



Jenfelder Allee 80 – 22045 Hamburg

Elektrofachkraft nach SQ Q1

Ruhende Maschinen

Elektro-Motoren

Datum	Dozent	Revision
20.03.2025	Lars Remke	1.1

Inhalt

1 Einleitung3

2 Allgemeine Grundlagen:.....4

2.1 Leistungsschild6

2.1.1 Motorleistung, Verlustleistung und Wirkungsgrad7

2.1.2 Drehmoment7

2.2 Betriebsarten8

2.3 Isolierstoffklassen9

3 Drehstrommotor10

3.1 Drehstromasynchronmotor mit Käfigläufer / Kurzschlussläufer10

3.1.1 Aufbau.....10

3.1.2 Aufbau der Ständerwicklung11

3.1.3 Aufbau des Läufers12

1 Einleitung

Elektrische Maschinen unterteilt man grundsätzlich in **rotierende** und **ruhende** elektrische Maschinen. Zu den **rotierenden** oder Rotationsmaschinen zählt man sämtliche Arten der Elektromotoren und Generatoren.

Als **ruhende** elektrische Maschinen werden die Transformatoren bezeichnet.

Die elektrische Maschine ist das wesentliche Element der elektrischen Energieversorgung und der Antriebstechnik. Hauptaufgaben sind die sichere, wirtschaftliche und umweltfreundliche Erzeugung elektrischer Energie, ihre verlustarme Umformung zur Weiterleitung und Verteilung und ihre nutzungsgerechte Anwendung in elektromotorischen Antrieben und Geräten. Die elektrische Maschine arbeitet in einem System der zentralen und dezentralen Energiewandlung. Man findet heute elektrische Maschinen als Generatoren in Kraftwerken und im Inselbetrieb, als Transformatoren und Umformer in elektrischen Anlagen und als Antriebsmotoren in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, in der Büro- und Datentechnik, im Haushalt und in Konsumgütern, in Werkzeugmaschinen und Robotern, in elektrischen Bahnen, Kraftfahrzeugen, Schiffen, in Luft- und Raumfahrt sowie in Inselbetrieben. Sonderausführungen werden z.B. in der Magnetschwebetechnik und bei induktiven Erwärmungsverfahren angewandt. Dabei werden Leistungen im Bereich mW bis GW umgesetzt.

2 Allgemeine Grundlagen:

Ein **Elektromotor** ist eine elektrische Maschine, die mit Hilfe von magnetischen Feldern hauptsächlich elektrische in mechanische Arbeit umwandelt. In Elektromotoren wird die Kraft, die von einem Magnetfeld auf die Leiter einer Spule ausgeübt wird, in Bewegung umgesetzt. Damit ist der Elektromotor das Gegenstück zum Generator. Elektromotoren erzeugen meist rotierende Bewegungen, sie können aber auch translatorische Bewegungen ausführen (Linearantrieb).

Elektromotoren und Generatoren dienen also der Umwandlung von Energie.

Bei dem „Generatorprinzip“ handelt es sich um die Umwandlung von Bewegungsenergie in elektrische Energie.

Das „Motorprinzip“ beschreibt die Umwandlung von elektrischer Energie in Bewegungsenergie.

Bei dieser Umwandlung spielen einige physikalische Grundwirkungen eine zentrale Rolle.

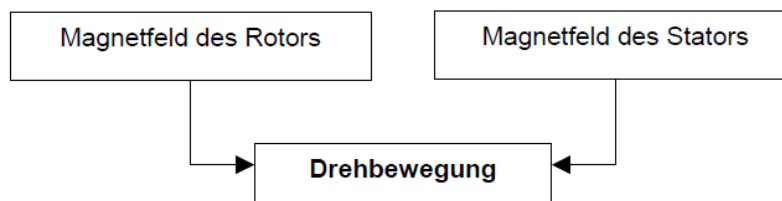
Elektromotoren nutzen

- die magnetischen Erscheinungen aus, die als Folge von Elektronenbewegungen auftreten (Elektromagnetismus, Magnetisches Feld).
- die mechanischen Kräfte, die auf die im Magnetfeld befindlichen stromdurchflossenen Leiter ausgeübt werden
- die durch ein veränderliches Magnetfeld (oder den Durchgang durch ein Magnetfeld) in einem Leiter erzeugte Spannung bestimmter Größe und Richtung (Induktion).

