

Elektromotoren – Einführung und Erhalt

Kunstwerke mit Elektromotoren besitzen als künstlerisches Mittel, im Gegensatz zu vielen anderen Kunstgattungen, eine mechanische Funktion. Diese Funktion zeichnet sich durch die Umsetzung von Energie mit Hilfe einer Maschine in Bewegung aus. Es liegt in der Natur solcher Maschinen, dass sie durch die Bewegung verschleissen und ausfallen. Bei der Suche nach einer konservatorisch vertretbaren Lösung im Umgang mit Elektromotoren wird man in der Regel mit spezialisierten, elektromechanischen Werkstätten zusammenarbeiten. Die folgende Abhandlung soll dazu dienen, zusammen mit einem solchen Partner zur restaurierungsethisch besten Strategie zu gelangen. Es sei vorab bemerkt dass fast alle Motoren, von aussen unsichtbar und ohne zu grossen Kostenaufwand, repariert werden können. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlichster Elektromotoren, weshalb im Folgenden nur wenige detailliert in ihrem Aufbau dokumentiert sind.

Bauarten und Einzelteile

Gleichstrommotoren

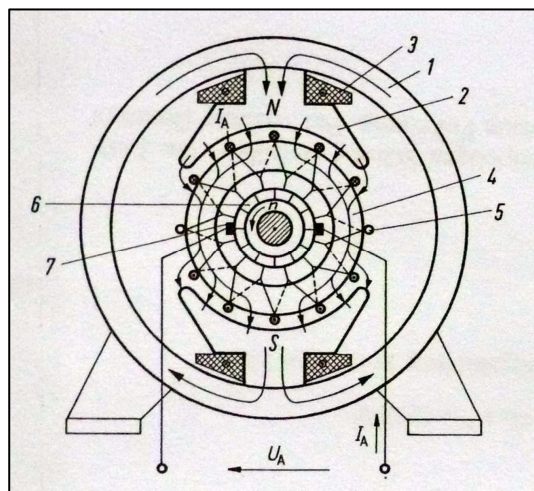


Abbildung 1 Prinzipieller Aufbau. Abb. aus FISCHER 1999

1. Jochring
2. Hauptpol
3. Erregerwicklung
4. Ankerblechpaket
5. Ankerwicklung
6. Stromwender
7. Kohlebürsten

Gleichstrommotoren sind prinzipiell wie Universalmotoren aufgebaut. Zur Illustration des folgenden Textes kann deshalb auch mit den Fotografien im Kapitel „Universalmotoren“ verglichen werden. Zum Aufbau des Gleichstrommotors schreibt FISCHER 2004: „Der feststehende Ständer aus massivem oder geblechtem Eisen trägt einen Elektromagneten (bei kleineren Motoren sind auch Permanentmagnete möglich. A.d.A.), dessen Erregerwicklung die zum Aufbau des Feldes erforderliche Durchflutung liefert. Die Enden des Magneten, die Hauptpole, sind nach innen durch so genannte Polschuhe erweitert, um

gleichzeitig eine möglichst grosse Leiterzahl zu erfassen. Den äusseren magnetischen Rückfluss stellt der Jochring sicher.

Die Welle der Maschine trägt einen aus Dynamoblechen geschichteten Eisenkörper, der in der Abbildung als Ring dargestellt ist. Der magnetische Kreis ist damit bis auf den erforderlichen Luftspalt [...] ganz aus Eisen aufgebaut. Alle Leiterstäbe bilden zusammen mit ihren Verbindungen die Ankerwicklung, die in der Abbildung [...] als Ringwicklung ausgeführt ist. Man bezeichnet den ganzen rotierenden Teil als Anker der Gleichstrommaschine.

Damit die stromdurchflossenen Leiter im Ständerfeld fortwährend ein Drehmoment erzeugen können, muss beim Wechsel des Polbereichs während der Drehung eine Umschaltung der Stromrichtung im Ankerleiter erfolgen. Dies erreicht man durch den Stromwender, auch Kommutator oder Kollektor genannt, der aus voneinander isolierten Kupfersegmenten oder Lamellen besteht und fest mit dem Blechpaket auf der Welle sitzt. Die einzelnen Spulen der Ankerwicklung sind mit ihren Anfängen und Enden nacheinander an die Segmente angeschlossen. Die Stromzufuhr in die Ankerwicklung erfolgt dann über Kohlbürsten, die mit dem rotierenden Stromwender einen Gleitkontakt geben und die Wicklung zwischen den Hauptpolen einspeisen¹

„Je nachdem, ob Anker- und Feldwicklung in Reihe oder parallel geschaltet sind, bezeichnet man den Gleichstrommotor als Hauptschluss- (Reihenschluss-) oder als Nebenschlussmotor.“² „Kleine Reihenschlussmotoren mit Leistungen bis ca. 500 Watt werden als Allstrommotoren oder Universalmotoren wahlweise für Gleich- oder Wechselstromspeisung ausgeführt.“³

Universalmotoren

Universal- oder Allstrommotoren sind Elektromotoren, die sowohl mit Gleichstrom als auch mit einphasigem Wechselstrom betrieben werden können. SEYFERT erwähnt entsprechend:

„Universalmotoren sind in der Regel für das übliche Wechselspannungs-Versorgungsnetz vorgesehen und werden deshalb in der Literatur auch als Einphasen-Wechselspannungsmotoren aufgeführt. Als ein Haupt-Erkennungsmerkmal ist vor allem das Bürsten-Kommutatorsystem zu nennen. Für Wechselspannung werden in der Regel Bürsten aus Hartkohle verwendet, da sie durch ihre Schleifwirkung die Kommutatoroberfläche zusätzlich reinigen. Häufig wird zur Verbesserung der Betriebseigenschaften die Lamellenzahl des Kommutators doppelt so hoch wie die Nutenzahl des Läufers ausgeführt. [...] Der Ständer von Universalmotoren ist stets mit zwei ausgeprägten, symmetrisch aufgebauten Hauptpolen ausgeführt. Im Regelfall sind die Wicklungen getränkt, beziehungsweise „in Füllmasse“.

Drehzahländerungen können auch durch Spannungs- bzw. Widerstandssteuerung ermöglicht werden. Bei kleineren Universalmotoren sind auch Phasenanschnittsteuerungen z.B. durch Dioden üblich.

¹ FISCHER 2004: S. 33 - 34.

² BROCKHAUS DER NATURWISSENSCHAFT U. D. TECHNIK 1957. S. 145

³ BROCKHAUS 2006. S.710

Die Eisenkerne der Wicklungen in Ständer und Läufer sind stets aus 0,5 bis 0,7 mm dicken, isolierten Blechen geschichtet. Diese Maßnahme verhindert Energieverlust und Erwärmung durch Wirbelströme. Die Verwendung von Wechselstrom macht diese Maßnahme wegen der auftretenden Wechselfelder in beiden Maschinenteilen erforderlich.

Die typischen Drehzahlbereiche von Universalmotoren liegen über 3000 bis etwa 25000 U/min. Die jeweilige Drehzahl ist von der Windungszahl der Spulen in den Wicklungen abhängig. Je weniger Windungen, desto schneller die Drehzahl, bzw. desto niedriger die erforderliche Betriebsspannung. Der entscheidende, technische Vorteil von Universalmotoren ist die geringe Größe bei relativ hoher Leistungsabgabe, was sie für den Einsatz in mobilen, bzw. von Hand zu führenden Geräten so attraktiv macht. Nachteilig wirkt sich der verhältnismäßig hohe [...] Wartungsaufwand, sowie das relativ laute Betriebsgeräusch aus. Die typischen Leistungsaufnahmen reichen von einigen wenigen bis etwa 2000W.⁴

⁴ SEYFERT 2001, S.152-155.

Beispiel eines Universalmotors

Bekannte Daten:

- Universalmotor der Firma „Liliput“, Typ U-24G2.
- *ac*: Alternating current: bei Wechselstrom gelten die unten aufgeführten Daten.
- *CONTINU*: Für Dauerbetrieb ausgelegt.
- *CV 1/35*: Getriebeuntersetzung 1/35.
- *V 48*: Benötigte Spannung von 48 Volt.
- *t/m 3600*: Drehzahl der Rotorachse von 3600 Umdrehungen pro Minute.
- $\sim -$: für Gleich- und Wechselstrom geeignet.



Abbildung 2: Universalmotor der Firma „Liliput“, ca. 1950er Jahre.



Abbildung 3: Vorderansicht des Motors.



Abbildung 4: Schraubkappe zur Verriegelung der Kohlenbürsten.



Abbildung 5: Demontierte Kohlenbürste mit Anpressfeder



Abbildung 6: Demontierte Kohlenbürsten



Abbildung 7: Demontage des Motorgehäuses mit freiliegender Ankerwelle

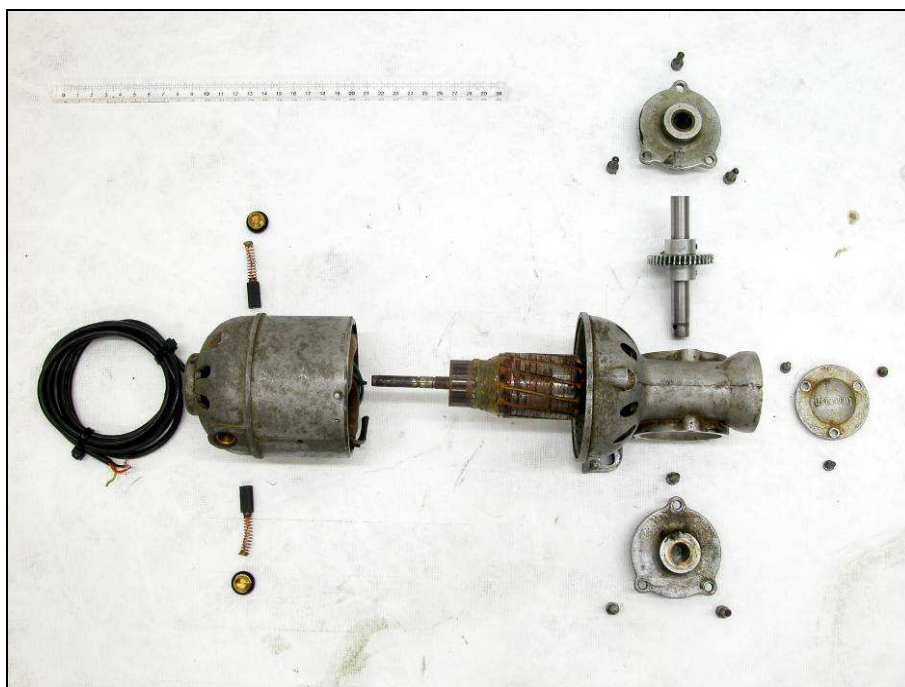


Abbildung 8: Demontage des Getriebes.

