lassen sich im spannungslosen Zustand ohmisch überprüfen.

d) Bei Siebkondensatoren und Verwendung eines Analogmultimeters (Betriebsartenschalter auf  $k\Omega$ ) soll nur ein kurzer Zeigerausschlag erfolgen. Die schwarze Prüfspitze (od. Prüfklemme) wird an den Minuspol resp. auf Gerätemasse (GND), die rote an den Pluspol des Bauelementes gelegt. Zuvor vergewissern wir uns, dass der Kondensator entladen ist. Risse, Ausbeulungen, Verfärbungen und klebrige Stellen durch einen ausgelaufenen Elektrolyten deuten auf einen irreversiblen Schaden hin. Im Zweifelsfall werden Kondensatoren kurzerhand ersetzt.

Weil es sich bei den Siebkondensatoren um Elektrolytkondensatoren handelt, ist beim Einbau unbedingt auf die richtige Polung zu achten. Ansonsten dauert es nach der Inbetriebnahme nicht allzulange, bis es kräftig knallt! Last but not least: Mit Vorteil trägt man beim Instandsetzen eine Schutzbrille.



a) Beschädigte ELKOs mit Sollbruchstelle<sup>28</sup>



b) Explodierter ELKO<sup>29</sup>

Abb. 37: Elektrolytkondensatoren

Anm.: Wurde ein Gerät mit Elektrolytkondensatoren längere Zeit nicht benutzt, sollte man die Elko's zuerst formatieren bzw. "auffrischen". Ansonsten kann es sein, dass der Elko im Einschaltmoment wie ein Kurzschluss wirkt. Zum Formatieren werden die Kondensatoren während min. 15 Minuten über einen 10  $k\Omega$  Keramikwiderstand an die Versorgungsspannung gelegt.

<sup>28</sup> <https://www.doerfler-elektronik.de/101-au-elektrolytkondensator>

<sup>29</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Aluminium-Elektrolytkondensator>

## 6.2 Netzteile

Ein Netzteil dagegen ist meist Teil einer grösseren Einheit wie z.B. eines Audio-Verstärkers oder eines TV-Gerätes.

### 6.2.1 Lineare Netzteile

Das einfachste Netzteil besteht aus einem Transformator, einem Brückengleichrichter und einem Siebkondensator. Die Ausgangsspannung ist nicht geregelt und daher lastabhängig. Lineare Netzteile enthalten ausser Transformator, Gleichrichter und Siebkondensator einen Spannungsregler, welcher aus einem "Längstransistor" oder einem speziellen "Dreibein" (bspw. LM 317) sowie einer äusseren Beschaltung besteht.

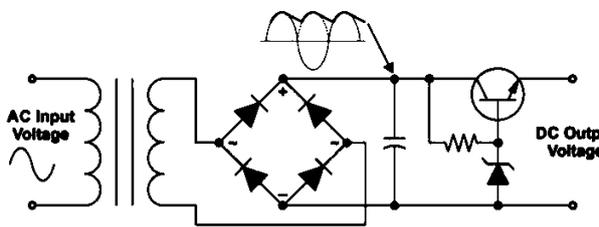


Abb. 38: Netzteil mit Regeltransistor<sup>30</sup>

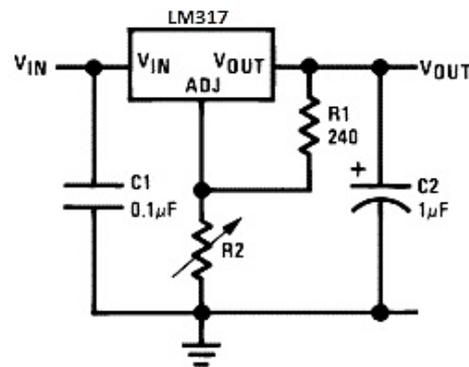


Abb. 39: Spannungsstabilisierung mit LM 317

### 6.2.2 Schaltnetzteile

Getaktete Netzteile (Schaltnetzteile) kommen z.B. in PC's vor. Der Zusammenhang zwischen Spannung und Strom ist nichtlinear und es kommen Oberschwingungen vor, die mit Filtern unterdrückt werden müssen. Schaltnetzteile lassen sich grundsätzlich in *Sperrwandler* und *Flusswandler* gliedern. Die Transformatoren solcher Wandler sind für Frequenzen über 10 kHz ausgelegt und enthalten relativ wenige Windungen. Der Kern besitzt einen Luftspalt, um die magnetische Energie verzögert abzugeben.

1) Der **Sperrwandler** überträgt in der Sperrphase des Schalttransistors die Energie auf den Ausgang. Als Schalter dient ein MOSFET, dessen Gate mit einem PWM-Signal angesteuert wird. Die Steuerimpulse werden von einem Pulsweiten-Modulator generiert. Der Transformator dient als Energiezwischenspeicher. Die sekundärseitige Diode leitet die übertragene Energie in einen Speicherkondensator.

2) Der **Durchflusswandler** überträgt in der Leitphase des Schalttransistors die Energie auf den Ausgang. Durch systematische Messung der Spannungen lässt sich das schadhafte Bauteil meist auffinden. Oft liegt es lediglich an einem schadhafte Kondensator oder einer defekten Diode. Einige der modernen Digitalmultimeter besitzen eine Oszilloskopfunktion, so dass die getakteten Spannungen grafisch dargestellt werden können.

<sup>30</sup> <https://www.all-electronics.de/elektronik-entwicklung/4-design-tipps-fuer-lineare-und-geschaltete-strom-versorgungen.html>

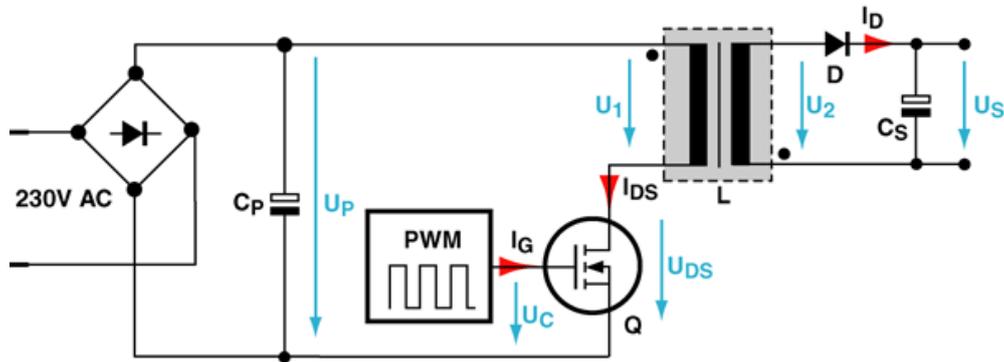


Abb. 40: Sperrwandler<sup>31</sup>

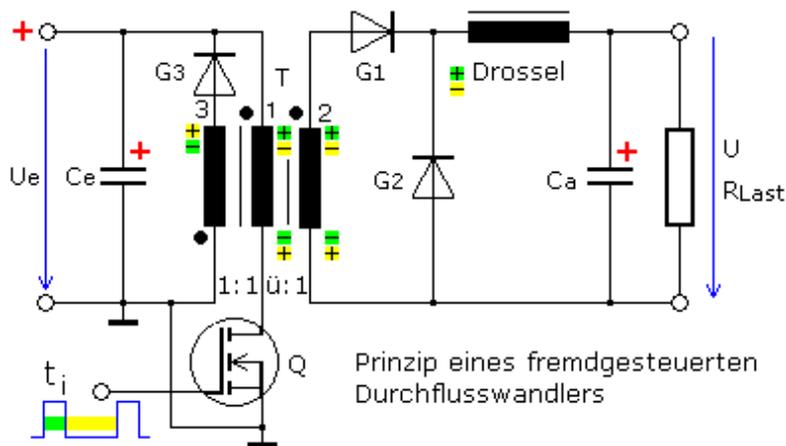


Abb. 41: Flusswandler<sup>32</sup>

Bei den mit einem Punkt gekennzeichneten Trafowicklungen handelt es sich um Wicklungsanfänge.

### 6.3 Akkumulatoren

Ladegeräte müssen kompatibel mit dem verwendeten Akku-Typ sein, damit Ladespannung und Ladestrom stimmen und der Akku nicht beschädigt wird.



a) Nickel-Cadmium-Akku    b) Metall-Hybrid-Akkus    c) Lithium-Ionen-Akku für Bohrschrauber

Abb. 42: Diverse Klein-Akkumulatoren

Die in älteren Elektrowerkzeugen anzutreffenden Nickel-Cadmium-Akku's wurden in den vergangenen Jahren weitgehend durch Metall-Hybrid-Akku's verdrängt. Dies ist gut so, denn

<sup>31</sup> <https://kompendium.infotip.de/sperrwandler-netzteile.html>

<sup>32</sup> <https://www.elektroniktutor.de/analogtechnik/flusswdl.html>

Cadmium ist ein giftiges Schwermetall. In neuen Geräten kommen fast nur noch langlebige Lithium-Ionen-Akku's vor.

## 7 Sensorik

Sensoren kommen überall vor, wo gesteuert und geregelt werden muss. Im Kontext kennt der Schreibende bspw.:

- Niveausensor
- Drucksensor
- Grenzwerttaster
- Fliehkraftschalter
- Strömungswächter
- Ultraschallsensor
- Temperaturfühler (Pt100)
- Thermostat mit Bimetall-Kontakt
- Thermostat mit Kapillarrohr
- Thermosicherung mit Woodmetall
- Sicherheitsthermostat mit Invarstab
- Induktive und kapazitive Näherungsschalter

Schwieriger als die eigentliche Fehlersuche gestaltet sich oft die Entfernung der Abdeckbleche und Verschaltungen hinter denen ein Sensor vermutet wird. Wenn man ersteinmal weiss, wo sich die relevanten Schrauben befinden, geht es voran.

### 7.1 Signalformen

Die von Sensoren generierten Signale können analog, binär oder digital sein. Einige Sensoren besitzen analoge und digitale Schnittstellen.

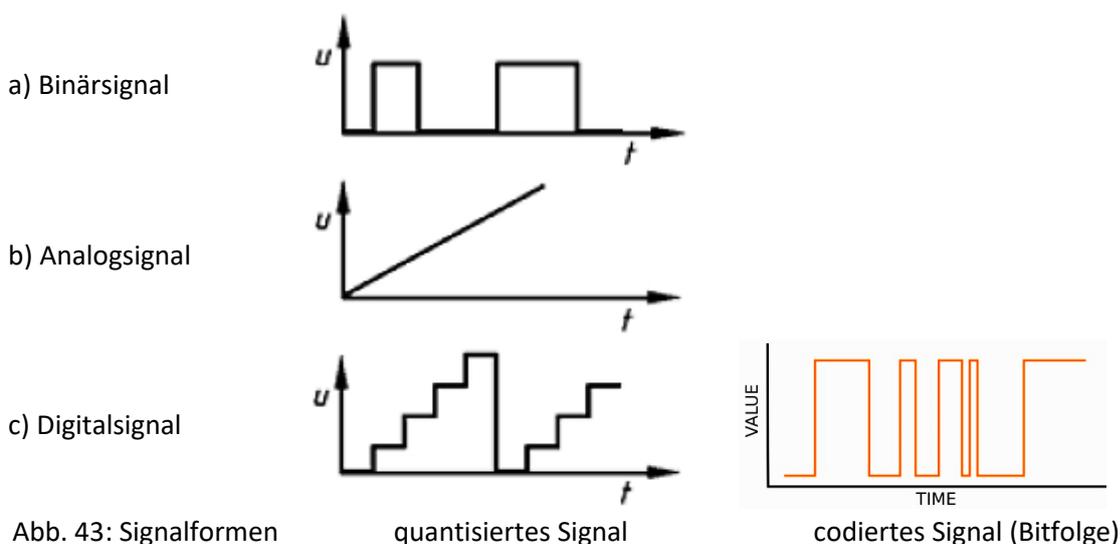


Abb. 43: Signalformen

a) Als analog bezeichnet man Signale mit einem stetigen Verlauf (wie z.B. das von der Schleiferposition abhängige Spannungssignal eines Potentiometers bei einer Tänzerwalze).

b) Als binär bezeichnet man zweiwertige Signale, die entweder keine Spannung (Low) oder eine definierte Spannung (High) besitzen (wie z.B. das von einem Nockenschalter erzeugte Spannungssignal einer Zündspule).

c) als digital bezeichnet man Signale mit einem quantisierten oder codierten Verlauf (wie z.B. das Ausgangssignal eines Absolut-Encoders bei einem Industrieroboter).