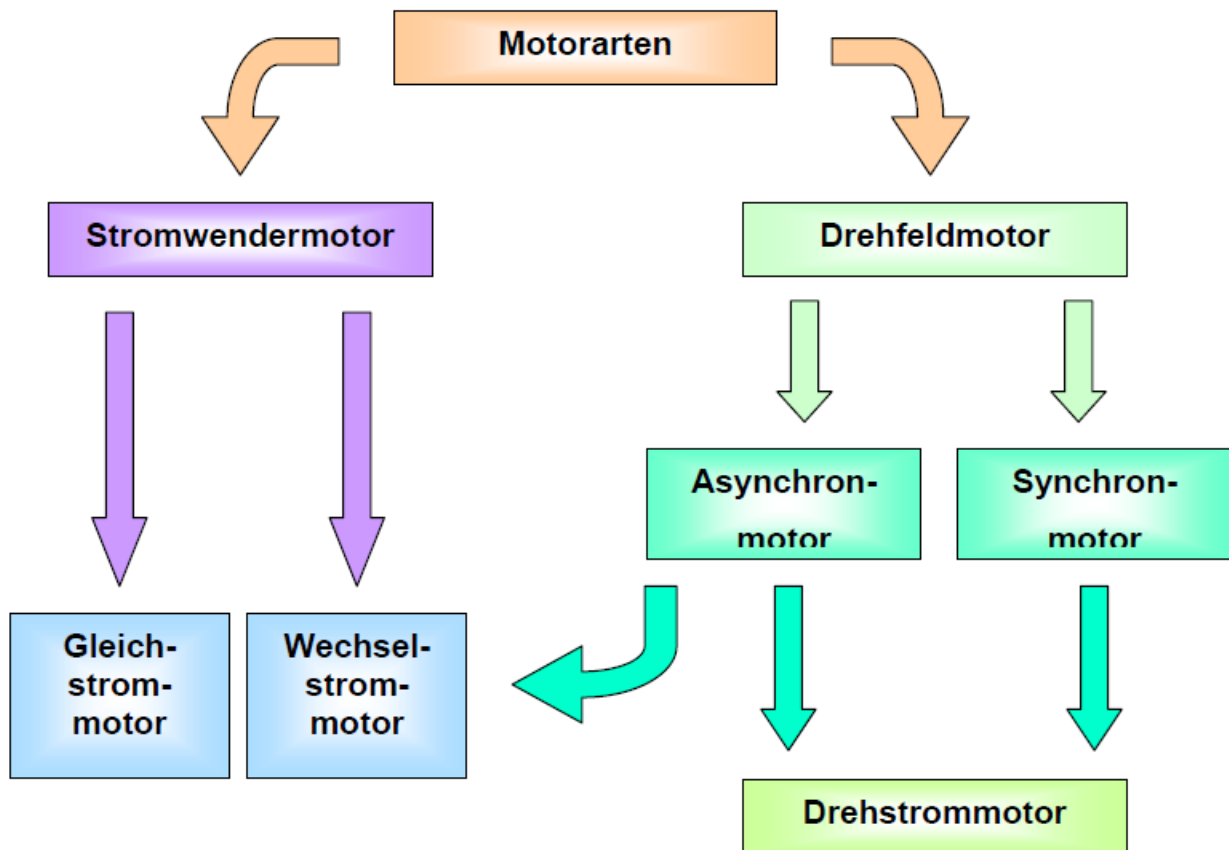
Alle Motoren bestehen aus einem

- feststehenden Teil (Stator oder Ständer) und
- einem beweglichen Teil (Rotor bzw. Läufer)

Stator und Rotor bilden jeweils ein eigenständiges Magnetfeld.



Bezüglich ihrer Stromversorgung wird im wesentlichen unterschieden zwischen **Drehstrommotoren**, **Wechselstrommotoren** und **Gleichstrommotoren**. In jeder dieser Gruppen gibt es aber noch eine Reihe von zum Teil recht unterschiedlichen Bauarten, so dass für jedes Antriebsproblem ein Motor mit optimalen Eigenschaften zur Verfügung steht.