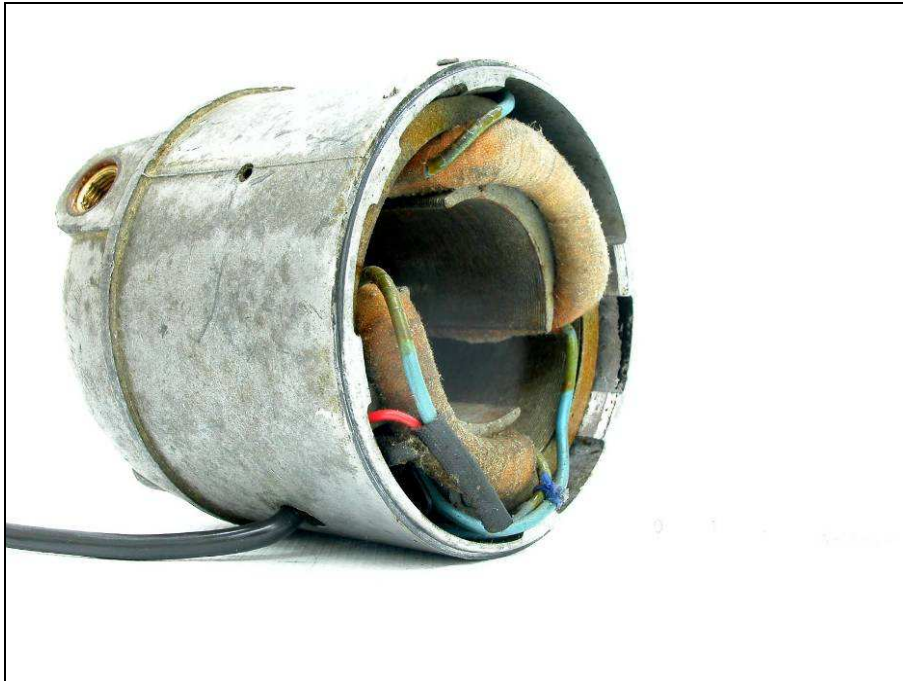


Abbildung 9: Gehäuse, im Inneren: Jochring mit den beiden symmetrischen Hauptpolen und deren textilmantelter Erregerwicklung.

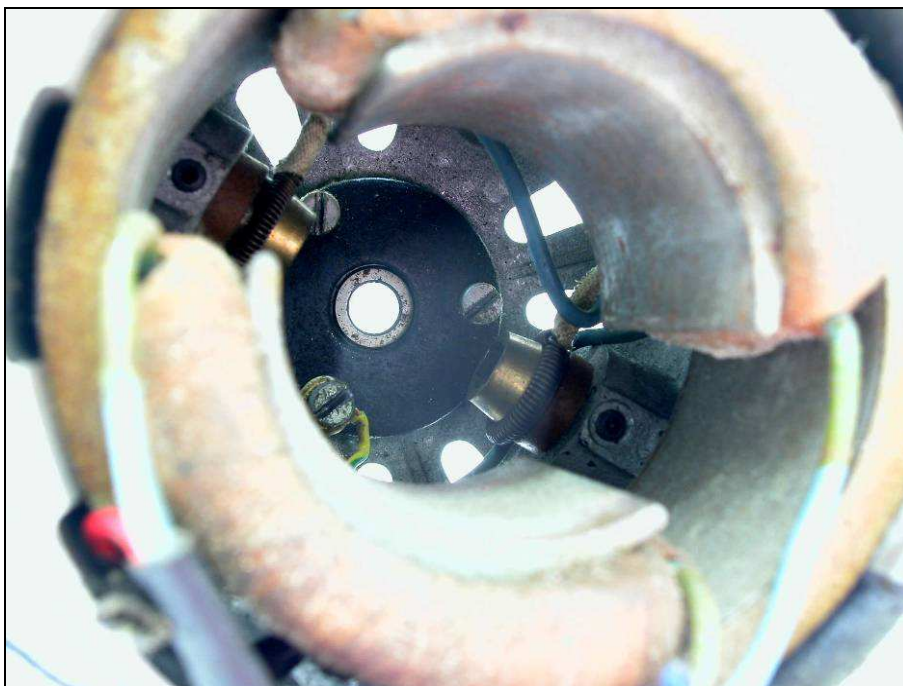


Abbildung 10: Einblick in den Ständer mit den beiden Hauptpolen. Im Hintergrund die beiden Schächte aus Messing für die Kohlenbürsten



Abbildung 11: Vorderes Lagerschild mit dem Läufer und dem Stromwender (Kommutator)

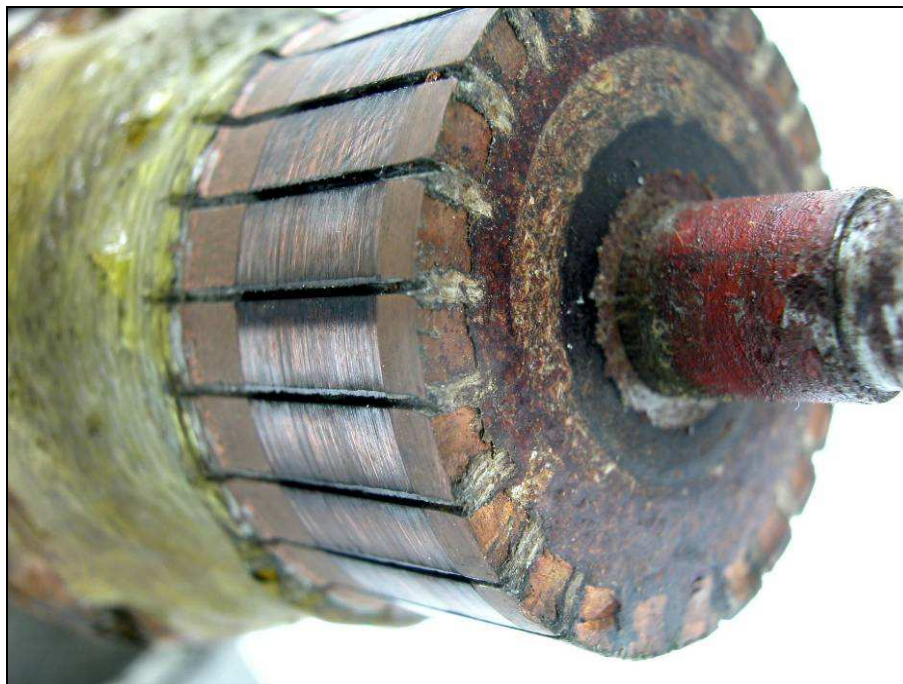


Abbildung 12: Stromwender (Kommutator) mit Lamellen. Auf dem Stromwender schleifen die beiden Kohlebürsten.



Abbildung 13: Läufer mit Nuten in den Ankerblechpaketen. Diese sind an der Oberfläche korrodiert.

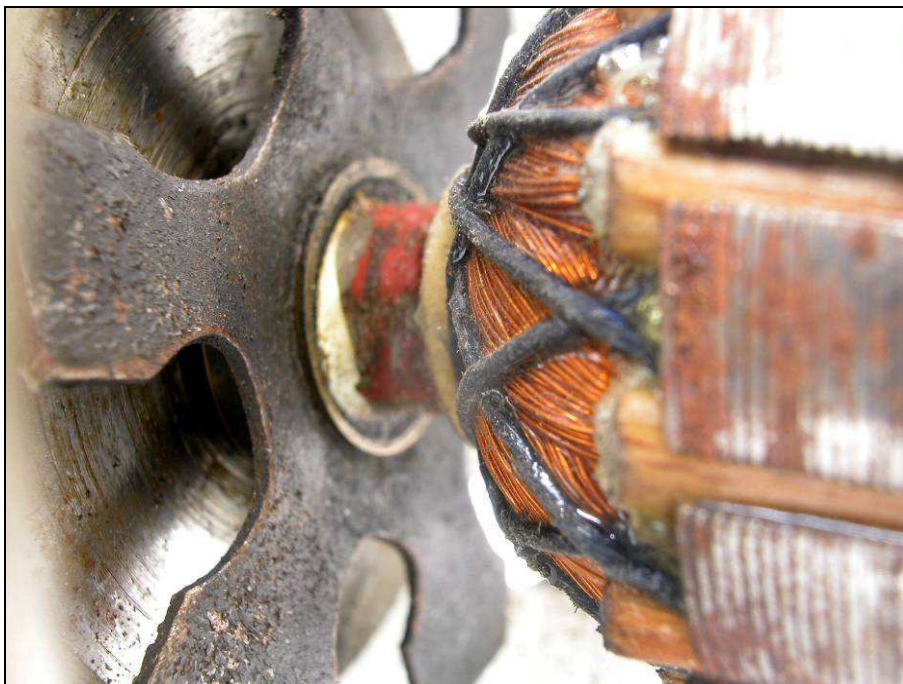


Abbildung 14: Vorderer Ansatz der Ankerwicklung mit Ventilator.