## 7.2 Binäre Sensoren

Binäre Sensoren erzeugen zweiwertige Signale in Form von definierten Spannungspegeln, z.B.  $Low \leq 5 \text{ VDC}$  und  $High \geq 15 \text{ VDC}$ . Es kann sich um profane Schaltkontakte oder um elektronische Schalter handeln.

Binäre Sensoren werden zur Objektüberwachung, für die Endlagenerkennung bei Werkzeugmaschinen und als Grenzwertschalter eingesetzt – um nur einige von vielen Beispiele zu nennen. Sie kommen in Produktionsanlagen, Fertigungsmaschinen und in Kleingeräten vor.

### 7.2.1 Sensoren mit Schaltkontakten

Bei kontaktbehafteten Sensoren ist ein Schliesser oder ein Öffner – oft auch ein Umschaltkontakt – vorhanden. Anwendungsbedingt kommen Schleichkontakte oder sprungartig arbeitende Kontaktglieder vor.

Infolge Alterung oder Abnutzung kann die elektrische Kontaktfähigkeit beeinträchtigt oder durch mechanische Einwirkungen verhindert sein. Oft kann oxidierten Kontakten mit etwas Kontaktspray nachgeholfen werden, ansonsten sind die Schaltelemente zu ersetzen.



Abb. 44: Kontaktbehaftete Sensoren

### 7.2.2 Sensoren mit Halbleiterausgängen

1) Das Wirkungsprinzip von induktiven und kapazitiven Näherungsschaltern mit Halbleiterausgängen (Transistoren, Triac) beruht auf der Dämpfung eines magnetischen oder elektrischen Feldes durch das zu detektierende Objekt. Dadurch wird ein hochfrequenter Schwingkreis verstimmert. Diese Verstimmung kann mit einem Schwellwertschalter erfasst und als binäres Signal ausgegeben werden.

Binäre Näherungsschalter gibt es in zwei Varianten. Zum einen als PNP-schaltende und zum anderen als NPN-schaltende Bauteile. Im europäischen Raum ist der PNP-schaltende Ausgang

verbreitet. Einige Typen besitzen zwei in Antivalenz betriebene Schaltausgänge; ein Ausgang arbeitet als Schliesser (NO), der andere als Öffner (NC).

Bezüglich der Bauform– vielfach zylindrisch mit metrischem Gewinde – ist kein Unterschied zwischen induktiven und kapazitiven Näherungsschaltern zu erkennen. Das Schaltungsprinzip (PNP, NPN) oder die Schaltfunktion (NC, NO) ist meist nicht auf den ersten Blick erkennbar. Wenn noch lesbar, hilft die Typenbezeichnung weiter.



Abb. 45a: Induktiver Näherungsschalter

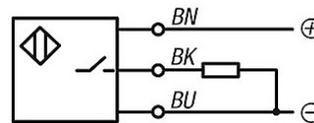


Abb. 46a: PNP-schaltend mit Schliesser



Abb. 45b: Kapazitiver Näherungsschalter

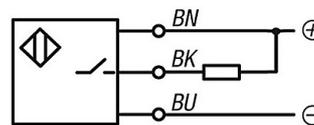


Abb. 46b: NPN-schaltend mit Schliesser

Im Zweifelsfall kann bei einer Störung eine Versuchsschaltung mit einem Relais oder einer Lampe als Last aufgebaut werden; dafür benötigen wir die Prüftafel.

2) Eine Sonderform eines binären Sensors ist der "Main-Sensor" (Magneto-induktiver Sensor), welcher ein PWM-Signal ausgibt, das von einem Mikrocontroller ausgewertet wird.<sup>33</sup> Main-Sensoren werden in Waschmaschinen der oberen und mittleren Preisklasse zur Beladungserkennung eingesetzt. Mit dieser Zusatzfunktion lässt sich der Wasserverbrauch und die nötige Waschmittelmenge optimal dem aktuellen Ladezustand anpassen. Ferner lassen sich die Schwingungen des Laugenbehälters überwachen, um zu verhindern, dass die Trommel mit dem Gehäuse kollidiert.<sup>34</sup>

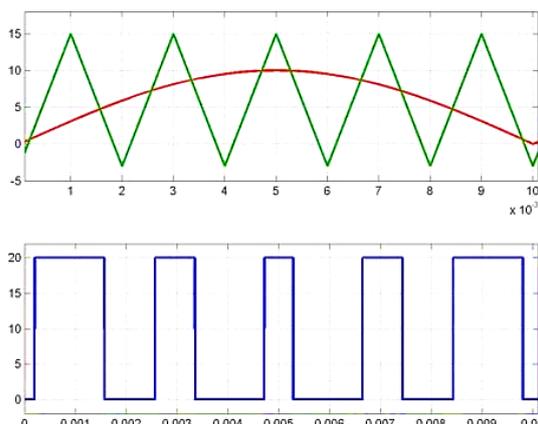


Abb. 47: Aus einem Dreieckssignal generiertes PWM-Signal<sup>35</sup>

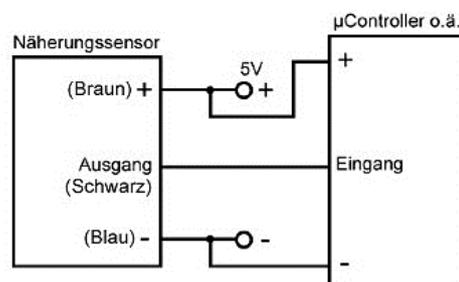


Abb. 48: Auswertung eines PWM-Signals mit einem µC

<sup>33</sup> PWM = Pulsweiten-Modulation.

<sup>34</sup> <https://kem.industrie.de/sensoren/zwei-sachen-koenner>

<sup>35</sup> Gordan, Mich-Vancea: Issues on Simulations of Inverter Power Supply (Journal of Electrical and Electronics Engineering, 2009).

### 7.3 Analoge Sensoren

Analoge Sensoren erzeugen ein analoges Ausgangssignal in Form eines kontinuierlichen Strom- oder Spannungspegels. Die Verarbeitung des analogen Signals erfolgt in einer nachgeschalteten Messelektronik. Sensor und Auswertegerät müssen aufeinander abgestimmt sein.



a) Sensor für freies Chlor

b) Sensor für pH-Messung

Abb. 49: Analoge Sensoren

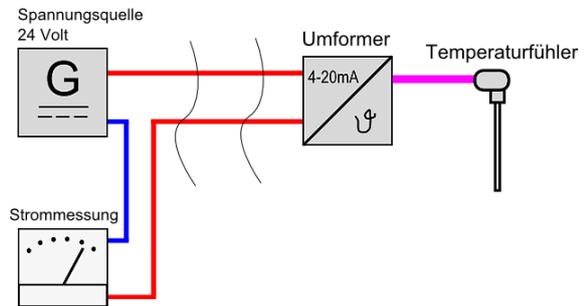
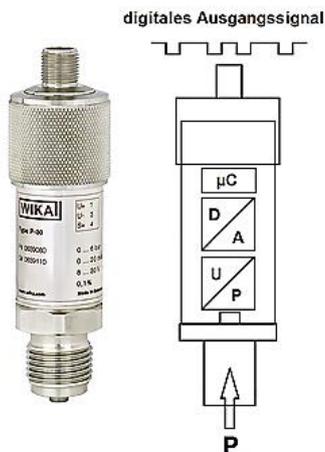


Abb. 50: Schaltungsbeispiel mit Stromschnittstelle<sup>36</sup>

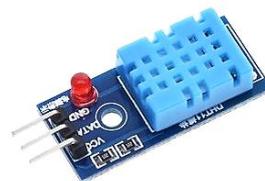
Oft werden Normsignale in Form eines Stromes (4 mA ... 20 mA) oder einer Spannung (0 V ... 10 V) generiert, welche einem Schreiber, einer Regeleinrichtung oder einer Anzeige zugeführt werden. In der Prozessautomation ist die analoge Stromschnittstelle (Current loop) nach wie vor beliebt. In explosionsgefährdeter Umgebung – aber auch anderswo – werden auch pneumatische Einheitssignale (0,2 bar ... 1 bar) verwendet. In Papierfabriken mit älteren Regelgeräten begegnet man noch immer pneumatischen Linienschreibern, Regeleinrichtungen und Stellgeräten.

### 7.4 Digitale Sensoren

Digitale Sensoren ermöglichen eine einfache und schnelle Parametrierung auch während des Betriebs.



a) Drucksensor mit digitaler Schnittstelle<sup>37</sup>



b) Temperatur- und Feuchtigkeitssensor



c) Temperatur-Datenlogger mit Flash-Memory

Abb. 51: Digitale Sensoren

<sup>36</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Stromschnittstelle>

<sup>37</sup> <https://www.computer-automation.de/feldebene/sensoren/digital-statt-analog.115820.html>

Digitale Sensoren mit integriertem Analog-Digital-Wandler ermöglichen die Anbindung an Bussysteme wie CANopen, Profibus oder USB. Damit ist die Weiterverarbeitung der Messwerte mit einem PC, Mikrocontroller oder einer PLC<sup>38</sup> möglich. Mittels IO-Link bspw. können solche Sensoren bidirektional über die Steuerung kommunizieren, d.h. dass die Messwerte des einen Sensors auch von einem anderen Sensor genutzt werden können.

Résumé: Binäre Sensoren sind einfach zu prüfen, entweder ist ein Spannungspegel vorhanden oder nicht. Bei normierten Analogsensoren für Stromsignale kann ein Multimeter in die Leitung eingeschlaucht werden. Bei anderen Signalformen wird es schwieriger, so dass auf die Herstellerunterlagen zurückgegriffen werden muss. Oft ist ausser dem DMM ein Oszilloskop nötig, um die Signale zu beurteilen. Qualitativ zufriedenstellende Zweikanal-Oszilloskope sind bereits unter 500 Euro erhältlich, so dass sich eine Beschaffung lohnt.

## 8 Aktorik

Unter Aktoren versteht der Fachmann Bauelemente, die bei ihrer Aktivierung eine bestimmte Verrichtung ausführen. Zu den Aktoren gehören Pneumatikzylinder, Wegeventile, Linearantriebe, Schrittmotoren, Schützen und Relais.

### 8.1 Ventile

#### 8.1.1 Magnetventile

Bei Magnetventilen ist nebst den mechanischen Abmessungen auf die Nennspannung und die Leistung zu achten. Auch die passende Steckerform (bei Ventilsteckern) ist wichtig.



Abb.52: 2/2-Wege Tellerventil mit Magnetspule 24 VDC



a) Bauform A



b) Bauform B

Um beim Austausch von Ventilspulnen keine unliebsamen Überraschungen zu erleben, ist ausser der Bauform auch die die Kontaktform (gerade oder an den Enden abgewinkelt) zu berücksichtigen.

Bei Waschmaschinen begegnen uns mehrere Ventile für die Wasserzufuhr und den Wasserablass, welche als Ursache eines fehlerhaften Waschzyklus in Frage kommen.

#### 8.1.2 Aqua-Stopp

Gelegentlich liegt es am *Aquastop*. Hierbei handelt es sich um ein integriertes Absperrventil mit Doppelmantelschlauch, das als Sicherheitsmechanismus dient. Der zentrale Schlauch

<sup>38</sup> PLC = Programmable Logic Controller; deutsch SPS = Speicherprogrammierbare Steuerung.

dient der Frischwasserzufuhr. Ist er beschädigt, so fließt das austretende Wasser im Aussenschlauch zum Sicherheitsventil, das sich daraufhin schließt und damit die Wasserzufuhr unterbricht.



Abb. 53: AquaStop mit Sicherheitsschlauch<sup>39</sup>

Im Vergleich zur "Schlauchplatzsicherung" funktioniert das Doppelmantelschlauchsystem auch bei kleineren Lecks einwandfrei.



Bei elektronischen Überwachungssystemen werden Feuchtigkeitssensoren an den zu überwachenden Stellen am Boden befestigt. Die Sensoren reagieren auf Wasser und bewirken bei einem Leck, dass ein Alarm ausgelöst und ein in die Wasserzuleitung eingebautes Magnetventil geschlossen wird.

## 8.2 Schütze und Relais

Schützen und Relais begegnet man häufig in elektrischen Steuerungen und Schaltanlagen.



Abb. 54: Motorschütz 3KW / AC3



Abb. 55a: Industriell-relais



Abb. 55b: Printrelais

Durch häufige Schaltvorgänge abgenutzte Kontakte sind vielfach der Grund für eine Maschinenstörung oder den Ausfall eines Elektromotors. Hilft Kontaktspray bei einem Relais nicht weiter, so muss dieses ersetzt werden. Bei Motorschützen sind die schadhaften Kontakte meist nicht regenerierbar. Ausser abgenutzten Kontakten ist ab und zu ein Unterbruch der

<sup>39</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Aquastop>

Spulenwicklung das verursachende Problem. Eine einfache Messung mit dem Multimeter verschafft Klarheit. Liegt es an der Spule, muss das Bauteil ersetzt werden. Dabei ist auf die Grösse der Nennspannung und auf die Art der Nennspannung (Gleich- oder Wechselspannung) zu achten.