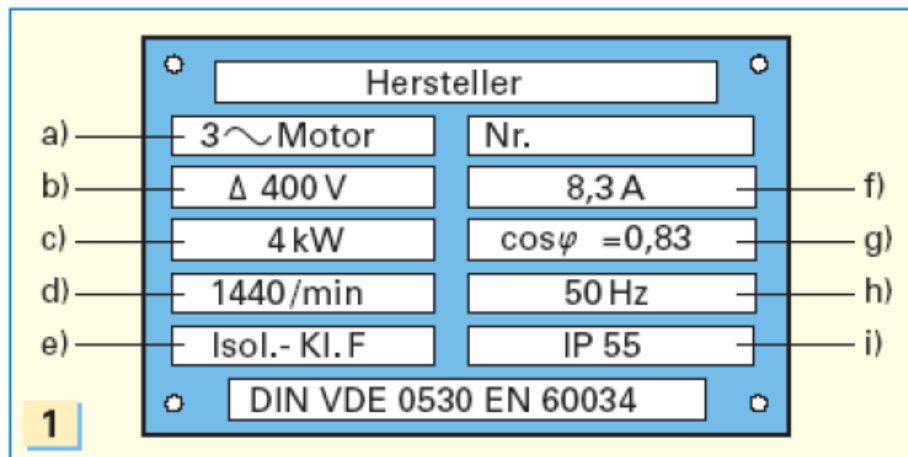


Neben den wichtigsten elektrischen Daten wie Bemessungsspannung, Einschaltstrom, Bemessungsstrom und elektrische Leistung sind für den praktischen Einsatz auch die mechanischen Größen wie Drehzahl, Drehmoment und mechanische Leistung von Bedeutung.

Das (genormte) Leistungsschild informiert den Benutzer über die Betriebsbedingungen und -grenzen der jeweiligen Maschine und steckt damit die auch Gewährleistung seitens des Herstellers ab.

Angaben, die sich auf den Normalbetrieb beziehen, wurden früher mit der Vorsilbe "Nenn"- , heute mit "Bemessungs-" belegt.

2.1 Leistungsschild



- a) Art der Maschine, Stromart (Drehstrommotor)
- b) Bemessungsspannung und Schaltung der Ständerwicklung
- c) Bemessungsleistung (abgegebene mechanische Leistung " P_{ab} ")
- d) Bemessungsdrehzahl
- e) Isolierstoffklasse
- f) Bemessungsstrom
- g) Wirkleistungsfaktor (bei Bemessungsleistung)
- h) Bemessungsfrequenz
- i) Schutzart

Zur Kostenminimierung und zur Vereinheitlichung von Motoren sind ihre Abmessungen, Drehzahlen, Betriebsspannungen usw. weitestgehend genormt. Die Werte dieser Größen sind in den entsprechenden DIN-Blättern aufgelistet. Solche Normmotoren lassen sich relativ kostengünstig in großen Stückzahlen fertigen. Für spezielle Anforderungen sind aber auch Motoren lieferbar, die von diesen Normen abweichen.

2.1.1 Motorleistung, Verlustleistung und Wirkungsgrad

Elektrische Maschinen wandeln elektrische Leistung in mechanische Leistung und umgekehrt.

Ein Elektromotor nimmt die elektrische Leistung

$$P_{zu} = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{Wechselstrommotor}) \text{ oder}$$

$$P_{zu} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{Drehstrommotor})$$

auf, und gibt die mechanische Leistung

$$P_{ab} = P_{mech} = M \cdot \omega$$

ab.

Bei einem Generator ist es entsprechend umgekehrt. Er nimmt mechanische Leistung auf und gibt elektrische Leistung ab.

In beiden Fällen geht die Verlustleistung P_v verloren:

$$P_v = P_{zu} - P_{ab}$$

Der Wirkungsgrad der Leistungsumwandlung ist dann:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

2.1.2 Drehmoment

Das Drehmoment M ist abhängig von der abgegebenen Leistung P_{ab} und der Winkelgeschwindigkeit ω .

$$P_{mech} = M \cdot \omega$$

Die Winkelgeschwindigkeit berechnet man folgendermaßen:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Statt der Winkelgeschwindigkeit ω wird bei elektrischen Maschinen die Drehzahl n in Umdrehungen pro Minute (min^{-1}) angegeben. Es muss also der Faktor „60“ mitberücksichtigt werden. Die mechanische Leistung beträgt dann:

$$P_{mech} = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \frac{\text{sec}}{\text{min}}$$