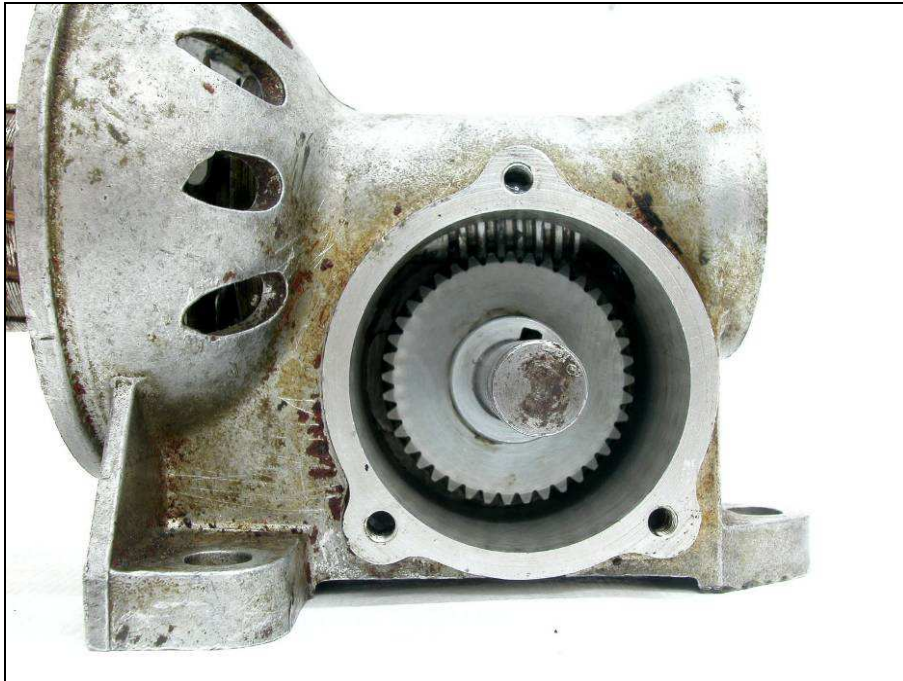


Abbildung 15: Einblick in das Getriebe des Motors.

Dreh- und Wechselstrommotoren

„Drehstrommotoren werden mit Dreiphasenwechselstrom bzw. „Drehstrom“ betrieben. Diese Stromart führt in drei getrennten Leitern jeweils eine eigene periodisch wechselnde Spannung, deren zeitliche Abläufe gegenüber den anderen beiden Leiterspannungen um jeweils 120° vor- bzw. nachlaufend versetzt sind. Speist man drei Elektromagnet-Spulen mit jeweils einer Leiterspannungsphase des Drehstromsystems, dann wird in jeder Spule ein Magnetfeld erzeugt, dessen zeitlicher Ablauf genauso wie der Spannungsverlauf gegenüber den anderen Spulen-Feldern um eine Drittelperiode versetzt ist. Ordnet man diese drei Spulen in einem Kreis zueinander an, so ergibt sich aus den einzelnen Spulen-Magnetfeldern ein summiertes Magnetfeld, das zwar von gleich bleibender Größe ist, seine Richtung jedoch im Einklang mit der Frequenz bzw. der Perioden-Wiederholung des Drehstromes fortlaufend ändert. Dieses summierte Magnetfeld „dreht“ sich mit der Geschwindigkeit, die durch die Frequenz vorgegeben ist. Bei 50 Periodenwechseln pro Sekunde des Drehstroms (bzw. 50 Hz) dreht sich das Magnetfeld ebenfalls 50-mal in der Sekunde (oder 3000-mal in der Minute) um sich selbst. Bringt man in dieses rotierende Magnetfeld an einer mittig angeordneten Achse einen magnetischen Gegenstand ein, beispielsweise einen Stabmagneten oder einen einfachen Eisenkörper, so wird dieser „Rotor“ mitgedreht.“⁵

⁵ Zitat aus dem deutschsprachigen Teil des Internet-Lexikons Wikipedia (www.wikipedia.de).

Synchronmotor

Die Effizienz des Drehfeldmotors wird durch die Ausstattung des Rotors mit eigenen Spulen erhöht, in denen durch den Stromfluss ebenfalls ein magnetisches Feld entsteht, das mit dem Feld der drei festen (Stator-)Spulen zusammenwirkt. Der Rotor, auch Läufer genannt, ist ein Polrad (mind. ein Polpaar) oder ein Vollpolläufer, der eine Erregerwicklung trägt. Wird diese Erregerwicklung von außen über Schleifringe mit Gleichstrom gespeist, erzeugt sie ein Magnetfeld. Bei Maschinen kleiner Leistung kann die Erregerwicklung durch Permanentmagnete ersetzt werden. Da der Läufer immer synchron mit dem Statorfeld läuft, nennt man diese Maschinen Drehstrom-Synchronmotor.⁶

Asynchronmotor

Eine andere Form ist, dass die Rotorspulen kurzgeschlossene Leiterschleifen sind, die nicht von außen gespeist werden. Durch das drehende äußere Magnetfeld wird jedoch in ihnen eine Spannung induziert, die zu einem Stromfluss und damit ebenfalls einem eigenen Rotor-Magnetfeld führt, das sich mit dem Stator-Feld verknüpft und den Rotor dabei mitdreht. Die Voraussetzung ist dabei, dass der Rotor geringfügig langsamer drehen muss als das Stator-Drehfeld, damit sich das Magnetfeld innerhalb des mitdrehenden Rotors ständig ändert, was wiederum die Voraussetzung für die Induktion von elektrischer Spannung in den Rotor-Leitern ist. Asynchronmotoren nennt man daher auch Drehstrom-Asynchronmotor. Da die Rotorspulen typischerweise kurzgeschlossen sind, wird dieses Bauprinzip auch als „Kurzschlussläufermotor“ bezeichnet. Das Prinzip des Kurzschlussläufer-Rotors lässt sich extrem vereinfachen zu einem rein metallischen Gegenstand, der nicht aus Eisen sein muss. Dies funktioniert beispielsweise mit einer Konservendose, durch die eine Achse in Längsrichtung führt. Diese Wirkung ergibt sich daraus, dass diese Dose (oder andere metallische Gegenstände von passender Größe) praktisch ein Paket von kurzgeschlossenen Leiterschleifen in unendlich großer Zahl darstellen. Diese Vereinfachungsmöglichkeit lässt eine vergleichsweise kostengünstige Herstellung sowie auch eine weitgehende Wartungsfreiheit von Drehstrom-Asynchronmotoren zu und hat zu deren weiter Verbreitung geführt. Durch die Anwendung eines Frequenzumrichters, teilweise schon im Gehäuse integriert, kann die Drehzahl fast wie bei Universalmotoren variiert werden.⁷

Der unten dokumentierte Parvalux-Motor ist in seiner Bauart ein Drehstrommotor (3 Phasen), der jedoch als einphasiger Asynchronmotoren verwendet wird, indem der freie dritte Strang über einen Kondensator (Hilfsphase) an das Stromnetz angeschlossen wird.

⁶ dito.

⁷ dito.

Beispiel eines einphasigen Asynchronmotors (Kondensatormotor)

Bekannte Daten:

- Kondensatormotor der Firma PARVALUX, Typ SD38S
- *VOLT 220 AC*: Benötigte Spannung von 220 Volt Wechselfspannung
- $\mu F 2.5$: Angeschlossener Kondensator mit Kapazität von 2.5 Mikro-Farad
- *Hz 50*: Benötigter Wechselstrom mit Frequenz von 50 Hertz
- *Phase 1*: Für Anschluss an das einphasige Wechselfspannungsnetz.
- *AMPS 0.34*: Stromverbrauch von 0.34 Ampere.
- *WATTS LEISTUNG 25*: 25 Watt Leistung.
- *T/MIN 1400*: 1400 Umdrehungen der Rotorachse pro Minute (vor dem Getriebe!).
- *SERVICE CONT*: Motor für Dauerbetrieb ausgelegt.

Getriebe

- *T/MIN 76*: 76 Umdrehungen der Antriebsachse pro Minute.
- *Nm 0.23*: 0.23 Newton-Meter Drehmoment der Antriebsachse.
- *I = 18F*: Die Untersetzung des Getriebes beträgt 1:18. Das Zahnrad im Getriebe besteht aus faserverstärkten Kunststoff (F=fibre, B=bronze)

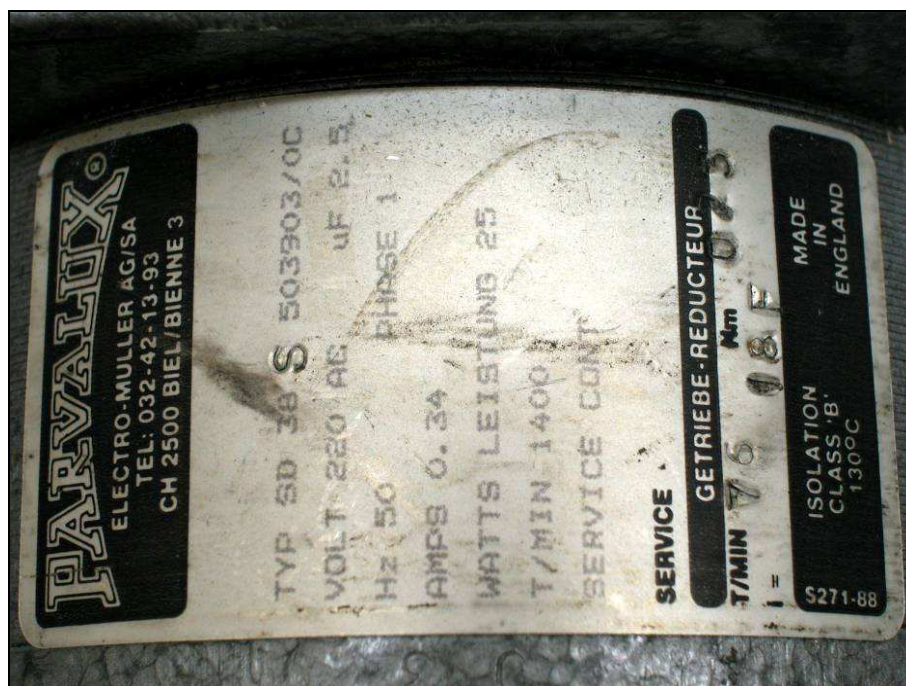


Abbildung 16: Plakette mit den Betriebsdaten des Motors.

