

Spennrath-Kirstein
Grundlagen der Elektrotechnik.

I. Teil.

Grundlagen der Elektrotechnik

von

O. Kirstein

Beratender Ingenieur.

Dritte neubearbeitete Auflage von:

Die Bedienung und Wartung elektrischer Anlagen und Maschinen

von

Jos. Spennrath

weil. Direktor der städt. gew. Schulen usw. in Aachen.

- I. Teil: Einführung in die Grundlagen der Elektrotechnik.
- II. Teil: Einführung in den Bau und die Wirkungsweise der elektrischen Maschinen.



Berlin W

Verlag von M. Krayn.
1923.

Einführung in die **Grundlagen der Elektrotechnik**

von

Joseph Spennrath.

Dritte neubearbeitete Auflage

von

O. Kirstein

Beratender Ingenieur.

Mit 135 Abbildungen im Text.



Berlin W
Verlag von M. Krayn.
1923.

Alle Rechte vorbehalten, namentlich das der Übersetzung.

Vorwort zur 3. Auflage.

Auf Veranlassung des Verlages habe ich die Bearbeitung der 3. Auflage von Spennrath: Die Bedienung und Wartung elektrischer Anlagen und Maschinen übernommen. Entsprechend dem neubearbeiteten Inhalt ist der Haupttitel geändert worden. Das Werk hat in seinen bisherigen Auflagen große Verbreitung und Anerkennung gefunden. Bei der Neubearbeitung war ich bestrebt, den Grundcharakter des Buches vor allem zu belassen, so daß das vorliegende Werk als Einführung in die Elektrotechnik dienen soll, und zwar zum Selbststudium als auch als Lehrbuch für Schulen. Vor allem habe ich die Praxis berücksichtigt, verschiedene Tabellen sind erweitert und der Jetztzeit entsprechend umgearbeitet. Bei dem Abschnitt über Blitzableiter sind die neuesten Forschungen berücksichtigt.

Ich habe das Bestreben gehabt, in einfacher, leicht verständlicher Form die Vorgänge darzustellen, damit jeder, der in die Grundlage der Elektrotechnik eindringen will, ohne große Anstrengung sich schnell über alle Fragen unterrichten kann. Das jedem Bande beigegefügte Sachregister wird den Gebrauch des Buches erleichtern.

Berlin W 15, im Februar 1923.

O. Kirstein.

Inhaltsverzeichnis zu Band I.

	Seite
Einleitung	1—15
Kraft, Maße	1
Arbeit	2
Leistung, Arbeitsstärke, Effekt	3
Energie	4
Kraftmaschinen	5
Wirkungsgrad	6
Kupplungen, Übersetzungen, Riemen	8
Eigenschaften und Wirkungen der Elektrizität	15—32
Leiter, Nichtleiter	15
Ruhende und bewegte Elektrizität	16
Verlauf des Stromes	17
Gleichstrom, Drehstrom	17
Widerstand (Ohm), spezifischer Widerstand	18
Elektrizitätsmenge (Coulomb)	23
Stromstärke (Ampere), Amperestunde	24
Spannung (Volt) Ohmsches Gesetz	25
Leistung (Watt), Kilowattstunde	27
Erzeugung von Wärme (Joule), Joulesches Gesetz	28
Belastung von Leitungen, Gewicht	32
Schaltungen	33—52
Reihen- und Parallelschaltung	33
Stromstärke bei Reihen- und Parallelschaltung	37
Kirchhoffsches Gesetz	47
Widerstandsmessungen, Wheatstonesche Brücke	49
Magnetismus	53—69
Arten der Magnete	53
Deklination, Inklination	54
Bestimmung der Polarität, Influenz	55
Herstellung von Magneten	57
Permanenter, remanenter Magnetismus, Temperaturkoeffizient	58
Magnetische Kraftlinien	59
Feldstärke, Permeabilität, Induktion	62
Hysteresis	67