Anm.: Dass selbst ein erfahrener Elektrofachmann in die Irre geleitet werden kann, hat der Schreiber während seiner beruflichen Tätigkeit als Elektroinstandhalter zur Genüge erfahren. Ein exemplarisches Beispiel belege diese Aussage.

In einer älteren und zu sporadischen Fehlfunktionen neigenden Steuerung für eine Verpackungsmaschine befanden sich etliche Relais mit unterschiedlichen Nennspannungen. Das allein wäre noch kein Grund für Irritationen gewesen. Verwirrend war jedoch, dass einige Relais durch Wechselspannung (AC), andere dagegen mit Gleichspannung (DC) erregt wurden. Es gab also Relais für 230 VAC, 24 VDC, 24 VAC und 36 VAC. In der "Hitze des Gefechts" (bei einem Maschinenstillstand muss alles rasch vonstatten gehen) waren somit Verwechslungen durchaus möglich. Später wurde die Relaissteuerung durch eine PLC (SPS) ersetzt.

Oft sind Industrirelais nur am Stecksockel beschriftet. Um Verwechslungen nach einer Entfernung und dem erneuten Wiedereinstecken auszuschliessen, ist es hilfreich, auch die Relais selbst zu beschriften.

## 9 Heizelemente

Heizelemente kommen in Stabform, als Heiztronen, Heizplatten, Manschetten oder Rohrheizkörper (Panzerstäbe) und weiteren Konstruktionsformen vor.

1) Besitzt das desolante Gerät eine elektrische Heizung wie bspw. ein Backofen, so wird diese im spannungslosen und kalten Zustand ohmisch durchgemessen. Meist lassen sich die Heizelemente nach dem Lösen einiger Schrauben oder Muttern herausziehen. Der Widerstandswert kann mehrere 100 Ohm betragen. Ohne Durchgang ist der Heizkörper defekt und muss ersetzt werden.



Abb. 56: Heizelemente

2) Auch wacklige Steckverbinder, korrodierte Kontakte und schadhafte Isolationen von Einzelleitern sind bei Heizungen vielfach die Ursache eines Ausfalls. Bei der Instandsetzung ist daher der Sichtkontrolle die gebührende Aufmerksamkeit zu schenken.

<sup>40</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Heizelement>

## 10 Elektrische Antriebe

Elektromotoren kommen in vielen Haushaltsgeräten und Elektrowerkzeugen vor. Die im Rahmen der Reparaturpraxis gebräuchlichsten Typen sollen nachfolgend näher betrachtet werden.

### 10.1 Universalmotoren

Transportable und mit einem Universalmotor betriebene Elektrowerkzeuge (Handbohrmaschinen, Handschleifmaschinen, Winkelschleifer) sind heutzutage in jedem Haushalt anzutreffen.

Beim Universalmotor handelt es sich um einen Einphasen-Reihenschlussmotor für Leistungen bis ca. 3 kW. Als Kommutatormotor besitzt dieser Motortyp zwei symmetrisch mit dem Anker (Rotor) in Reihe geschaltete Statorwicklungen.



Abb. 57: Universalmotor mit Lüfterrad

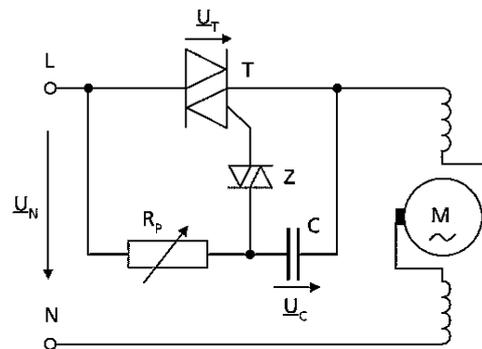


Abb. 58: Universalmotor mit Drehzahlsteller<sup>41</sup>

Charakteristisch für Universalmotoren sind die Kohlenbürsten und der Kommutator (auch Kollektor genannt).

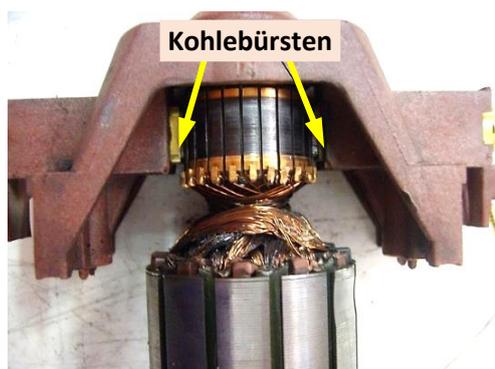


Abb. 59a: Kommutator eines Universalmotors<sup>42</sup>

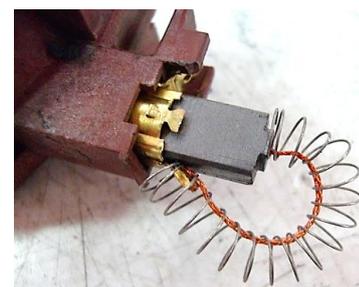


Abb. 59b: Kohlebürste beim Entfernen aus der Halterung

Bürsten wie auch Kommutator unterliegen einer von der Einsatzdauer abhängigen Abnutzung. Neue Kohlebürsten bekommt man im Elektrofachgeschäft, beim Grossisten oder in einer elektromechanischen Werkstatt. Vor dem Einsetzen ist zuerst der durch den Abrieb entstandene

<sup>41</sup> <https://www.turck-duotec.com/de/bericht/der-universalmotor-ein-antrieb-mit-vielen-moeglichkeiten.html>

<sup>42</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohleb%C3%BCrste>

Kohlenstaub auszublasen. Wer keinen Druckluftkompressor besitzt, nimmt eine handelsübliche Dose mit Druckluft zur Hand.



Abb. 60: Anker mit Kommutator zur Revision auf der Drehmaschine<sup>43</sup>

Während sich die Bürsten meist problemlos ersetzen lassen, wird dies bei einem funkensprühenden Kommutator schwieriger. Bei nur leichter Abnutzung hilft Bimsstein, bei starker Abnutzung muss die Oberfläche mit einem Drehstahl bearbeitet werden. Wer dazu in der Lage ist und das nötige Equipment besitzt, baut den Kommutator resp. Anker aus, um die Kupferlamellen zu "überdrehen". Nach dem Überdrehen müssen die Lamellenzwischenräume mit einem Stichel oder einem Dreikantschaber "ausgekratzt" werden. Grosse Kohlebürsten sollten mit Schleifleinen eingeschliffen werden.

## 10.2 Einphasen-Asynchronmotoren

Gelegentlich begegnet man einem Einphasen-Asynchronmotor – auch als "Anwurfmotor" bezeichnet. Um einen autonomen Anlauf zu ermöglichen, wird eine Hilfswicklung mit einem in Reihe geschalteten PTC-Widerstand verwendet. Dieser wird nach dem Hochlauf infolge der zunehmenden Erwärmung hochohmig und macht so die nicht länger benötigte "Hilfsphase" unwirksam.

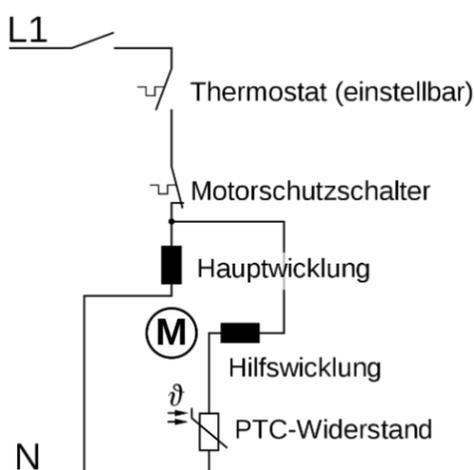


Abb. 61: Einphasen-Asynchronmotor<sup>44</sup>

Die Leistung des Einphasen-Asynchronmotors beträgt ca. 50 % eines gleich großen Dreiphasen-Asynchronmotors. Die niedrige Leistung hängt mit dem im Vergleich zu Dreiphasenmaschinen ungünstigen Wirkungsgrad zusammen, weil das Wicklungsvolumen konstruktionsbedingt nicht voll genutzt werden kann.

<sup>43</sup> <http://www.jenni-emb.at/image/hsc9267.jpg/view/de/>

<sup>44</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Wechselstrommotor>

Der Einphasen-Asynchronmotor enthält aufgrund seiner Beschaltung einige potentielle Fehlerquellen, darunter:

- Thermostat
- Hauptwicklung
- Hilfswicklung
- PCT-Widerstand
- Motorschutzschalter

Bei einem Motorstillstand bleibt uns nichts anderes übrig, als die einzelnen Komponenten ohmisch durchzumessen.

### 10.3 Kondensatormotoren

Häufig sind defekte Motoren die Ursache eines Stillstandes. Für den Antrieb von Kompressoren in kleineren Kälteanlagen (Kühlschränke, Gefriertruhen, Klimageräte), in Waschmaschinen, Rasenmähern sowie für Deckenventilatoren und Umwälzpumpen – um ein paar einschlägige Beispiele zu nennen – werden vielfach Kondensatormotoren mit getrennten Wicklungen verwendet.



Abb. 62a: Kondensatormotor

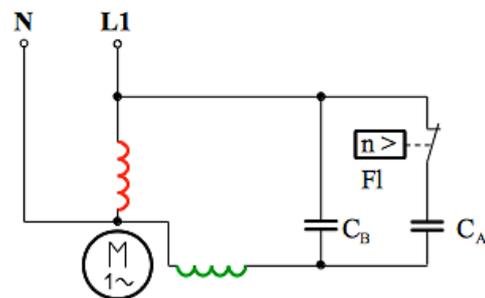


Abb. 62b: Schaltung mit Anlauf- und Betriebskondensator

Die Beschaltung eines Kondensatormotors ist nicht dieselbe wie bei Drehstrommotoren und demzufolge sieht auch das Motorklemmbrett anders aus.

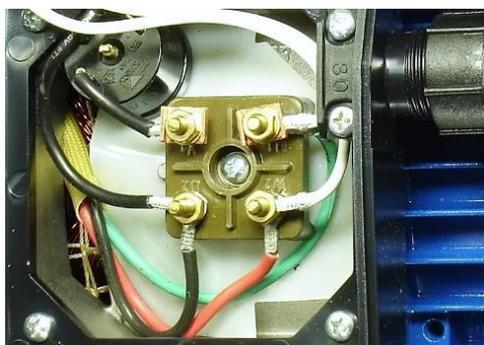


Abb. 63a: Klemmenbrett eines AC-Motors<sup>45</sup>

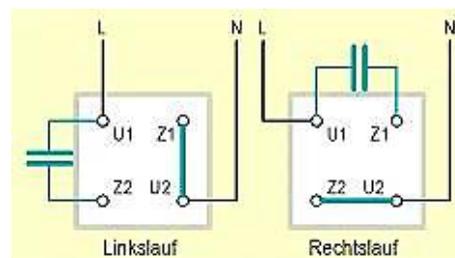


Abb. 63b: Anschlüsse und Beschaltung

<sup>45</sup> <https://info.elektro-kahlhorn.de/wechselstrommotor-anschlusse-identifizieren/>

a) Ist der Motor überlastet, so spricht nach einiger Zeit der Überstromschutz an und schaltet den Stromkreis aus. Einige Motoren sind mit einem integrierten Thermoschalter (Bimetallkontakt) ausgerüstet. Auch dieser kann für den Ausfall verantwortlich sein und sollte im Störfall auf seine Funktionsfähigkeit überprüft werden.

b) Gelegentlich kommt es zum Wicklungsunterbruch, so dass der Motor seine Funktion nicht länger zu erfüllen vermag. Die beiden Wicklungen von Kondensatormotoren werden mit einem Ohmmeter (Multimeter) durchgemessen. Die Widerstandswerte sind meist von unterschiedlicher Grösse.

c) Ein Problem entsteht auch bei einem defekten Anlaufkondensator (Motor läuft nicht an) oder bei einem defekten Phasenschieberkondensator (Motor läuft überhaupt nicht). AC-Motoren mit einem Anlaufkondensator besitzen einen Fliehkraftschalter, der nach dem Hochlauf den nicht länger benötigten Kondensator vom Netz trennt. Solche Schalter sind manchmal defekt.