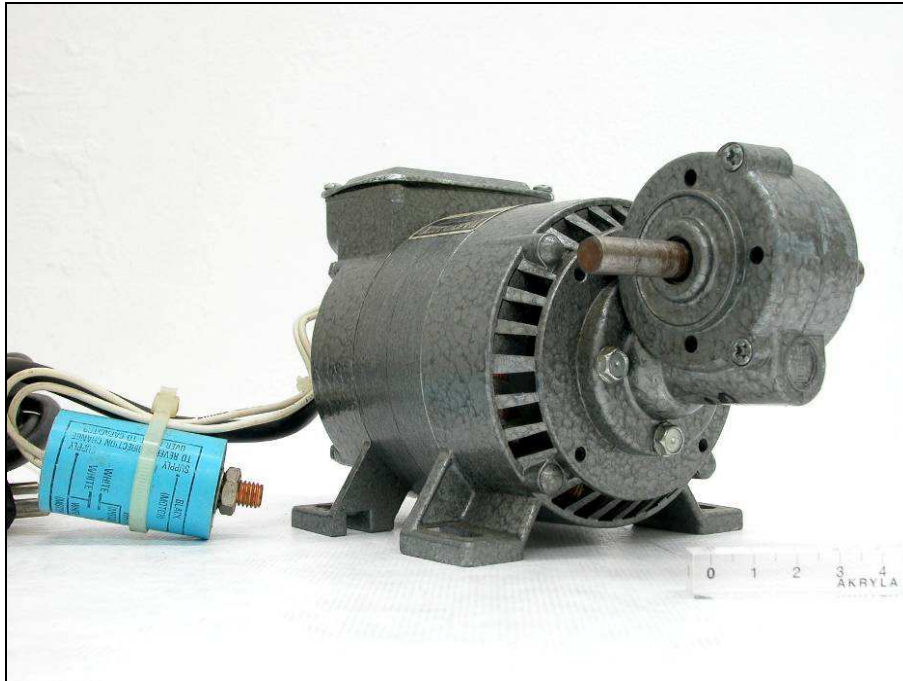


Abbildung 17: Ansicht des Motors sowie des angeschlossenen Kondensators.



Abbildung 18: Ansicht von oben mit Deckel des Klemmenkastens

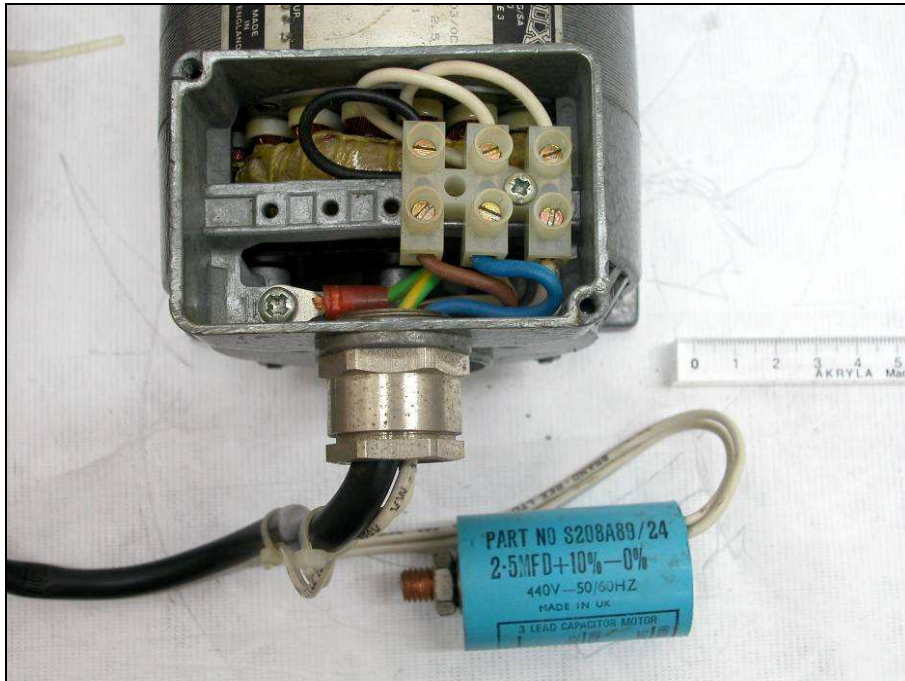


Abbildung 19: Geöffneter Klemmenkasten.



Abbildung 20: Betriebsdaten des Kondensators mit 2.5 Mikro-Farad.

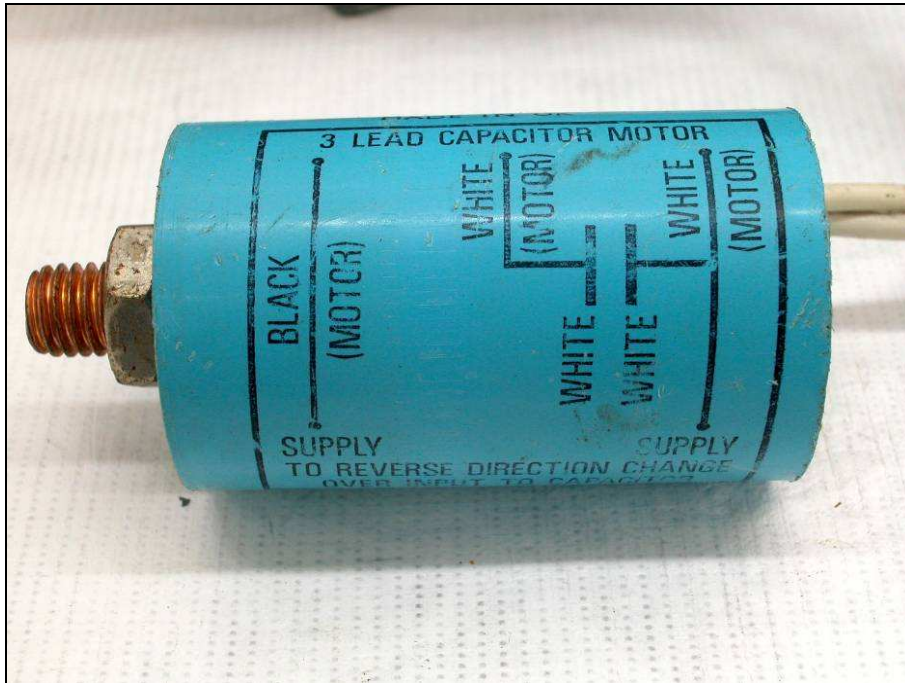


Abbildung 21: Anschlussschema des Kondensators.

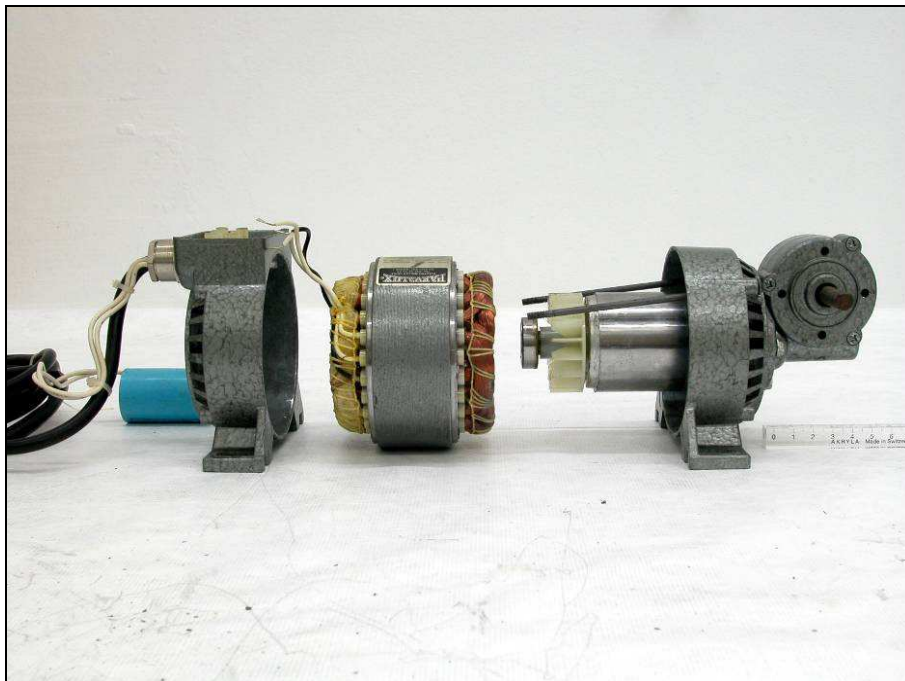


Abbildung 22: Geöffnetes Motorgehäuse. Links: Hinteres Lagerschild, Mitte: Stator, rechts: Rotor mit vorderem Lagerschild und Getriebe.



Abbildung 23: Stator mit Wicklung für Drehstrom um 120° versetzt (3 Phasen).

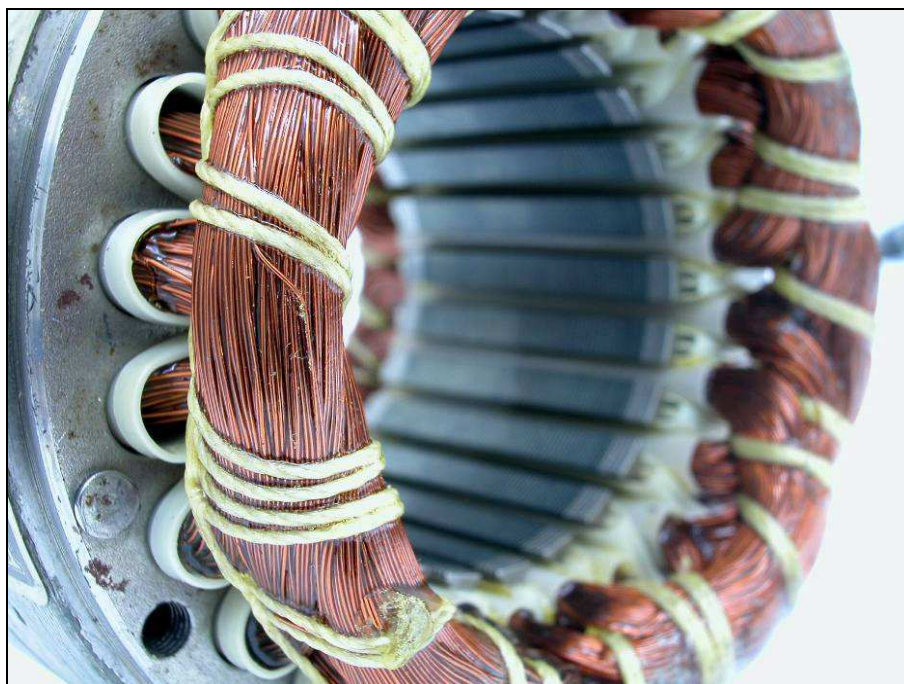


Abbildung 24: Detail der Wicklung des Stators.