2.2 Betriebsarten

Betriebsart	Bedeutung
S1	Dauerbetrieb in konstantem Belastungszustand, dessen Dauer ausreicht, den thermischen Beharrungszustand zu erreichen.
S2	Kurzzeitbetrieb in konstantem Belastungszustand, der nicht solange dauert, daß der thermische Beharrungszustand erreicht wird und einer nachfolgenden Pause, die solange besteht, bis die Maschinentemperatur nicht mehr als 2 K (Kelvin) von der Kühlmitteltemperatur abweicht.
S3	Aussetzbetrieb ohne Einfluss des Anlaufvorganges, der sich aus einer Folge gleichartiger Betriebszustände zusammensetzt, von denen jede eine Zeit mit konstanter Belastung und eine Pause umfasst, wobei der Anlaufstrom die Erwärmung nicht merklich beeinflusst.
S4	Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorganges, der sich aus einer Folge gleichartiger Betriebszustände zusammensetzt, von denen jede eine merkliche Anlaufzeit, eine Zeit mit konstanter Belastung und eine Pause umfasst.
S5	Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorganges und der elektrischen Bremsung, der sich aus einer Folge gleichartiger Betriebszustände zusammensetzt, von denen jede eine merkliche Anlaufzeit, eine Zeit mit konstanter Belastung, eine Zeit mit schneller elektrischer Bremsung und eine Pause umfasst.
S6	Durchlaufbetrieb mit Aussetzbelastung, der sich aus einer Folge gleichartiger Betriebszustände zusammensetzt, von denen jede Zeit mit konstanter Belastung und eine Leerlaufzeit umfasst. Eine Pause entfällt.
S7	Durchlaufbetrieb mit Anlauf und elektrischer Bremsung, der sich aus einer Folge gleichartiger Betriebszustände zusammensetzt, von denen jede eine merkliche Anlaufzeit, eine Zeit mit konstanter Belastung und eine Zeit mit schneller elektrischer Bremsung umfasst. Eine Pause entfällt.
S8	Durchlaufbetrieb mit periodischer Drehzahländerung, der sich aus einer Folge gleichartiger Betriebszustände zusammensetzt, von denen jede eine Zeit mit konstanter Belastung und bestimmter Drehzahl und anschließend eine oder mehrere Zeiten mit anderer Belastung / Drehzahl (z.B. durch Polumschaltung) umfasst. Eine Pause entfällt.
S9	Durchlaufbetrieb mit nichtperiodischer Drehzahländerung, bei dem sich im allgemeinen Belastung und/oder Drehzahl innerhalb des zulässigen Betriebsbereiches nichtperiodisch ändern. Bei dieser Betriebsart treten oft Belastungsspitzen auf die weit über der Nennleistung liegen können.

2.3 Isolierstoffklassen

Die höchstzulässige Betriebstemperatur von Motoren hängt im wesentlichen von dem für die Wicklung verwendeten Isolierstoff ab.

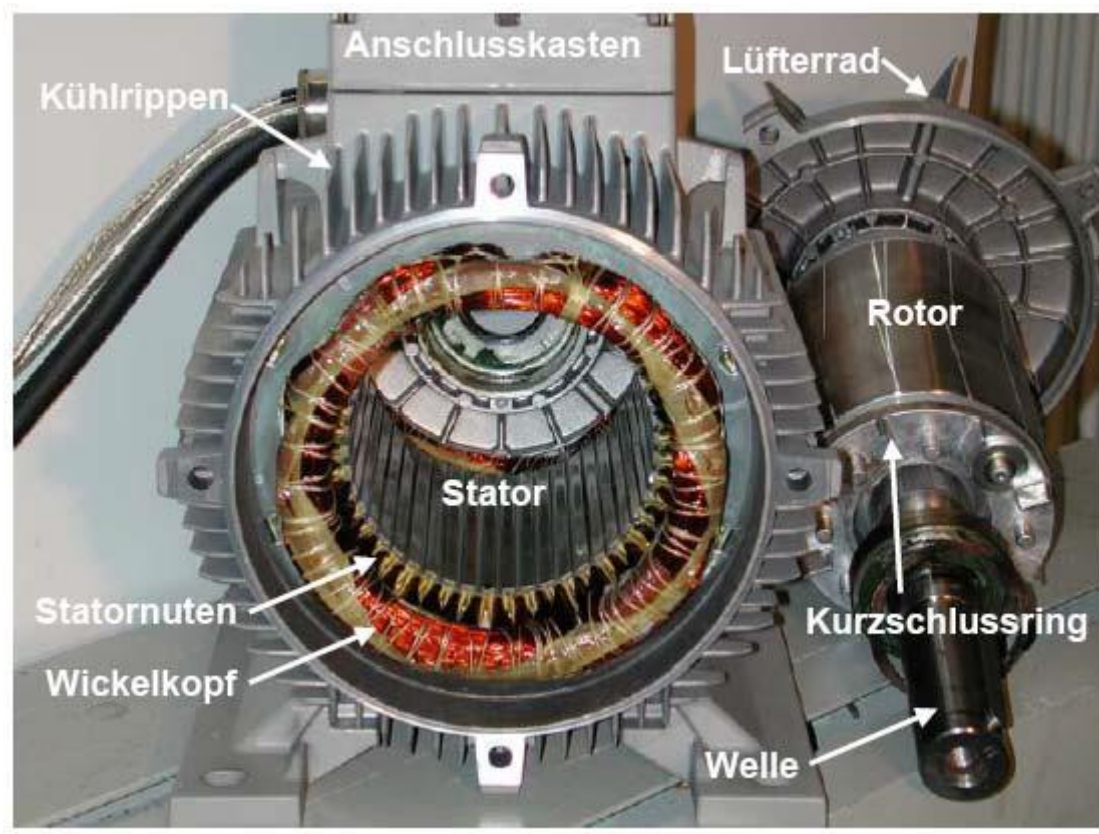
Isolierstoffklassen und höchstzulässige Dauertemperatur
(Umgebungstemperatur 40°C, Aufstellungshöhe bis 1000 m, Auswahl aus VDE 0530, Teil 1)