Anm.: Bei Kondensatoren ist ausser der Kapazität die Spannungsfestigkeit relevant. Der Spitzenwert für eine sinusförmige Wechselspannung von 230 V beträgt  $\approx 325$  V. Zusammen mit einem Sicherheitszuschlag ergeben sich mindestens 400 V, die der Kondensator ertragen muss ohne Schaden zu nehmen. Auf diesen Aspekt ist insbesondere dann zu achten, wenn ein Kondensator ersetzt werden muss.

## 10.4 Spaltpolmotoren

### 10.4.1 Spaltpol-Asynchronmotoren

Ein Spaltpol-Asynchronmotor mit lamellierten ausgeprägten Polen, welche durch eine Spaltnut in Haupt- und Spaltpole geteilt sind, ist mechanisch sehr einfach konstruiert. Im Unterschied zum drehstromgespeisten Asynchronmotor läuft er mit einphasigem Wechselstrom. Der Rotor ist als Käfigläufer aus verschränkt angeordneten Rundstäben aufgebaut. Die Spaltpole sind von zwei bis drei Windungen aus Kupferdraht umschlossen, welche als "Hilfswicklung" dienen. Zusammen mit dem Hauptfeld bildet sich ein elliptisches Drehfeld aus, das den Rotor mitzieht.

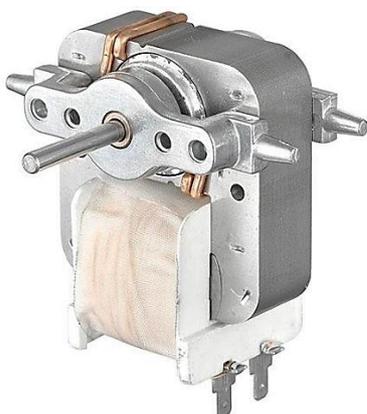


Abb. 64a: Spaltpolmotor

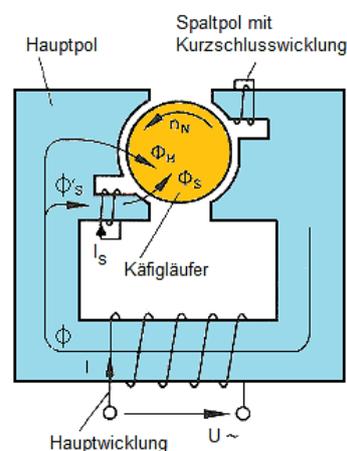


Abb. 64b: Prinzip des Spaltpolmotors<sup>46</sup>

<sup>46</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Spaltpolmotor>

Spaltpol-Asynchronmotoren werden als preiswerte Kleinmotoren mit geringen Leistungen bis etwa 300 Watt dort eingesetzt, wo kein hohes Anlaufmoment erforderlich ist (z.B. Schranklüfter, Laugenpumpen in Waschmaschinen usw.).

#### 10.4.2 Spaltpol-Synchronmotoren

a) Wird der Rotor aus einem magnetisch harten Werkstoff hergestellt, so laufen diese Motoren als Asynchronmotor an, um nach dem Hochlauf in die synchrone Betriebsart zu wechseln. Derartige Läufer werden auch *Hystereseläufer* genannt. Ein ähnliches Betriebsverhalten weist auch der *Reluktanzmotor* auf.

b) Langsamlaufende Spaltpolmotoren arbeiten als *Einphasen-Synchronmotoren*. Die durch das Ständermagnetfeld im Läufer ring induzierten Wirbelströme bewirken einen asynchronen Anlauf. Nach dem Hochlaufen bilden sich im Magnetwerkstoff des Läufers ausgeprägte Pole. Dadurch nimmt der Rotor die Drehzahl des Ständerdrehfeldes an und läuft synchron weiter.

Spaltpol-Synchronmotoren werden für kleine Leistungen bis etwa 3 W gebaut (z.B. für Plattenspielerantriebe, elektrische Wanduhren usw.).

### 10.5 Drehstrom-Asynchronmotoren

In vielen Geräten, Maschinen und Anlagen befinden sich Drehstrom-Asynchronmotoren (auch als Normmotoren bezeichnet). Größere Motoren ab ca. 4 kW werden oft mit einem Stern-Dreieck-Starter (eine Kombination aus drei Schützen) betrieben, um so den Anlaufstrom möglichst niedrig zu halten. Ohne diese Massnahme nimmt ein Normmotor das 6 bis 8-fache seines Bemessungstromes auf.

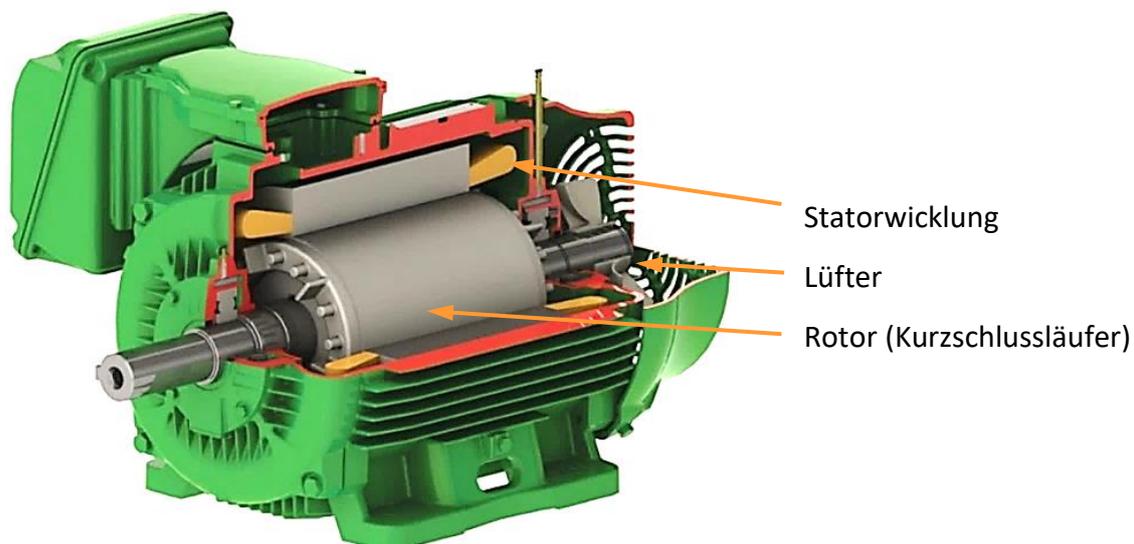


Abb. 65: Drehstrommotor (Schnittmodell)<sup>47</sup>

1) Prinzipiell kann ein Drehstrommotor in "Stern" oder in "Dreieck" betrieben werden.

a) Ist die Wicklung für 3x400 V bemessen, so wird der Motor in Dreieck geschaltet. Die nötigen Angaben zu Normmotoren befinden sich auf dem Typenschild.

<sup>47</sup> <https://www.blecher.de/>

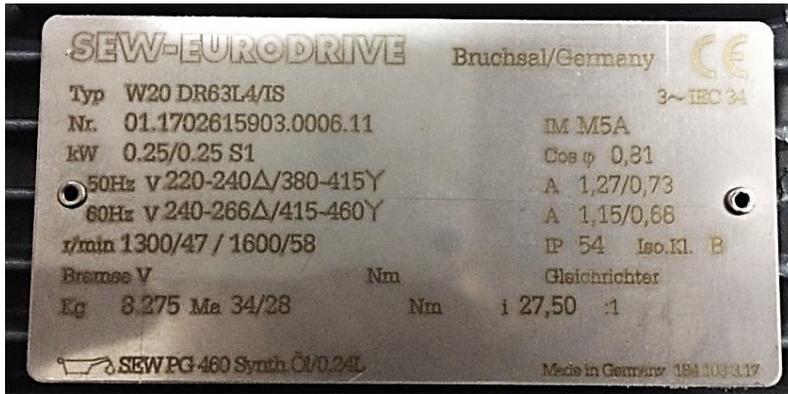


Abb. 66: Typenschild eines SEW-Normmotors

b) Bei Strangwicklungen für eine Bemessungsspannung von 3x230 V muss der Motor in Stern geschaltet werden. Ansonsten dauert es nicht lange (wenn nicht zuvor der Überstromunterbrecher auslöst), bis eine oder mehrere Wicklungen durchbrennen und eine Rauchwolke emporsteigt.

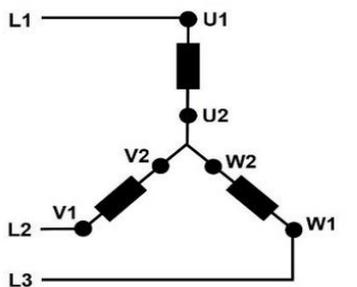


Abb. 67a: Sternschaltung

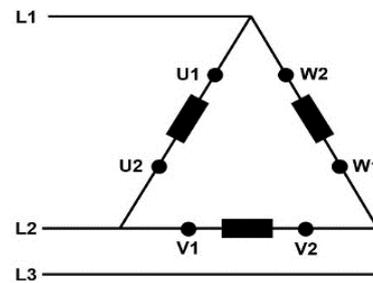


Abb. 68a: Dreieckschaltung

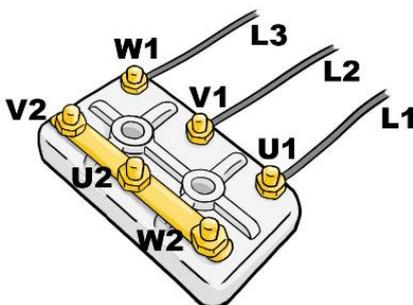


Abb. 67b: Klemmbrett in Sternschaltung<sup>48</sup>

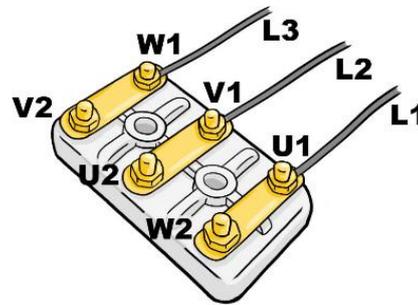


Abb. 68b: Klemmbrett in Dreieckschaltung

2) Die für den Betrieb mit drei Phasen konstruierten Asynchron-Normmotoren können zusammen mit einem Kondensator auch einphasig mit 230 V betrieben werden. Diese als "Steinmetzschaltung" bekannte Variante findet sich z.B. bei älteren Waschmaschinen oder bei Ventilatoren.

Ist der Kondensator (70 µF je 1 kW Motorleistung) defekt, so läuft der Motor nicht mehr an.

Die Leistung eines in Steinmetzschaltung betriebenen Drehstrommotors liegt bei etwa 80 % der Bemessungsleistung.

<sup>48</sup> <https://www.blecher.de/info/83/allgemein/glossar/>

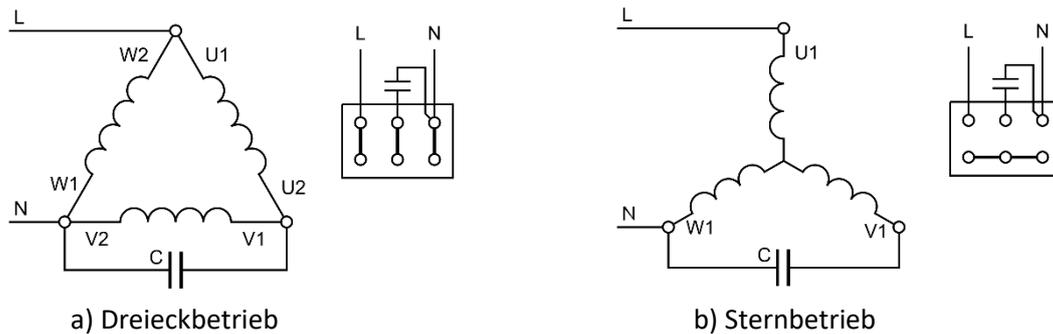


Abb. 69: Schaltung eines Drehstrommotors in Steinmetzschtaltung<sup>49</sup>

Die Dreieckschaltung wird bevorzugt; die Wicklungen müssen dazu für 400 V ausgelegt sein.

Anm.: Bei einem intakten Kondensator darf bei einer Überprüfung mit einem analogen Multimeter (Widerstandsmessung) nur ein kurzer Zeigerausschlag erfolgen. Erfolgt kein Ausschlag, ist in der Regel ein Unterbruch vorhanden. Zeigt das Messgerät einen fluktuierenden Wert im k $\Omega$ -Bereich an, so liegt ein mehr oder weniger satter Schluss zwischen den Kondensatorbelägen vor. So oder so muss der Kondensator ersetzt werden. Geeignete Ersatzteile findet man bei Conrad Electronic, Distrelec oder Reichelt Elektronik (siehe Verweise im Anhang).