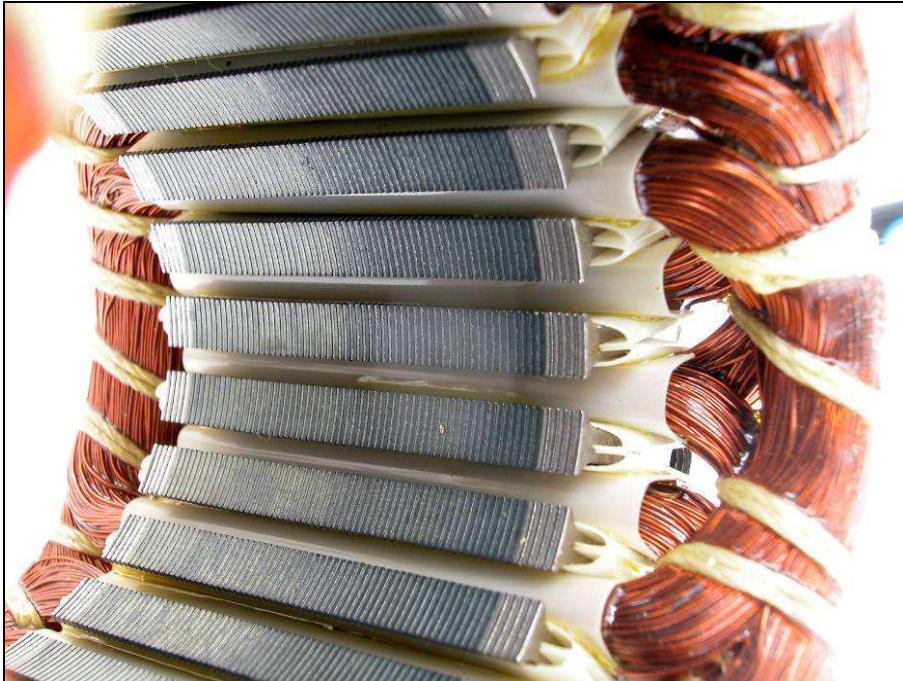


Abbildung 25: Eisenkerne der Spulen des Stators in Form von geschichteten Blechen.



Abbildung 26: Weiße Kunststoffisolierung zwischen den Eisenkernen und den Spulen des Stators. Diese Kunststoffbänder könnten, einmal brüchig geworden, zu einem konservatorischen Problem führen.

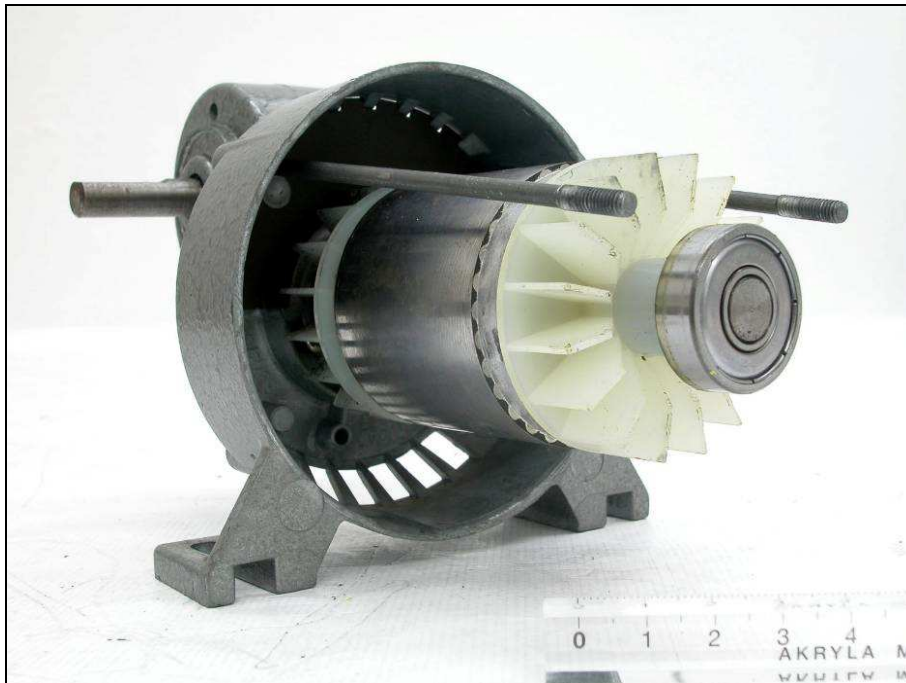


Abbildung 27: Vorderes Lagerschild mit Rotor (Kurzschlussläufer). In ihm wird durch Induktion des Stator-Drehfeldes ein eigenes Magnetfeld aufgebaut



Abbildung 28: Detail des Rotors. Die Rotorspulen sind kurzgeschlossene Leiterschleifen.

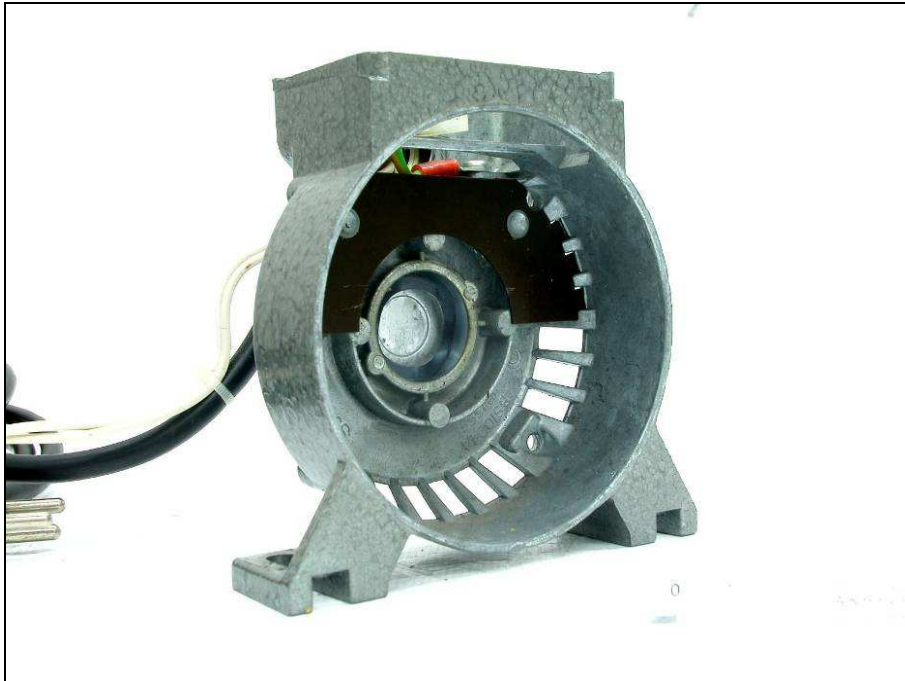


Abbildung 29: Hinteres Lagerschild.



Abbildung 30: Einblick in das Getriebe mit Zahnrad aus faserverstärktem Kunststoff.

Spaltpolmotor

Eine weitere Art der Asynchronmotoren ist der Spaltpolmotor. Er besitzt ebenfalls einen Kurzschlussläufer (Käfigläufer), in dem durch ein vom Stator erzeugtes Drehfeld ein Drehmoment erzeugt wird.

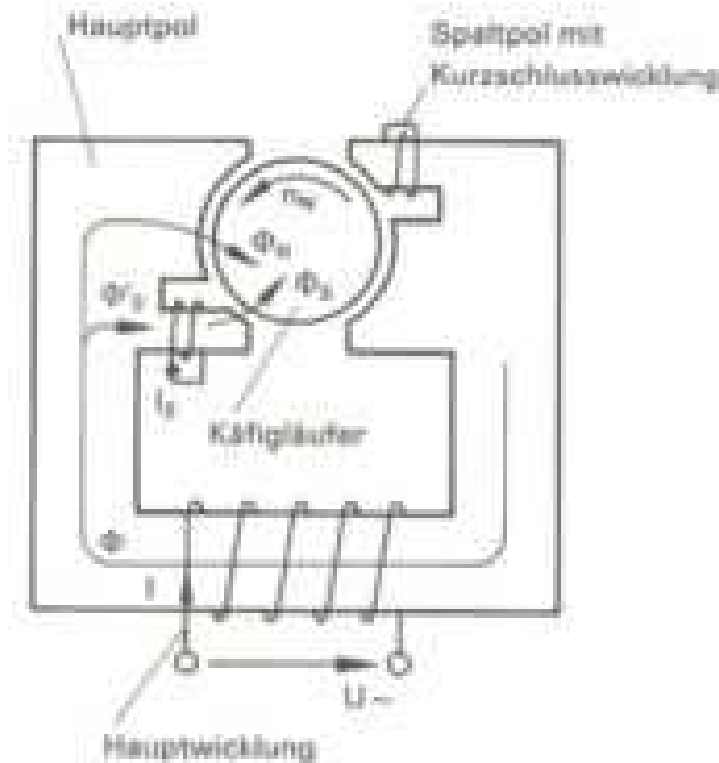


Abbildung 31: Funktionsprinzip eines Spaltpolmotors

„Beim Spaltpolmotor sind die Magnetpole in einen Hauptpol und in einen Spaltpol aufgeteilt. Der Spaltpol ist von einer Kurzschlusswicklung umfasst, in welcher Ströme induziert werden. Die Hauptwicklung wird an ein Einphasenwechselstromnetz angeschlossen. [...] Die Drehbewegung geht immer vom Hauptpol in Richtung Spaltpol. [...] Das auf diese Weise erzeugte Drehfeld ist zwar ausreichend, um den Läufer zu bewegen, es ist allerdings auch belastungsabhängig und führt zu einem, gegenüber sonstigen Drehstrommotoren, geringeren Anlaufdrehmoment. Sie haben oft nur eine Statorwicklung, benötigen keinen teuren, evtl. unzuverlässigen Kondensator und sind daher robust und langlebig.“⁸

⁸ Zitat aus dem deutschsprachigen Teil des Internetlexikons Wikipedia (www.wikipedia.de).