Klasse	Höchstzulässige Dauertemperatur	Isolierstoffe
A	105°C	Baumwolle, Naturseide, Kunstseide, Papier, Holz, Pressspan mit Lacken getränkt
E	120°C	Drahtlacke verschiedener Art, Pressteile mit mineralischen Füllstoffen
B	130°C	Glasfaser, Glimmerprodukte, Pressteile mit Zellulosefüllstoff Drahtlacke auf Imid-Polyesterbasis
F	155°C	Glasfaser, Glimmerprodukte, Drahtlacke auf Imid-Polyesterbasis
H	180°C	Glasfaser, Glasfaser mit Silikon-Harzen behandelt, Silikon-Kautschuk

3 Drehstrommotor

3.1 Drehstromasynchronmotor mit Käfigläufer / Kurzschlussläufer

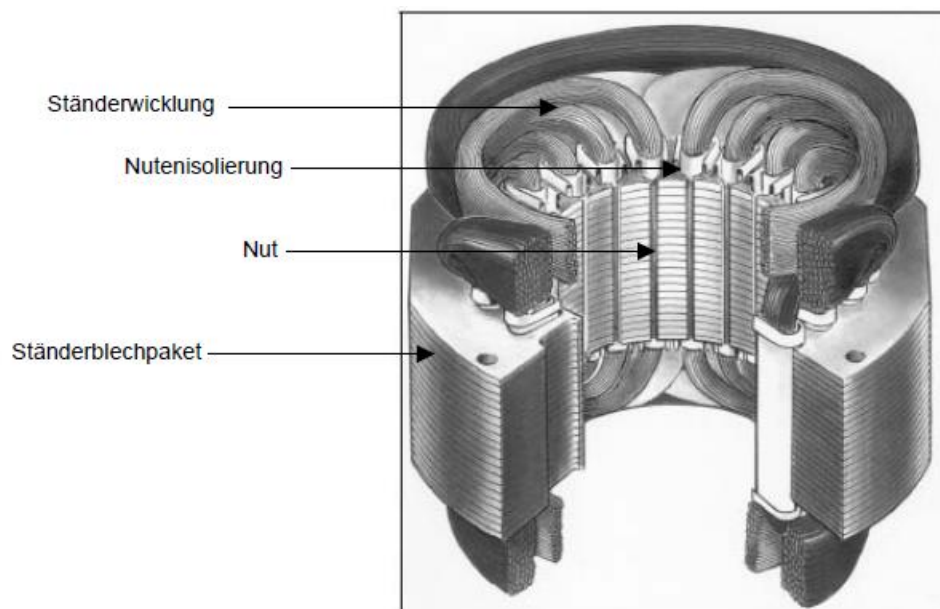
3.1.1 Aufbau



3.1.2 Aufbau der Ständerwicklung

Der Ständer besteht aus dem Gehäuse, dem Ständerblechpaket und der Ständerwicklung. Die Spulenanfänge und -enden sind an das Klemmbrett herausgeführt.

Das Ständerblechpaket besteht aus einzelnen isolierten Blechen die zu einem „Paket“ zusammengefügt sind. Durch diesen Aufbau werden Wirbelstromverluste verringert. In die Nuten des Stators sind die Wicklungen mit der Nutenisolierung eingelegt.



3.1.3 Aufbau des Läufers

Der Läufer ist aus dem auf der Welle aufgebrachten Blechpaket und den in Nuten eingebrachten Läuferstäben aus Aluminium oder Kupfer zusammengesetzt. An den Stirnseiten des Blechpaketes sind die Läuferstäbe durch Kurzschlussringe verbunden. Läuferstäbe und Kurzschlussringe bilden die Läuferwicklung und haben die Form eines Käfigs (Käfigläufer).



Kurzschlussläufer