Vorgehen bei der Fehlersuche:

a) Bei Verdacht auf einen Wicklungsschaden werden zuerst die einzelnen Stränge ohmisch auf Durchgang überprüft (U1 nach U2, V1 nach V2, W1 nach W2). Wichtig ist, dass für alle drei Wicklungen in etwa derselbe Wert im Low-Ohm-Bereich resultiert (bspw. 4,2  $\Omega$ , 4,1  $\Omega$  und 4,15  $\Omega$ ). Bei zu grossen Unterschieden stimmt etwas nicht.

b) Alternativ zu einer Low-Ohm-Messung kann die Stromaufnahme des Motors gemessen werden. Mit Vorteil benutzt man dafür eine Stromzange (Clampmeter). Solche Instrumente, die auch Spannungs- und Widerstandsmessungen ermöglichen, gibt es bereits für unter 100 Euro.

c) In einem weiteren Schritt wird der Isolationwiderstand gemessen. Dazu wird ein Isolations-



Abb. 70: Strommessung mit Stromzange

tester mit einer Prüfspannung von min. 500 VDC (besser sind 1'000 Volt) benötigt. Eine Prüfklemme (COM) wird an Masse (Schutzleiter oder Gehäuse) gelegt. Danach werden einzeln die Strangwicklungen gegen Masse ausgemessen, indem die zweite Prüfklemme (Prüfpitze) an die Motorklemmen (U1, V1, W1) gelegt und eine Messung ausgelöst wird. Zeigt das Messgerät weniger als 1 M $\Omega$  an, so ist die Wicklung aller Erfahrung zufolge beschädigt und der Motor muss zum

Elektromaschinenbauer in die Reparatur. Wer fachlich befähigt ist, Motoren selbst zu wickeln, sollte dies natürlich tun; dies dürfte aber für die wenigsten Leser zutreffen (auch der

<sup>49</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Steinmetzschtaltung>

Schreibende ist dazu leider nicht in der Lage).

## 10.6 Mechanische Motorprobleme

Ausser elektrisch und elektronisch bedingten Ausfällen sind oft mechanische Ursachen das eigentliche Problem, darunter:

- abgenutzte Wälzlager
- verformte Passfeder
- ausgeschlagene Keilnut
- schadhafte Keilriemen
- beschädigtes Flügelrad
- ausgebrochenes Motorklemmbrett
- beschädigte Welle (Ermüdungsbruch)

a) Ein beschädigtes Flügelrad oder ein ausgebrochenes Klemmbrett bekommen wir beim lokalen Elektromaschinenbauer.

b) Auch eine neue Welle kann beschafft werden. Federkeile (Passfedern) finden wie bei Brütsch-Rüegger oder Conrad Electronic. Wenn wir Eigentümer einer Drehmaschine und im Besitze des passenden Stahls (z.B. C 45) sind, drehen wir die Ersatzwelle – unter Beachtung der üblichen Toleranzen – auf Maß.

c) Etwas schwieriger wird es bei einer ausgeschlagenen Keilnut (insbesondere dann, wenn es sich um eine Innenkeilnut handelt). Bei der für eine massive Welle üblichen Aussenkeilnut können wir es mit Fräsen versuchen – vorausgesetzt, wir haben eine Fräsmaschine in unserer Werkstatt.

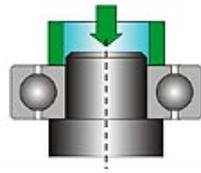
### 10.6.1 Ersetzen von Wälzlagern

1) Defekte Lager wiederum lassen sich meist problemlos ersetzen; dafür benötigen wir lediglich passendes Werkzeug, darunter:

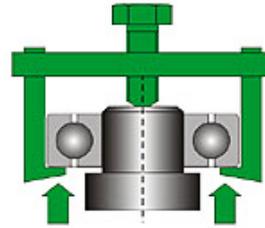
- Abziehwerkzeuge
- Einbauwerkzeuge
- Anwärmgerät

Anstelle eines Anwärmgerätes tut es auch ein altes Rechaud mit regelbarer Kochplatte. Die Temperatur darf aber nicht zu hoch sein. Die Temperierung erfolgt deswegen, damit sich das durch die Wärmezufuhr ausdehnende Lager leichter auf die Welle schieben lässt.

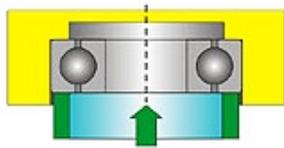
Vermutlich bekommen wir es als Heimwerker nicht oft mit defekten Wälzlagern zu tun, so dass anstelle von ausgesuchtem Profiwerkzeug auch geeigneter Ersatz hilft. Anstelle eines kompletten Satzes von Einbauwerkzeugen können wir auch einen Schonhammer (Nylonhammer) und ein passendes Rohrstück als Treiber verwenden. Muss das neue Lager lediglich auf einen Wellenzapfen geschoben werden, darf der Treiber nur am Innenring aufliegen. Wird das Lager in einen Gehäusesitz eingepresst, so liegt der Treiber am Aussenring auf, damit keine Kräfte über die Wälzkörper geleitet werden.



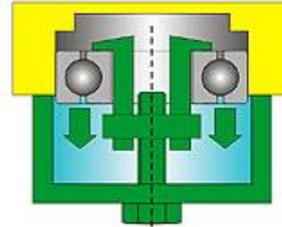
a) Montage mit Kraft am Innenring



c) Demontage mit Aussenabzieher



b) Montage mit Kraft am Aussenring



d) Demontage mit Innenabzieher

Abb. 71: Wälzlagermontage und - demontage

2) Um bei einem Elektromotor an die Lager zu gelangen, wird zuerst die Abdeckhaube des Lüfterrades entfernt. Das Lüfterrad sitzt auf dem kürzeren Ende der Motorwelle und ist möglicherweise mit einer "Madenschraube" (Innensechskantschraube) oder einem Schwerspannstift fixiert. Mit dem Dreiarmsabzieher kann es von der Welle gezogen werden. Bei starker Korrosion muss die Welle zuvor mit Entroster und Schleifband bearbeitet werden.

Auf der Antriebsseite der Motorwelle sitzt oft eine Riemenscheibe, die auf ähnliche Weise wie das Lüfterrad entfernt wird. In Abb. 73 ist anstelle einer Riemenscheibe ein Aufnehmer für das Sägeblatt erkennbar. In der Regel sind zur Fixierung eine Passfeder (auch Federkeil genannt) sowie ein oder zwei Madenschrauben vorhanden. Danach werden die Lagerschilde demonstert und der Rotor herausgenommen. Jetzt lassen sich die Wälzlager ersetzen.

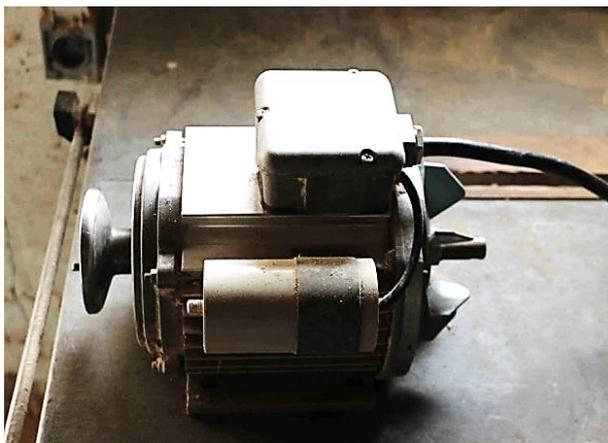


Abb. 72: Kondensatormotor einer Tischkreissäge<sup>50</sup>



Abb. 73: Lüfterrad

Wichtig bei Demontagen ist, dass die einzelnen Bauteile übersichtlich und in der Reihenfolge des Ausbaues auf einer sauberen Unterlage angeordnet werden.

<sup>50</sup> <http://motorsaegen-portal.de/viewtopic.php?f=1&t=104997>

Auch Handyfotos oder eine simple Handskizze sind hilfreich, wenn es nach erfolgter Instandsetzung um den Zusammenbau der einzelnen Komponenten geht. Am Schluss darf keine Schraube übrig bleiben.



Abb.74: Ordnung muss auch bei der Demontage sein<sup>51</sup>

Anm.: Der Schreibende bekam eines Tages von einer betagten Dame einen grossen Wohnzimmer-schrank aus gebeiztem Nussbaum zum Geschenk. Für den Transport musste der Schrank in seine Einzelteile zerlegt werden. Für sämtliche Schrauben und Verbindungselemente waren zwei mittel-grosse Blechbüchsen erforderlich. Nach dem Zusammenbau, der sich als schwieriger als erwartet erwies, blieben eine Handvoll Schrauben übrig. Dem Zusammenhalt des Schrankes tat dies zwar keinen erkennbaren Abbruch. Trotzdem blieb ein unbefriedigendes Gefühl zurück.

### 10.6.2 Riementriebe

Auch Treibriemen sind der Abnutzung unterworfen und müssen nach einer gewissen Betriebszeit ersetzt werden. Allgemein unterscheiden wir kraftschlüssige Riementriebe mit Flach-, Keil- oder Rundriemen von formschlüssigen Riementrieben mit Zahnriemen.



Abb. 75a: Kraftschlüssige Riementriebe



Abb. 75b: Formschlüssiger Riementrieb

Folgende Aspekte sind bei der Montage unbedingt zu berücksichtigen:

<sup>51</sup> Ebenda.

► Riemen dürfen nie mit Gewalt oder mittels einem Werkzeug (Schraubenzieher, Stemmeisen usw.) über den Scheibenrand gedrückt werden. Ausgenommen von dieser Vorschrift sind sog. Elastriemen (vielfach bei Kraftfahrzeugen verwendet), die sich nur mittels Werkzeug resp. Montagekit auflegen lassen.

► Bei Riemensätzen sind immer längengleiche Riemen desselben Herstellers zu verwenden. Gebrauchte und neue Riemen dürfen nicht im selben Satz verwendet werden.

► Die durch den Hersteller festgelegte Riemenspannung ist einzuhalten, um den erforderlichen Kraftschluss zwischen Riemen und Scheibe zu erzielen.

a) Eine überhöhte Spannung führt infolge übermässiger Beanspruchung zum vorzeitigen Ausfall des Riemens oder eines Lagers. Auch eine Durchbiegung der Welle ist möglich. Nach einer Einlaufzeit sollte die Spannkraft nochmals gemessen und ggf. nachjustiert werden.

b) Riemen mit unzureichender Spannung rutschen durch und erwärmen sich, wodurch der Schlupf zunimmt. Schliesslich kommt es zu bleibenden Schäden an den Riemenflanken.

#### 1) Vorgehensweise bei der Riemenmontage:

Zunächst wird die verstellbare Riemenscheibe auf den kleinsten Achsabstand eingestellt, um dadurch das Auflegen der Riemen zu erleichtern. Nach dem Auflegen ist der Antrieb zu spannen, bis die Riemen fest in den Rillen sitzen. Danach wird einige Umdrehungen ohne Belastung gedreht, damit die Riemen sich "setzen" können. Schliesslich wird nochmals die Ausrichtung der Riemenscheiben überprüft.

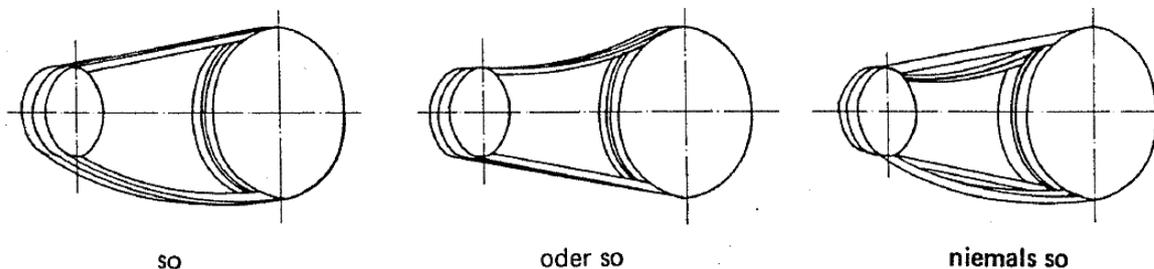


Abb. 76: Keilriemenmontage<sup>52</sup>

Mit einem mechanischen Spannkrafttester oder einem elektronischen Riemenspannungsmessgerät lässt sich die erforderliche Vorspannung auf einfache Weise bestimmen.

Die Vorspannung lässt sich auch ohne Messgeräte überprüfen.

a) Über die Eindringtiefe des Trums wird die statische Trumkraft berechnet. Die Angaben des Herstellers (z.B. Optibelt, Technisches Handbuch) sind dazu erforderlich.

b) Eine zweite Methode bestimmt über den Schlupf die korrekte Riemenspannung. Dazu werden an Antriebs- und Abtriebsscheibe die Drehzahlen im Leerlauf und unter Belastung gemessen. Bei Nennbelastung und genügender Vorspannung soll der Schlupf 1 % nicht überschreiten.