Beispiel eines Spaltpolmotors

Bekannte Daten:

- Wechselstrommotor der Firma SAPMI Typ ...050027.
- *Volts 127/220*: Benötigte Spannung von wahlweise 127 Volt oder 220 Volt.
- *Vite 30 T/MIN*: Drehzahl der Antriebsachse (nicht der Rotorachse!) von 30 Umdrehungen pro Minute.



Abbildung 32: Spaltpolmotor der Firma SAPMI



Abbildung 33: Teilweise entfernte Bemalung an der Motorabdeckung zur Erkennung der Beschriftung

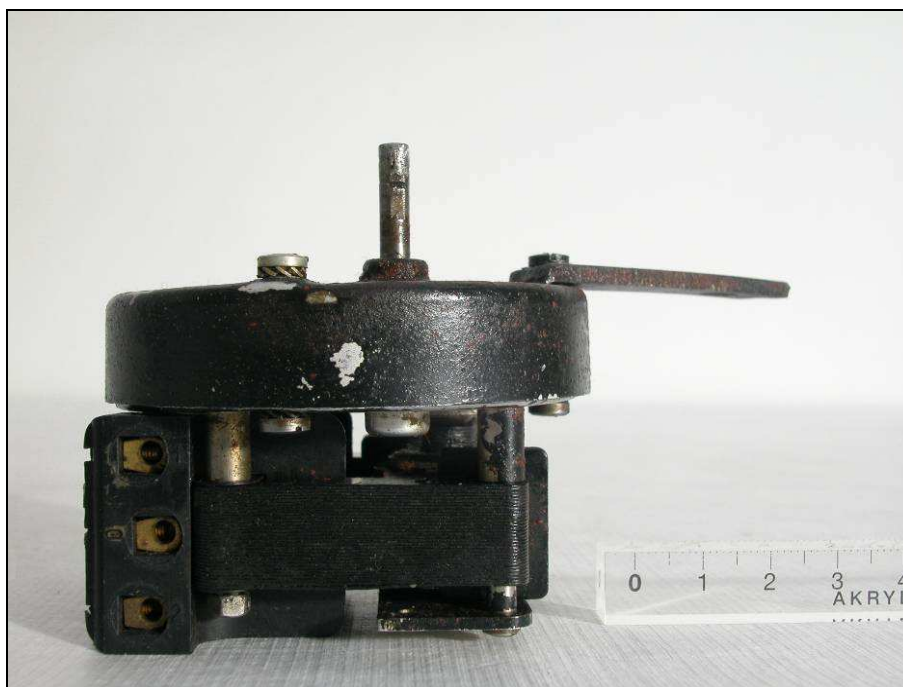


Abbildung 34: Motor von Seite mit Anschlussklemmen für wahlweise 127 Volt oder 220 Volt



Abbildung 35: Rückseite des Motors. Links der runde Läufer, der vom Eisenkern umfasst wird. Rechts wird der Eisenkern von der Hauptwicklung umfasst.



Abbildung 36: Anschlussklemmen: 0 und 1 für 127 Volt / 0 und 2 für 220 Volt.

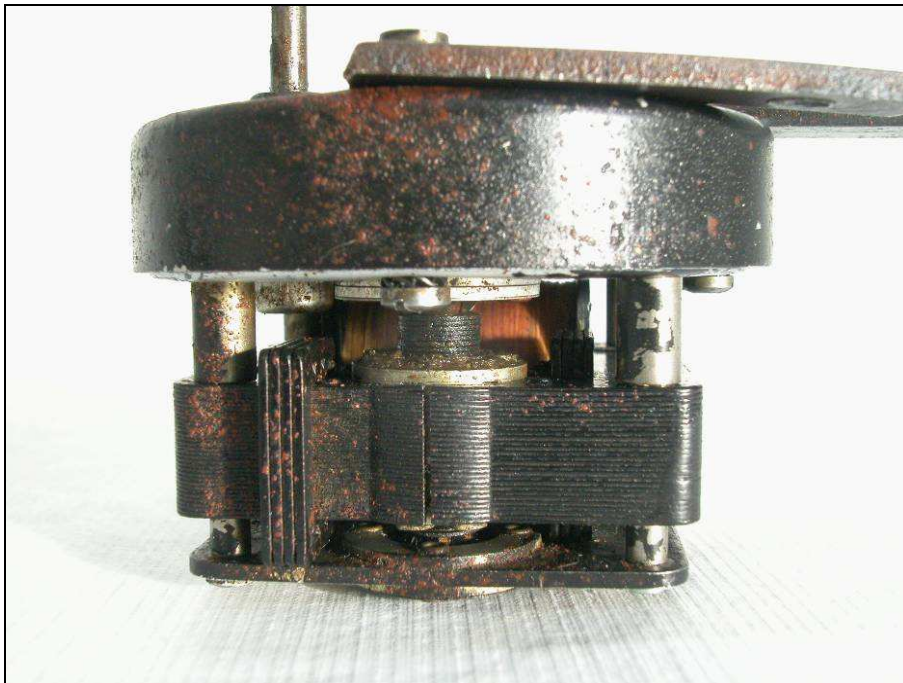


Abbildung 37: Seitenansicht des Motors. Unten Eisenkern mit Spaltpol und darin drehender Läufer.



Abbildung 38: Entfernung des oberen Gehäusedeckels.

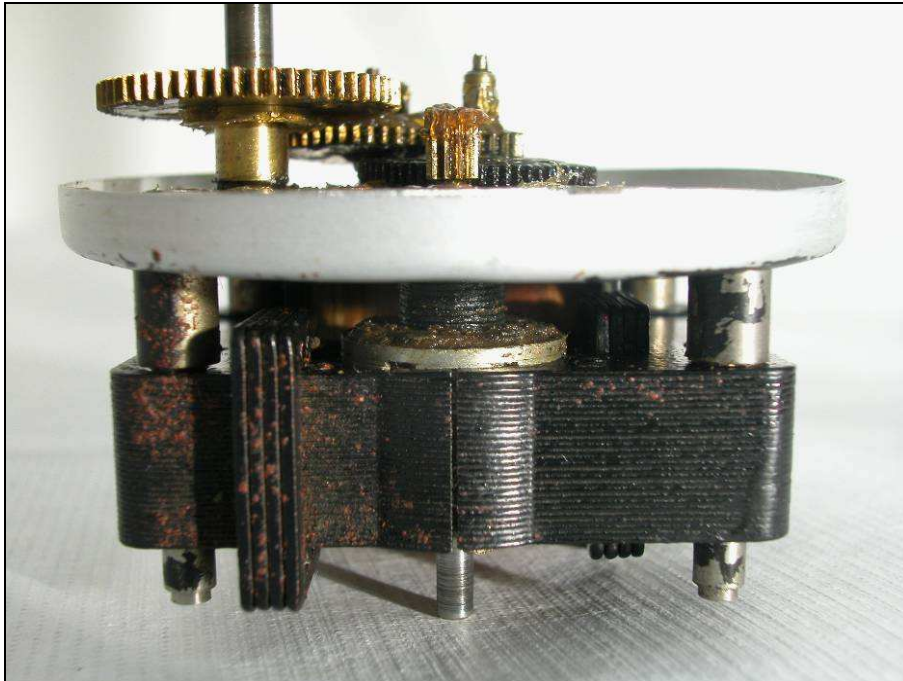


Abbildung 39: Offenes Getriebe.

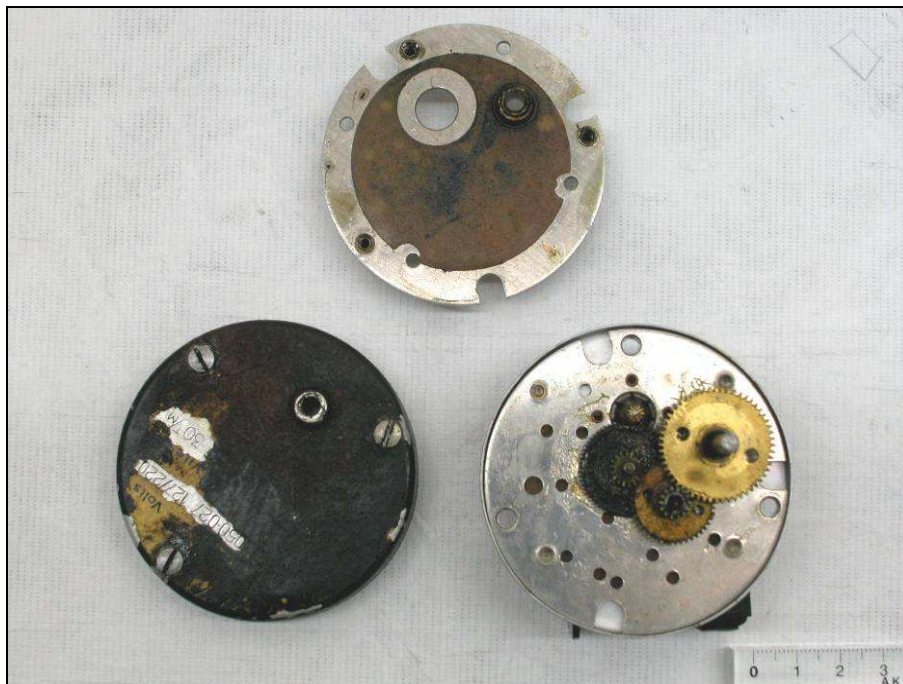


Abbildung 40: Ansicht des geöffneten Getriebes von oben.

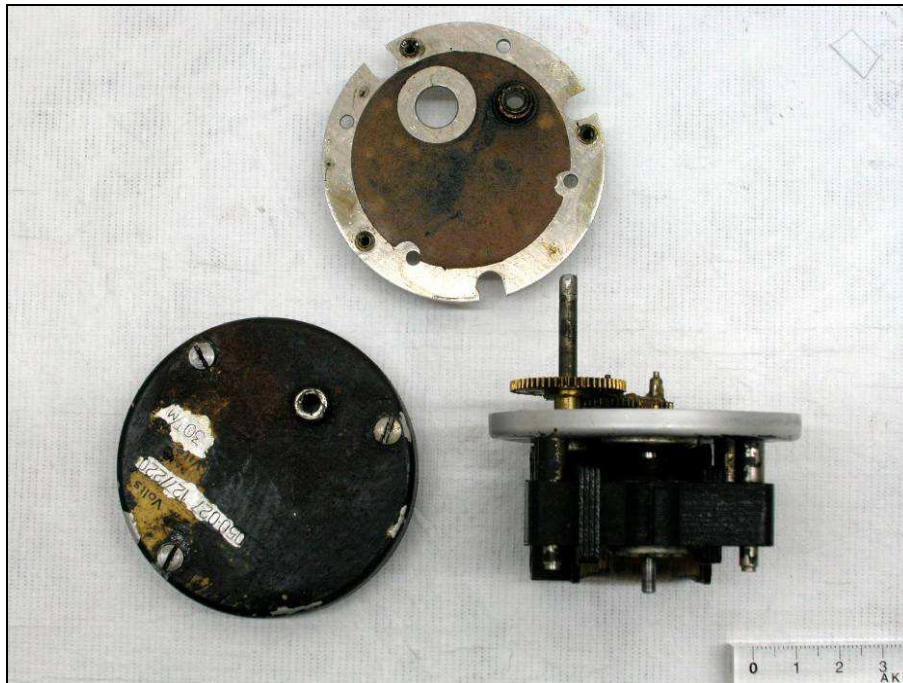


Abbildung 41: Ansicht des geöffneten Getriebes von der Seite



Abbildung 42: Grundplatte mit dem Kurzschlussläufer und dessen Antriebszahnrad.



Abbildung 43: Grundplatte mit Kurzschlussläufer.

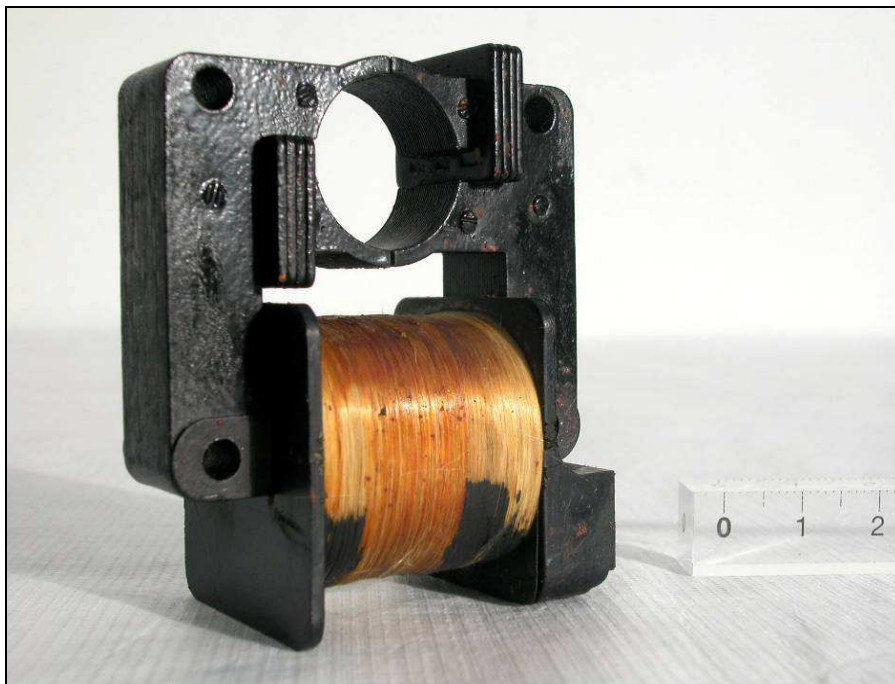


Abbildung 44: Unten: Hauptwicklung und Eisenkern. Oben: Hauptpole und Spaltpole mit Kurzschlusswicklungen.



Abbildung 45: Unten: Hauptwicklung und Eisenkern mit Anschlussklemmen. Oben: Hauptpole und Spaltpole mit Kurzschlusswicklungen



Abbildung 46: Alle Teile des Spaltpolmotors.

Einzelteile

- *Kommutator* oder *Kollektor* oder *Polwender* oder *Stromwender*: Mechanischer Schalter zur Umkehrung der Stromrichtung in Stromkreisen. Bei Motoren ein zylindrisches Konstruktionselement, das aus voneinander isolierten und mit der Ankerwicklung verbundenen Kupferlamellen zusammengesetzt ist. Es bewirkt mit den auf seiner Oberfläche schleifenden Bürsten eine periodische Umschaltung und Frequenzwandlung des zu- und abgeführten elektrischen Stromes.⁹
- *Anker*: Der Anker ist ein mit Draht bewickelter Eisenkern. Der Teil des Motors, in dessen Wicklungen Spannungen induziert werden, die für die Arbeitsweise der Maschine bestimmend sind. Es kann beim Elektromotor sowohl der Ständer als auch der Läufer sein.¹⁰
- *Feldmagnete*: Die Feldmagnete sind am inneren Umfang des Gehäuses (Ständer) angebrachte Elektromagnete, die ein ruhendes Magnetfeld erzeugen.
- *Rotor* oder *Läufer*: Rotierendes Teil des Motors.
- *Stator* oder *Ständer*: Fest stehender Teil des Motors.
- *Statorklemmen*: Anschlussklemmen des Stators.
- *Leistung*: Die Leistung eines Motors errechnet sich aus dem Produkt der Stromaufnahme (Ampere) mit der Betriebsspannung (Volt) und wird in Watt angegeben.
- *Dreieckschaltung*: Schaltungsart für Drehstrommotoren, bei der das Ende der einen Spulenwicklung mit dem Anfang der nächsten in Reihe verbunden ist.
- *Sternschaltung*: Schaltungsart von Drehstrommotoren. Die Wicklungen sind mit einem Ende an dem Sternpunkt, die freien Enden an den spannungsführenden Leitungen angeschlossen, deren Wechselspannung um jeweils 120° gegeneinander phasenverschoben sind.¹¹
- *Drehzahl*: Umdrehungen einer Achse pro Zeiteinheit.
- *Drehzahl nach Getriebe*: Umdrehungen der Getriebeachse pro Zeiteinheit.
- *Getriebe*: Unter- bzw. Übersetzung der Drehzahl eines Motors mit Hilfe verschiedener im Getriebe befindlicher Zahnräder.
- *Drehrichtung*: Richtung der Drehung der Antriebsachse von vorne oder von hinten gesehen.
- *Stromaufnahme*: Menge des aufgenommenen Stromes unter Last in Ampere.

⁹ BROCKHAUS 1993. Bd. 3, S. 182

¹⁰ BROCKHAUS 1993. Bd. 1, S. 100.

¹¹ BROCKHAUS 1993. Bd. 5, S. 137.

Identifizierung anhand der Typenschilder

Die Leistungsschilder von Motoren variieren stark nach Herkunftsland und Baujahr. In Abb. Abbildung 47: Leistungsschild Elektromotor ist ein zeitgenössisches deutsches Leistungsschild dargestellt und in der Legende darunter bezeichnet.

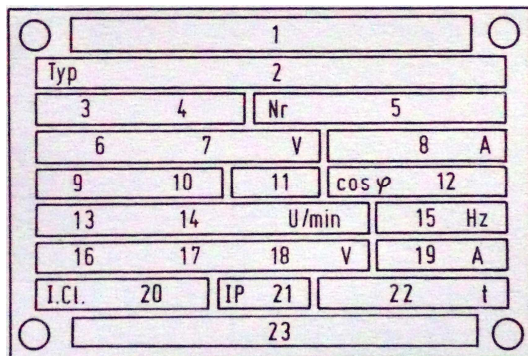


Abbildung 47: Leistungsschild Elektromotor¹²

Legende der Angaben:¹³

1. Hersteller
2. Typ, Baugröße
3. Stromart, z.B. Gleichstrom -, Drehstrom 3~
4. Arbeitsweise, z.B. Generator Gen, Motor Mot.
5. Fertigungsnummer, Baujahr
6. Schaltung der Wicklung, z.B. Y Sternschaltung, Δ Dreieckschaltung
7. Bemessungsspannung
8. Bemessungsstrom
9. Bemessungsleistung mit Einheit
10. Bemessungsleistung mit Einheit
11. Betriebsart
12. Leistungsfaktor
13. Drehrichtung
14. Drehzahl
15. Frequenz
16. Err. Erregung bei Gleichstrommaschinen
Lfr Läufer bei Asyn.-M.
17. Schaltung der Läuferwicklung

18. Erregerspannung
19. Erregerstrom, Läuferstrom
20. Isolierstoffklasse wie E, B, H
21. Schutzart
22. Gewicht
23. Zusätzliche Vermerke

Weitere mögliche Kurzformen:

- *Asynch*: Asynchronmotor
- *Synch*: Synchronmotor
- *RPM* oder *T/MIN* oder *vitesse*: Umdrehungen pro Minute (bei Motoren mit Getrieben unterscheidet sich die Motordrehzahl von der Drehzahl nach der Antriebsachse!)
- $\sim 50 \text{ Hz}$: Wechselstrom mit der Frequenz von 50 Hertz
- *VOLT*: Eingangsspannung in Volt
- *WATTS*: Leistungsaufnahme des Motors in Watt
- $2.5 \mu\text{F}$: Motor mit angeschlossenem Kondensator der elektrischen Speicherkapazität von 2.5 Mikro-Farad (μF).
- *PHASE 1*: Einphasiger Motor. Kann an das einphasige Stromnetz angeschlossen werden.
- *AMPS*: Stromaufnahme in Ampere.
- *Nm*: Drehmoment der Antriebsachse in Newton-Meter (Nm).
- *Service Continuu*: Motor ist für den Dauerbetrieb ausgelegt.