<sup>52</sup> Werkstatthandbuch über Keilriemenantriebe (René Baer AG, Antriebstechnik).

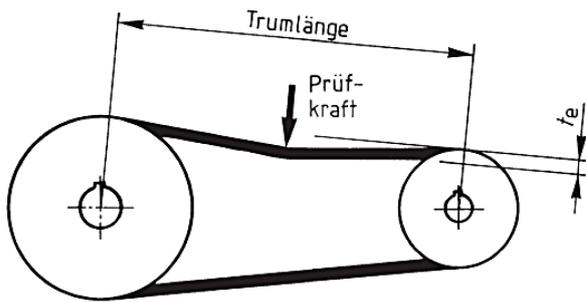


Abb. 77: Ermittlung der Riemen Spannung

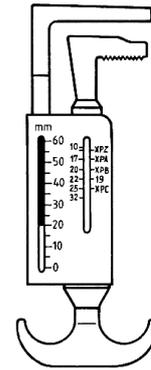


Abb. 78: Mechanisches Trum-Meter<sup>53</sup>

Die freien Riemenabschnitte bezeichnet man als "Trum". Wir unterscheiden den ziehenden Trum (Lasttrum) vom gezogenen Trum (Leertrum).

2) Beim Riemenwechsel ist ferner auf eine korrekte Ausrichtung (Fluchtung) der Riemenscheiben zu achten.

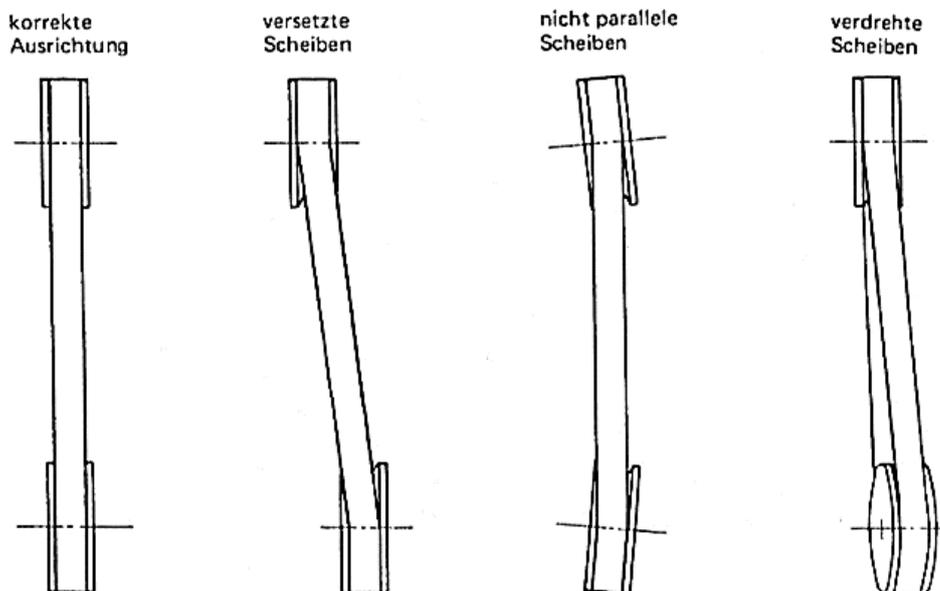


Abb. 79: Scheibenausrichtung<sup>54</sup>

Bei formschlüssigen Riementrieben kommt es bei mangelhaft ausgerichtetete Scheiben zum Schleifen der Zahnriemen an den Bordscheiben, so dass ein erhöhter Riemenverschleiss die Folge ist.

<sup>53</sup> Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG: Schulungsunterlagen Instandhaltung.

<sup>54</sup> Werkstatthandbuch über Keilriemenantriebe (René Baer AG, Antriebstechnik).

## 11 Antriebsregeler

### 11.1 Gleichstromsteller

In älteren Anlagen und Maschinen finden sich Gleichstromantriebe, die mit einem Gleichstromsteller (Thyristor-Regler) betrieben werden. In der Regel werden Nebenschlussmotoren verwendet, die mit separaten Spannungen für Feld und Anker arbeiten. Für die Drehzahlregelung bei voller Leistung erzeugt der Regler eine vom Istwert abhängige Ankerspannung, während die Feldspannung konstant bleibt.

Einen defekten Gleichstromsteller prüfen wir nach dem Ausbau an unserem Prüfplatz. Ist nur die Feldspannung vorhanden, könnte der Thyristor für die Ankerspannung defekt sein. Ist die Ankerspannung vorhanden, aber kein Feld, so könnte ein Gleichrichter defekt sein. Der Fehlermöglichkeiten sind gewiss viele, aber ab und zu gelingt uns ein Erfolgserlebnis, indem wir das schadhafte Bauteile aufspüren und ersetzen. Um bei der Fehlersuche erfolgreich zu sein, sollten wir die Beschaltung von DC-Nebenschlussmotoren kennen.

### 11.2 Frequenzumrichter

Für eine stufenlose und dynamische Frequenzregelung werden Normmotoren mit einem Frequenzumrichter (FU) betrieben.

1) Bei einem Stillstand muss zuerst geklärt werden, ob die Störungsursache beim Motor oder beim Umrichter liegt. Drehstrommotoren werden wie bereits beschrieben geprüft. Wichtig ist, dass der Umrichter nach Entfernung des Gehäuses nicht am Netz liegt oder automatisch eingeschaltet werden kann. Zur eigenen Sicherheit werden deshalb die Versicherungen entfernt.



Abb. 80: Frequenzumrichter für Schalanlageneinbau

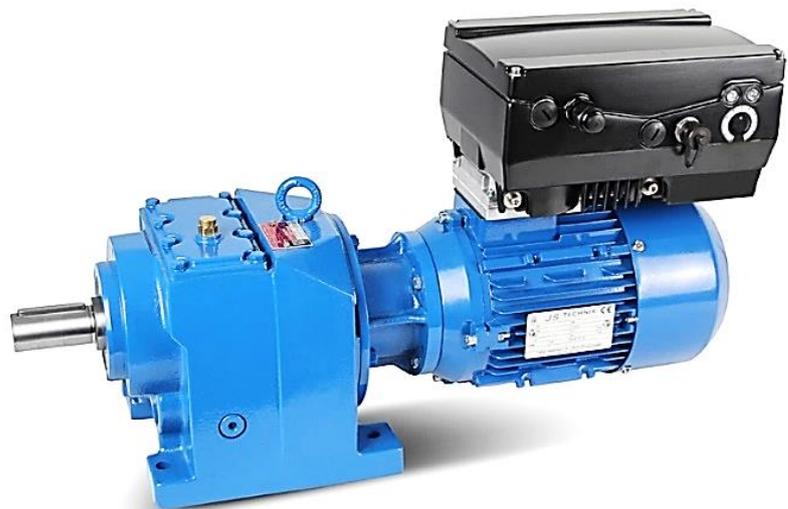


Abb. 81: Getriebemotor mit aufgeflosschem Frequenzumrichter

2) Kann der Motor als Fehlerquelle ausgeschlossen werden, muss der Frequenzumrichter näher inspiziert werden. Das bedeutet noch nicht, dass der Umrichter defekt ist. Oft liegt es an der Ansteuerung bzw. Freigabe. Ein Stromlaufschema erleichtert die Suche.

Frequenzumrichter für kleine bis mittlere Leistungen werden meist als "Zwischenkreisum-

richter" konstruiert und bestehen prinzipiell aus einem netzseitigen Eingangsgleichrichter, dem Zwischenkreis und einem Wechselrichter für die ausgangsseitige Motorspannung.<sup>55</sup>

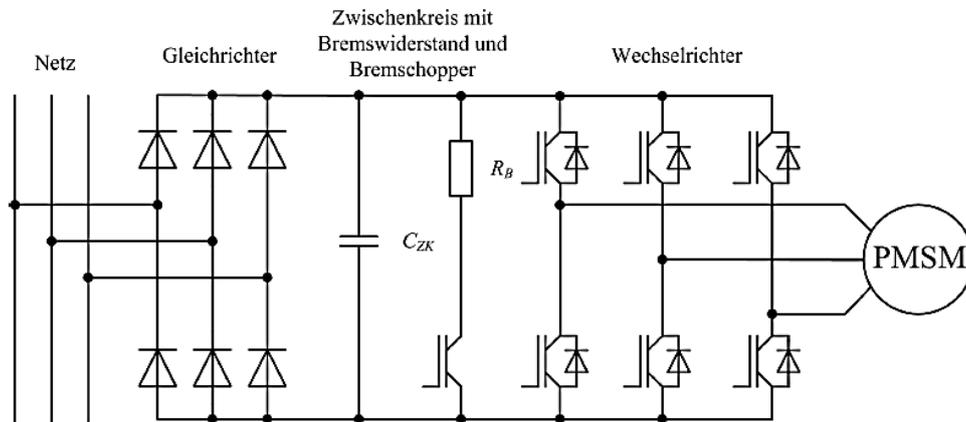


Abb. 82: Leistungsteil eines Zwischenkreis-Frequenzumrichters  
(Gleichrichterdioden im Eingangskreis- und IGBT's im Ausgangskreis)

Anm.: Für hochdynamische Regelungen mit Frequenzumrichtern werden vielfach Permanentmagnet-Synchronmotoren (PMSM) eingesetzt. Weil der Rotor synchron mit dem Drehfeld umläuft, existiert im Unterschied zum Drehstrom-Asynchronmotor kein lastabhängiger Schlupf. Ein weiterer Vorteil des PMS-Motors ist, dass er auch aus dem Stand heraus unter Last anfahren kann.

Anm.: Oben haben wir den Leser explizit darauf hingewiesen, dass Drehstrommotoren aufgrund der Wicklungsbeschaffenheit in Stern oder in Dreieck betrieben werden. Eine Ausnahme von diesem Grundsatz besteht bei Motoren kleiner Leistung, die an einem Frequenzumrichter für 230 VAC betrieben werden. Dieser liefert am Ausgang nämlich 3 x 230 V. Ein Normmotor für 230/400 V, welcher normalerweise im Stern läuft, bekäme damit eine zu geringe Strangspannung von  $230 \text{ V} / \sqrt{3} = 133 \text{ V}$ . Damit wäre seine Leistung nur ein Drittel der regulären Bemessungsleistung und möglicherweise entstünde dadurch ein Problem. Bei diesem Sonderfall muss der ansonsten für Sternbetrieb vorgesehene Motor in Dreieck betrieben werden.

Ein schadhafter Brückengleichrichter im Eingangskreis, ein defekter Kondensator im Zwischenkreis oder ein defekter Halbleiter im Ausgangskreis sind als Störungsursache durchaus denkbar. Oft gibt uns bereits der Fehlercode auf dem FU-Display den entscheidenden Hinweis.

a) Einen Zwischenkreis-Kondensator können wir problemlos ausmessen. Zuvor muss aber sichergestellt sein, dass keine Restladung vorhanden ist. Mit einem 1 kΩ Widerstand überbrücken wir deshalb während 2 Sekunden die beiden Pole. Damit ist gewährleistet, dass der Kondensator entladen und keine gefährliche Berührungsspannung vorhanden ist. Zum Halten des Widerstandes benutzen wir eine isolierte Spitz- resp. Flachrundzange (auch "Storchschnabelzange" genannt). Danach lösen wir einen der beiden Leiter und prüfen den Kondensator mit einem Multimeter (kΩ-Bereich) auf Unterbruch oder Kurzschluss.

b) Leistungshalbleiter im Eingangskreis überprüfen wir mit der Diodenprüffunktion des Multimeters.

c) Steuerbare Halbleiterbrücken im Ausgangskreis werden aus Power-MOS-FET's oder IGBT's

<sup>55</sup> Weitere Hinweise zu Frequenzumrichtern unter: [http://chsunier.ch/Technik/03\\_Elektro/elektrotech.htm](http://chsunier.ch/Technik/03_Elektro/elektrotech.htm)

realisiert.<sup>56</sup> Bei ausgebauten Module lassen sich die Halbleiter einzeln auf ihre Schaltfunktion prüfen. Bei Hochleistungsumrichtern im Megawatt-Bereich (z.B. für Tiegelöfen in Giessereien) kommen wassergekühlte Thyristoren zum Einsatz; damit haben wir als Heimwerker aber kaum etwas zu tun.

Lässt sich ein Leistungshalbleiter, z.B. ein Thyristormodul, ausbauen, so können wir eine Versuchsschaltung mit einer Glühlampe als Lastwiderstand aufbauen. Ohne Zündimpuls sperrt der Thyristor den Strom. Leitet er auch ohne Zündung, so liegt ein Kurzschluss vor. Leitet er überhaupt nicht, so besteht ein Unterbruch.