¹² FISCHER 1999, S. 386.

¹³ FISCHER 1999, S.387.

Erhalt von Elektromotoren

Elektromotoren verschleissen durch ihren Betrieb: Wicklungen können durchbrennen und Lager verschleissen. Die sind betriebsbedingte Schäden, die nur durch einen eingeschränkten Betrieb aufzuhalten sind. Anders stellt es sich mit korrodierenden Metallteilen von Motoren dar, die den Erhalt des Motors ernsthaft in Frage stellen – und aufgehalten werden können. Nach SEYFERT sind das „umgebungsbedingte Faktoren des Zerfalls“.

Betriebsbedingte Faktoren

„Betriebsbedingte Faktoren sind mechanische Kraftwirkungen, die Verschleiß und Materialermüdung verursachen. Bei Universalmotoren zählt dazu vor allem der Abrieb von Bürsten und Kommutator, sowie der Verschleiß der Lager. Die Standzeit der Bürsten beläuft sich bei Küchengeräten auf etwa 50-500 Betriebsstunden. Bei Wälzlagern wird eine Lebensdauer von bis zu 40000 Betriebsstunden angegeben. Man kann aber davon ausgehen, dass sich diese Angaben auf einen Betrieb bei Idealbedingungen beziehen, was für Haushaltsgeräte nicht unbedingt zutrifft.

Auch die betriebsbedingte Erwärmung des Motors hat Einfluss auf seine Lebensdauer, da Temperaturschwankungen zu einer unterschiedlichen Ausdehnung des Leitermaterials, der Isolierstoffe und des Blechpaketes und damit zu mechanischen Beanspruchungen der Isolierstoffe führen.

Die betriebsbedingten Probleme des Erhalts können durch den Stillstand des Motors vermieden werden. Andernfalls kommen nur noch Wartung, Reparatur und Austausch in Frage.“¹⁴

Reparaturen von handelsüblichen Motoren, sofern es sich nicht um Mikromotoren handelt, können in Zusammenarbeit mit einer spezialisierten elektromechanischen Werkstatt meist problemlos ausgeführt werden. Zudem wird das Äussere des Motors bei vorsichtiger Handhabung während der Reparaturen nicht beeinträchtigt.

Umgebungsbedingte Faktoren

„Zu den umgebungsbedingten Faktoren gehören vor allem Schmutz, Schadstoffe, Feuchtigkeit und Umgebungswärme. Sie können Zerfallserscheinungen unterschiedlicher Art auslösen oder beschleunigen, sowie Fehlfunktionen während des Betriebes verursachen. Im Gegensatz zu den betriebsbedingten Faktoren wirken sie sich zum Teil auch auf stillstehende Motoren aus.

Besonders relevant ist beim Einfluss von Feuchtigkeit die besondere Schadensform durch Eisenkorrosion, die wegen der besonderen, geblechten Bauform von Läufer und Ständer eintreten kann. Dabei rosten die Oberflächen der geschichteten Bleche auch im Innern des Bauteils, da Kapillarkräfte korrosionsauslösendes Elektrolyt von der Oberfläche dorthin transportieren können. Das führt zu einer Zerstörung der Isolierschicht und im fortgeschrittenen Stadium zu einer Deformierung des Bauteils durch

¹⁴ SEYFERT 2001. S. 159-164.

die voluminösen Korrosionsprodukte. Da die Bleche dicht aneinander liegen und in der Regel nicht demontierbar sind, können Schäden dieser Art im Frühstadium nur schwer erkannt werden.



Abbildung 48: Korrosion der Bleche am Läufer eines Universalmotors.

Weiterhin spielt auch der Zustand des Isolierlackes bzw. des Tränklackes der Wicklungen eine Rolle. Eingedrungene Feuchtigkeit kann das Isolationsniveau herabsetzen und beim Betrieb zu Kurzschlüssen und Wicklungsbrand führen, bzw. bei stillstehender Maschine Korrosion an den Wicklungsdrähten auslösen. Die Isolier- und Tränklacke basieren auf Naturharzen, trocknenden Ölen, Kunstharzen und modifizierten Kunstharzen.¹⁵

Pflege und Erhalt

Motoren sollten, sofern sie betrieben werden, in regelmässigen Abständen gereinigt werden. Ist ein Motor viel in Betrieb, wird er durch seinen Ventilator viel Luft ansaugen, was wiederum vermehrt zu Staubablagerungen führt. SEYFERT gibt deshalb an: „Für einen musealen Erhalt ist zunächst eine Entfernung von Schadstoffen und Fremdkörpern notwendig.“¹⁶ Dies kann trocken oder feucht geschehen und muss sich an den Materialien des Motors orientieren. Vorsicht ist mit allen Arten von Lösemitteln geboten, da diese nicht nur Aufschriften entfernen, sondern auch im Motor integrierte Kunststoffe angreifen können.

¹⁵ SEYFERT 2001. S. 159-164.

¹⁶ SEYFERT 2001. S. 159-164.

Konservierung und Aufbewahrung

„Die Konservierung von Universalmotoren ist in der Regel recht unproblematisch, da diese ohnehin meistens geschützt, innerhalb von Gehäusen untergebracht sind. Wichtig sind jedoch die klimatischen Bedingungen, denen sie ausgesetzt werden. Feuchtigkeit oder die Unterschreitung des Taupunktes kann besonders in Verbindung mit Schadgasen die bereits beschriebenen Korrosionserscheinungen des geblechten Eisens auslösen. [...] Eine gleich bleibende, möglichst niedrige, relative Luftfeuchtigkeit ist ebenfalls zu empfehlen. Der Einsatz von Trockenmitteln wie Silicagel ist innerhalb der Motoren- oder Gerätegehäuse besonders einfach und bedeut deshalb auch nicht unbedingt eine ästhetische Beeinträchtigung des Objekts. Für eine langfristige Wirksamkeit des Trockenmittels müssen dazu aber eventuell vorhandene Lüftungsöffnungen des Gehäuses abgedichtet werden. Dampfphaseninhibitoren können auf ähnliche Weise zum Einsatz kommen. Es muss nur geklärt werden, ob ein Inhibitor mit allen am Objekt vorkommenden Materialien, wie Kunststoffen, Lackschichten, Schmierstoffen, Leichtmetall-, Eisen- und Kupferlegierungen auch dauerhaft verträglich ist.“¹⁷

Instandsetzung und Erhalt der Betriebsfähigkeit

„Elektromotoren dürfen kurzzeitig über ihre Nennleistung hinaus belastet werden. Die Grenze dafür ist beim Drehstrommotor das Kippmoment, beim Gleichstrommotor die zulässige Beanspruchung des Kommutators. Im Dauerbetrieb wird die Belastbarkeit durch die Erwärmung begrenzt.“¹⁸ Motoren für den Dauerbetrieb sind als solche gekennzeichnet und haben Beschriftungen auf ihren Plaketten wie z.B. „service continu“.

„Betriebsbeschränkungen können vielleicht Fehlfunktionen vermeiden und die Lebensdauer eines Universalmotors verlängern, jedoch nicht den Verschleiß verhindern. Der Abrieb der Kohlebürsten ist ohnehin notwendig, da sie in ihrer Eigenart als Festschmierstoff während des Betriebes als Verbrauchsmaterial angesehen werden müssen.

Als Maßnahme zur Materialergänzung könnte theoretisch noch eine galvanische Abscheidung von Kupfer auf verschlissenen Kommutatorlamellen als Möglichkeit angesehen werden. Galvanische Überzüge wurden in der Restaurierung bereits bei anderen Materialien erfolgreich als Schutzschicht gegen Oberflächenverschleiß angewendet.“¹⁹

Für Reparaturen aller Art ist die Zusammenarbeit mit einer spezialisierten elektromechanischen Werkstatt dringend angeraten.

¹⁷ SEYFERT 2001. S. 159-164.

¹⁸ SEYFERT 2001. S. 159-164.

¹⁹ SEYFERT 2001. S. 159-164.

Quellenangabe

- BROCKHAUS 1993: Der Brockhaus in fünf Bänden. Achte, neu bearbeitete Auflage. Mannheim – Leipzig 1993-94.
- BROCKHAUS 2006: BROCKHAUS – Enzyklopädie in 30 Bänden. 21., völlig neu bearbeitete Auflage. Band 7 DIEU – EMAR. Mannheim 2006.
- BROCKHAUS DER NATURWISSENSCHAFT U. D. TECHNIK 1957: Brockhaus der Naturwissenschaft und der Technik. Vierte, neu bearbeitete Auflage des ABC Naturwissenschaft und Technik. Wiesbaden 1957.
- SEYFERT 2001: Karsten Seyfert: Möglichkeiten für den Erhalt von elektrischen Kleinantrieben : Die Restaurierung eines Haushaltsgerätes mit Universalmotor. Diplomarbeit im Fachbereich 5, Gestaltung, Studiengang Restaurierung/Grabungstechnik der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin. Berlin 2001.
- EGGER 2002: Marc Egger: Jean Tinguely's 'Balouba No.3' im Museum Ludwig, Köln. in: Kölner Museums-Bulletin, Nr. 2. Köln 2002. S. 4-12.
- EGGER DIPLOM 2002: Marc Egger: Jean Tinguelys Baloubas (1961-1963). Diplomarbeit an der Hochschule für Gestaltung, Kunst und Konservierung, Studiengang Konservierung und Restaurierung, Vertiefungsrichtung Moderne Materialien und Medien. Bern 2002.
- FISCHER 2004: Rolf Fischer; Elektrische Maschinen. Carl Hanser Verlag. München, Wien 2004.
- FISCHER 1999: Rolf Fischer; Elektrische Maschinen. Carl Hanser Verlag. München, Wien 1999.
- MÜLLER ET AL 2006: Gernar Müller, Bernd Ponick: Grundlagen elektrischer Maschinen. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim 2006.