Abb. 83a: Thyristormodul



Abb. 83b: Leistungsthyristor

Zur Einspeisung und Ansteuerung eines Halbleiters benötigen wir unsere Prüftafel. Noch besser geeignet ist ein Prüfgerät, das sich ohne grossen Aufwand im Selbstbau herstellen lässt.

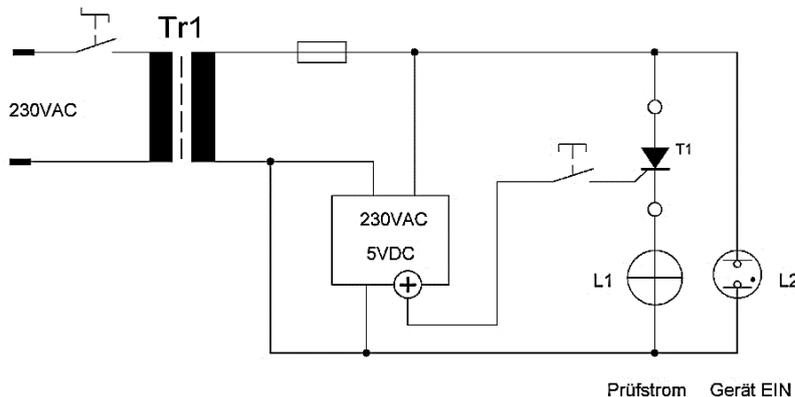


Abb. 84: Thyristor-Prüfschaltung

d) Befindet sich der Fehler in der Signal- und Regelelektronik, so können wir als Heimwerker meist nicht mehr viel tun. Moderne Schaltungen sind zudem in SMD-Technik gefertigt. Dies benötigt nicht nur spezielle Werkzeuge, sondern auch ein detailliertes Schaltungslayout, welches die Hersteller nur ungern an Dritte aushändigen. Leider ist nicht alles mit vernünftigem Aufwand reparierbar; diese betrübliche Erfahrung bleibt uns auch als Heimwerker nicht erspart.

<sup>56</sup> MOS-FET → <https://de.wikipedia.org/wiki/Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor>  
IGBT → [https://de.wikipedia.org/wiki/Bipolartransistor\\_mit\\_isolierter\\_Gate-Elektrode](https://de.wikipedia.org/wiki/Bipolartransistor_mit_isolierter_Gate-Elektrode)

## 12 Beleuchtungsmittel

- LED-Leuchten
- Halogenleuchten
- Leuchtstofflampen
- Dimmbare Stehleuchten

### 12.1 Glüh- und Halogenlampen

Bei Glüh- und Halogenlampen ist es einfach. Irgendwann brennt die Glühwendel durch und die Lampe muss ersetzt werden. Lose Drähte in Abzweigdosen oder Schaltern sind in Betracht zu ziehen, wenn unseren Bemühungen trotz neuem Leuchtmittel kein Erfolg beschieden ist.

Anm.: Glühlampen sind im EU-Raum seit einigen Jahren verboten. Seit September 2018 dürfen auch Halogenlampen nicht länger verwendet werden. Alle Hoch-Volt-Lampen mit den Sockeln E14, E27 und GU10 müssen durch LED-Lampen ersetzt werden, die wesentlich weniger Strom benötigen. Einige Halogenlampen, für die noch kein Ersatz gefunden wurde, sind weiterhin gestattet. Dazu gehört bspw. die Halogen-Stublampe mit Sockel R7 (wie solche häufig in Stehleuchten anzutreffen sind).

Für Stehleuchten sind Halogen-Stublampen nach wie vor erlaubt und auch im Handel erhältlich. Kommen Halogenlampen, Netzkabel und Netzstecker als Fehlerursache nicht in Frage, so liegt es vermutlich am "Dimmer". Solche mit einem Triac betriebene Phasenanschnittsteuerungen finden wir auch in vielen Handbohrmaschinen. Findet sich kein Originalteil, so bauen wir einen Ersatzdimmer in ein Gehäuse ein und montieren dieses an der Stehlampe.



Abb. 85a: Einbaudimmer für Tasterbetätigung

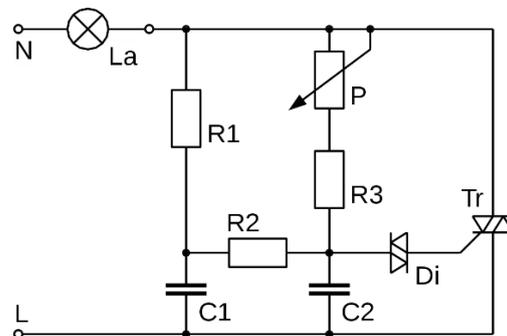


Abb. 85b: Einfache Dimmerschaltung mit einem Triac (Tr) und einem Diac (Di)

### 12.2 Leuchtstoffröhren und LED-Röhren

Bei Leuchten mit Leuchtstoffröhren wird es im Störfall bereits schwieriger. Ist die Röhre defekt oder der Starter? Nur das Auswechseln der Bauteile erbringt hier Gewissheit. Liegt es nicht an Röhre und Starter, so ist meist das Vorschaltgerät defekt. Dies manifestiert sich manchmal durch einen unangenehmen und beissenden Geruch. Bei Leuchtstofflampen, die ausser der Drossel einen Kondensator für Blindleistungskompensation enthalten, muss auch dieser in die Fehlersuche miteinbezogen werden. Bevor das Vorschaltgerät ersetzt wird, überprüfen wir

zuerst, ob keine losen Drähte zu erblicken sind.

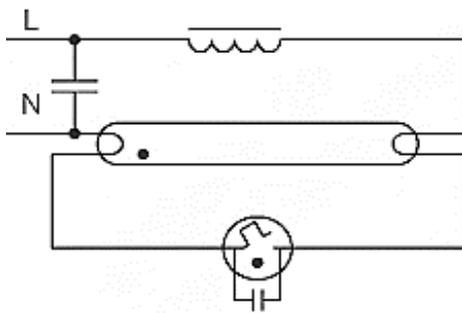


Abb. 86: Leuchtstofflampe mit konventionellem Vorschaltgerät

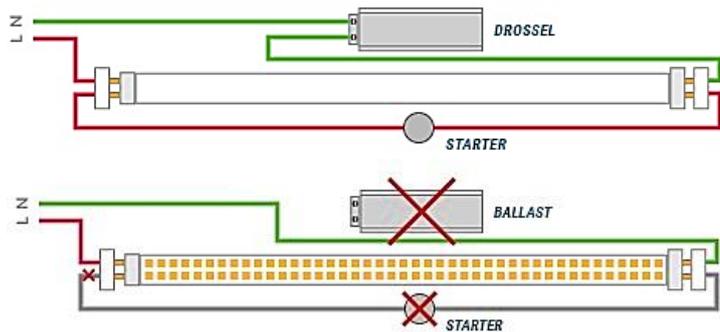


Abb. 87: Umbau auf T8 LED-Röhre

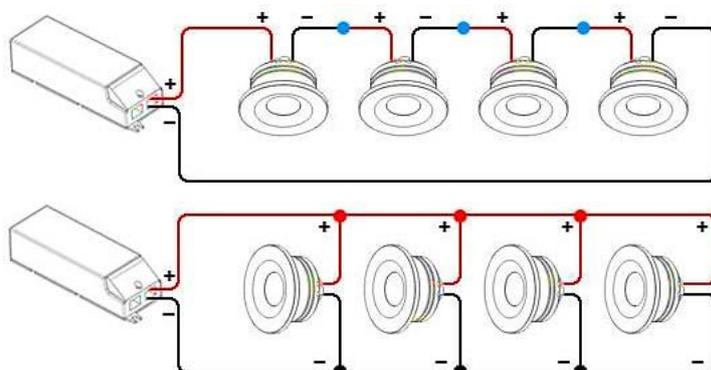
Beim Umbau einer Leuchtstofflampe auf eine LED-Röhrenleuchte werden Vorschaltgerät und Starter nicht länger benötigt und können daher entfernt werden. Dabei ist zu beachten, dass der mit dem Polleiter (L) verbundene Sockel an seinem freien Ende Spannung führt!

### 12.3 LED-Leuchten

1) Bei den mit Kleinspannung betriebenen LED-Leuchten prüfen wir zunächst, ob es sich um eine Serieschaltung oder um eine Parallelschaltung handelt.

Bei LED-Drivern mit Konstantstromausgang wird in Serie geschaltet, bei LED-Drivern mit Konstantspannungsausgang parallel. Ist in der Serieschaltung eine Lampe defekt, so leuchtet keine der Lampen. Bei Parallelschaltung leuchten die intakten Lampen, während die defekte dunkel bleibt.

Sind alle Leuchten funktionsfähig, so überprüfen wir den LED-Driver resp. das LED-Netzteil. Fehlt die Eingangsspannung (230 VAC), so wurde vermutlich der Überstromunterbrecher im Wohnungsverteiler ausgelöst, was auf einen schadhafte LED-Driver hindeutet. In diesem Fall löst der Überstromunterbrecher bei Aktivierung vermutlich wieder aus. Fehlt nur die Ausgangsspannung, so liegt es mit Sicherheit am defekten LED-Driver.



a) Serieschaltung für LED-Driver mit Konstantstromausgang (CC)  
 350 mA, 500 mA, 700 mA, 1050 mA

b) Parallelschaltung für LED-Driver mit Konstantspannungsausgang (CV)  
 12 VDC, 24 VDC

Abb. 88: LED-Leuchten-Installation<sup>57</sup>

2) Es sind auch Trafos von Halogen-Leuchten im Einsatz, die auf der Sekundärseite eine

<sup>57</sup> <https://www.dmlights.de/help/beleuchtung/was-ist-serien-und-parallelschaltung/>

Wechselspannung abgeben. Der versierte Heimwerker studiert bei Unklarheiten die Leistungsangaben auf dem Trafo oder Driver, bevor er sich ans Messen macht – eingedenk des alten Elektrikerspruches: "Wer misst, misst Mist!"

## 13 HLKK-Anlagen

- Oelfeuerungen
- Wärmepumpen
- Wärmespeicher
- Klimageräte
- Kälteanlagen

An HLKK-Anlagen<sup>58</sup> sollte sich nur ein ausgewiesener Fachmann zu schaffen machen. Wer sich beruflich damit befassen muss (bspw. als Kältesystem-Monteur, Gebäudeautomatiker oder Fachmann für Wärmesysteme), besitzt bereits ein Grossteil der erforderlichen Kenntnisse. Um Fehler fachmännisch zu eliminieren, benötigt auch der Heimwerker ein fundiertes Wissen der funktionalen Zusammenhänge einer Anlage. Hinzu kommen Kenntnisse der Steuerungs- und Regelungstechnik, der technischen Thermodynamik und der Hydraulik. Wer solche Kenntnisse besitzt, darf sich auch an eine komplexe Anlagen wie bspw. eine Wärmepumpe oder eine Klimaanlage heranwagen.

Wissen allein ist nicht alles, es werden auch praktische Kenntnisse und Fähigkeiten (bspw. im Hartlöten von Kuperleitungen) abverlangt. Werden Kältemittel abgepumpt oder ersetzt, ist zudem eine Fachbewilligung erforderlich. Auch das Führen resp. Nachführen eines Wartungsheftes oder das Erstellen einer Meldekarte bei Kälteanlagen gehört in diese Kategorie. In Globo müssen die rechtlichen Voraussetzungen eingehalten werden.<sup>59</sup> Aus diesem Grunde ist es – ungeachtet vorhandener Fähigkeiten und Kenntnisse – nicht immer ratsam, in eine störbehaftete Anlage oder in ein defektes Gerät aktiv einzugreifen.

## 14 Sonstige Anlagen

- Pool-Anlagen
- Sauna-Anlagen
- Garagentor-Antriebe
- Photovoltaik-Anlagen

### 14.1 PV-Anlagen

Im Prinzip gilt das in Kap. 13 Gesagte auch hier. Wer sich an Photovoltaikanlagen zu schaffen macht und nicht aus der Elektrobranche stammt, benötigt in der Schweiz eine Anschlussbewilligung nach Art. 15 NIV.<sup>60</sup> So will es das Gesetz.

---

<sup>58</sup> HLKK = Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Kältetechnik.

<sup>59</sup> Verordnung des UVEK über die Fachbewilligung für den Umgang mit Kältemitteln. Erlangt wird die Fachbewilligung durch das Ablegen einer Fachprüfung.

<sup>60</sup> NIV = Niederspannungs-Installationsverordnung.

In Globo handelt es sich bei einer PV-Anlage um eine komplexe Anlage, die unterschiedliche Spannungsebenen und Systembereiche enthält. Dass nur einer "befähigten Person" Eingriffe in die elektrischen Betriebsmittel gestattet sind, liegt somit auf der Hand.

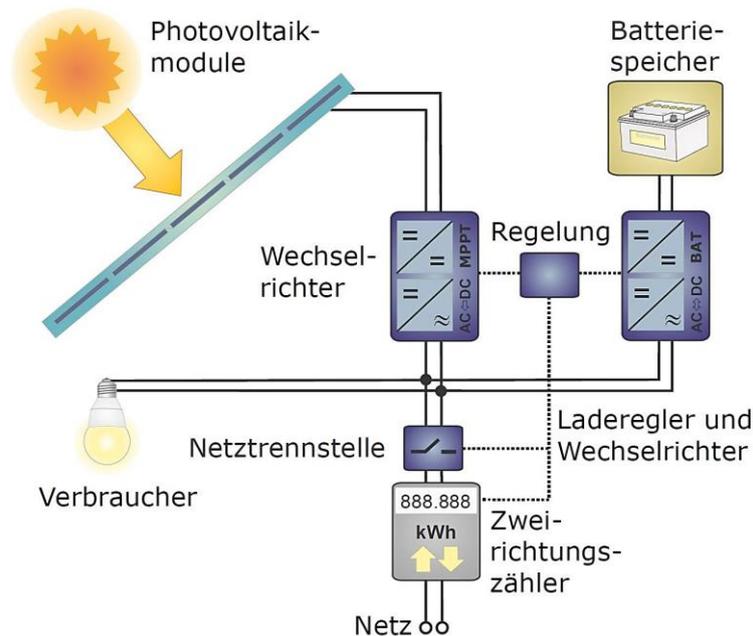


Abb. 89: Prinzipschema einer PV-Anlage mit Netzeinspeisung<sup>61</sup>

Heimwerker und Hauseigentümer, die keine elektrotechnische Grundausbildung absolviert haben und auch nicht im Besitze einer Anschlussbewilligung sind, sollten ihren Ehrgeiz für einmal vergessen und eine Elektrofachkraft mit der Instandsetzung beauftragen. Das gilt grundsätzlich für alle Arbeiten an elektrischen Anlagen, wo ausser der fachlichen Eignung auch spezifische Gesetze und Verordnungen eine Rolle spielen.

Einige Mitmenschen kümmern sich nicht um solche Fragen und laufen Gefahr, im Extremfall von der Strafjustiz an die Kandare genommen zu werden.. Das Fehlen einer Anschlussbewilligung kann sich insofern als existentiell erweisen, wenn bei Sach- oder Personenschäden (Brände, Elektrounfälle) Rechtsstreitigkeiten entstehen und die Frage nach Verantwortlichkeit und Fachkundigkeit entscheidend für das Strafmass sind. In derartigen Situationen besitzt eine nichtautorisierte Person einfach schlechte Karten.

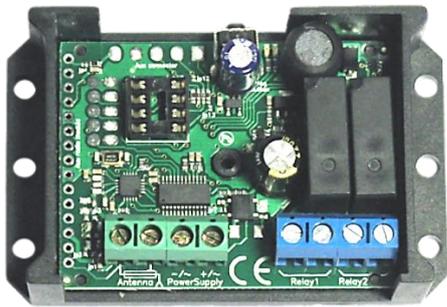
## 14.2 Garagentorantriebe

Zum Garagentorantrieb gehören nebst Anlagenschalter und Befehlstastern (Auf, Zu und Stop) ein Drehstrommotor mit Wendeschütz (Umkehrstarter), mehrere Endschalter (Grenzwerttaster) und eine Sicherheitslichtschranke. Einige Tore sind mit einer pneumatischen Sicherheitsleiste ausgerüstet. Der möglichen Fehlerquellen sind einige; damit aber wird es für den qualifizierten Heimwerker erst interessant.

Viele Garagentorantriebe werden heutzutage mittels Funk angesteuert. Ein defektes Relais im Empfänger lässt sich problemlos ersetzen. Wichtig ist, dass die Kontakte (Schliesser, Öffner

<sup>61</sup> Bildquelle: Prof. Dr. Volker Quaschnig, HTW Berlin.

oder Wechsler) und die Spulenspannung übereinstimmen. Zu Beachten bei Funksteuerungen bei einem Komponententausch ist ferner die Kompatibilität (Frequenz, Modulation, Codierung) zwischen Empfänger und Sender.



Frequenz	Modulation <sup>62</sup>
26,975	AM
26,995	AM
27,015	AM
40,685	AM / FM
433,92	AM / FM
434,42	FM
868,3	AM / FM
868,865	FM

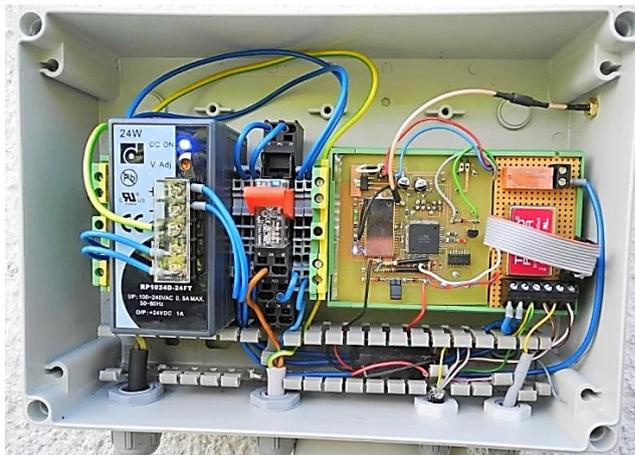
a) Funkempfänger mit 2 Relaisausgängen<sup>63</sup>    b) 5-Kanal Handsender<sup>64</sup>

Abb. 90: Garagentor Funksteuerung

Die Funkverbindung kann bei ansonsten intakter Anlage gestört sein, wenn in der Nähe befindliche Störquellen (Computer, Babyphone, Funk-Kopfhörer, Amateurfunkanlage etc.) auf derselben Frequenz senden.

### 14.3 Poolanlage

1) Eine defekte Pumpe, ein schadhafter Schlauch oder ein abgenutztes Ventil bei einer Poolsteuerung lässt sich problemlos durch den Heimwerker ersetzen. Streng genommen müsste der Ausführende auch hier im Besitze eine Anschlussbewilligung sein. Insbesondere dann, wenn es sich um mit Netzspannung (230 V, 400 V) betriebene Geräte und Apparate handelt.



a)  $\mu$ C-Steuerung

b) Pumpwerk

Abb. 91: Komponenten einer Pool-Anlage<sup>65</sup>

Nicht mehr so einfach zu durchschauen sind moderne Poolsteuerungen, zu deren vollem

<sup>62</sup> AM = Amplitudenmodulation, FM = Frequenzmodulation

<sup>63</sup> <https://mysesam.ch/>

<sup>64</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Garagentorhandsender>

<sup>65</sup> Bildquelle: <http://www.softwareandchips.de/poolsteuerung.htm>

Verständnis der Heimwerker ein Elektroniker oder Automatiker sein müsste. Einzelne Objekte wie bspw. Netzgeräte, Relais, Ventile und Pumpen lassen sich durch den sachkundigen Heimwerker überprüfen und ggf. ersetzen. Bei Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) und Mikrocontrollern dagegen sind wir weitgehend machtlos. Wer sich beruflich mit automatisierten Anlagen und Maschinen zu befassen hat, weiss darüber Bescheid.

2) Adäquates lässt sich zu Sauna-Anlagen für den Heimbereich sagen, wo inzwischen ebenfalls Mikrocontroller die regelungstechnischen Aufgaben übernehmen. Die Fehlersuche ist damit graduell erschwert und ohne einschlägige Fachkenntnisse kaum durchführbar. Fehlen uns solche Kenntnisse, sollten wir die Finger von moderner Digital- und Mikrocontrollertechnik lassen und zuerst mit Raspberry und Arduino die Grundlagen erarbeiten.

Fazit: Nicht immer ist uns als Elektroreparateur ein Erfolg beschieden. Zu unterschiedlich sind die einzelnen Fachbereiche und zu komplex die Anlagen und Maschinen. Auch ist nicht jeder ein Elektriker, Mechaniker und Elektroniker zugleich. Als Heimwerker sollten wir uns folglich auf jene fachlichen Schwerpunkte konzentrieren, bei denen Aussicht auf Erfolg besteht. Ansonsten ist Frust und Resignation die Folge – und gerade das sollte nicht unser Teil sein.

## **15 Ersatzteile- und Materialbeschaffung**

Eine reichhaltige Bezugsquelle ist die Internetbörse eBay. Nachfolgend werden einige Lieferanten aufgelistet, die dem Schreibenden aus seiner beruflichen Praxis bekannt sind.

### **15.1 Elektrische Komponenten**

Etwas schieriger ist die Beschaffung von Installationsmaterial. Für Gewerbe und Private sind mir derzeit nur zwei Lieferanten bekannt (es könnte aber noch weitere geben):

- A. Steffen AG: <https://www.steffen.ch/de>
- Elektrobedarf Troller: <https://www.elektrobedarf.ch/>

Solange es sich um gängige Artikel wie bspw. Steckdosen, Kabel, Installationsrohre usw. handelt, wird man auch in den Baumärkten fündig. Ansonsten muss man sich an den Grossisten (Elektro-Material, Bugnard, Winterhalter Fenner u.a.) wenden.

- Elektro-Material AG: <https://www.elektro-material.ch/de/shop>
- Bugnard AG: <https://www.bugnard.ch/>
- Winterhalter + Fenner AG: <https://www.w-f.ch/de>

Als Privatkunde ist ein Bezug nicht immer möglich, so dass nur noch der Weg über ein Elektrofachgeschäft übrig bleibt. Das aber ist mit Mehrkosten verbunden, weil der Verkäufer in der Regel einen Zuschlag auf die bezogenen Artikel erhebt.

### **15.2 Normteile, Verbindungstechnik, Schläuche, Dichtungen u.a.m.**

- SFS unimarket AG: <https://www.sfs.ch/de/>
- Maagtechnik: <https://shop.maagtechnic.ch/de/>

- Brüttsch/Rüegger Werkzeuge AG: <https://www.brw.ch/>
- RCT Reichelt Chemietechnik GmbH + Co.: <https://www.rct-online.de/>

### **15.3 Elektronik- und Mechanikteile**

Der Bezug elektronischer oder elektromechanischer Teile (auch in kleinen Mengen) ist möglich bei:

- Farnell AG: <https://ch.farnell.com/>
- Pollin Electronic GmbH: <https://www.pollin.de/>
- Distrelec Schweiz AG: <https://www.distrelec.ch/d>
- Conrad Electronic AG: <https://www.conrad.ch/de/>
- RS Components GmbH: <https://de.rs-online.com/web/>
- Bürklin GmbH & Co. KG: <https://www.buerklin.com/de/>
- Reichelt Elektronik GmbH & Co. KG: <https://www.reichelt.com/ch/de/>
- Oppermann Elektronische Bauelemente: <https://oppermann-electronic.de/>

## **16 Lernverweise**

### **16.1 Grundwissen Elektrotechnik**

- Fachkunde Elektrotechnik (Europa-Lehrmittel)
- Tabellenbuch Elektrotechnik (Europa-Lehrmittel)
- Peter Behrends et al: Elektrische Maschinen (Vogel)
- H. R. Ries: Elektrische Installationen und Apparate (Electrosuisse)
- Erno Folkerts et al: Hausgeräte, Beleuchtungs- und Klimatechnik (Vogel)
- Leonhard Stiny: Grundwissen Elektrotechnik und Elektronik (Springer Vieweg)

### **16.2 Praxiswissen Elektrotechnik**

- Bo Hanus: Elektrik im Haus (Franzis)
- Praxis Elektrotechnik (Europa Lehrmittel)
- Thomas Riegler: Das grosse Lötbuch (vth)
- Jochen Kronjäger: Experimente mit Hochspannung (Franzis)
- Bödeker, Lochthofen: Prüfung elektrischer Geräte (Hüthig)
- Hösl, Ayx, Busch: Die vorschriftsmässige Elektroinstallation (VDE)
- Rudolf Huttary: Haushaltselektrik und Elektronik erfolgreich selbst reparieren (Franzis)

### **16.3 Weblinks**

<http://www.pophof.de/>

<https://schraub-doc.de/>

<https://kaffeewiki.de/wiki/>

<https://www.kaffee-netz.de/>

<https://www.kilovolt.ch/index.htm>

<https://www.kreativekiste.de/elektro/>

<https://energie.ch/tag/antriebstechnik/>

<http://www.waschmaschinendoktor.de/>

<https://www.fluke.com/de-de/mehr-erfahren>

<https://www.old-germany.de/html/lima.html#Lager>