— VIII —

	Seite
Elektromagnetismus	69—114
Kraftlinien	69
Amperesche Regel	70
Kraftlinien in Drähten und Spulen	70
Amperewindungen	73
Magnetomotorische Kraft, magnetische Stromstärke	76
Elektromagnete	
Induktion	80
Selbstinduktion	101
Wirbelströme	103
Induktionsapparate	104
Kondensatoren	110
Atmosphärische Elektrizität, Blitz, Blitzableiter	115—119
Dauer der Entladungen, Stromstärke	115
Ausführung von Blitzschutzanlagen	116
Sachregister	120—124

Einleitung.

1. Kraft. Masse. Zu allem, was wir unternehmen, ist eine bestimmte Kraft nötig. Sie muß vorhanden sein, um Gegenstände fortbewegen zu können.

Sie ist die Ursache der Beschleunigung einer Masse. Nennen wir die Kraft P , die Beschleunigung p und die Masse m , so ist

$$P = m \cdot p$$

oder in Worten ausgedrückt: Die Kraft ist gleich dem Produkt aus Masse mal Beschleunigung.

Es ist bekannt, daß jeder Körper unter dem Einflusse der Schwere oder Anziehungskraft der Erde eine Beschleunigung beim freien Fall erfährt, so daß zwischen dem Gewicht eines Körpers, der Beschleunigung und der Masse folgende Beziehung besteht:

$$G = m \cdot g,$$

worin G das Gewicht, g die Beschleunigung des freien Falles und m die Masse bezeichnet.

Erfahrungsgemäß ist nun an demselben Punkte der Erde die Beschleunigung für alle Körper gleich groß. Für Mitteldeutschland ist sie zu 9,81 m/sec berechnet worden.

Ist aber die Beschleunigung an einem Punkte der Erde für alle Massen gleich groß, so folgt daraus, daß die Massen dem Gewichte der Körper proportional sind.

In der Technik sind die Grundeinheiten für die Länge das Meter (m), für die Zeit die Sekunde (sec) und für das Gewicht das Kilogramm (kg).

2. Arbeit. Nur durch Arbeit ist es möglich, daß die Wirtschaft aufrechterhalten bleibt, nur durch sie können die Menschen Werte schaffen, welche zum Unterhalt nötig sind. Um eine gewisse Arbeit zu verrichten, ist eine ganz

bestimmte Kraft aufzuwenden, welche einen gewissen Weg zu durchlaufen hat.

Die Größe der Arbeit ist demnach abhängig von der Größe der aufgewendeten Kraft und von der Größe des Weges, welcher unter dem Einfluß der Kraft zurückgelegt ist.

Arbeit ist das Produkt aus Kraft und Weg. Nennt man die Arbeit A , den Weg s und die Kraft P , so ist

$$A = P \cdot s.$$

In der Technik gilt als Einheit der Arbeit das Meterkilogramm (mkg) oder das Kilogrammeter (kg/m), d. i. die Arbeit von 1 kg auf einem Wege von 1 m Länge.

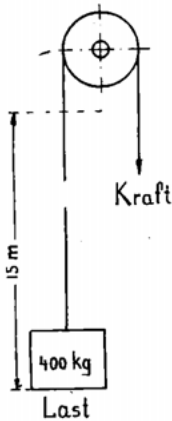


Fig. 1.

In Fig. 1 ist gezeigt, wie mit einer Rolle eine Last von 400 kg auf eine Höhe von 15 m gehoben wird. Die Kraft ist gleich 400 kg, der Weg gleich 15 m. Nach der Formel $A = P \cdot s$ ist

$$A = 400 \cdot 15 = 6000 \text{ m/kg.}$$

Es wird demnach, um eine Last von 400 kg 15 m hoch zu heben, eine Arbeit von 6000 m/kg geleistet werden müssen.

Im praktischen Leben dienen nun zur Unterstützung der Arbeiter Flaschenzüge, Winden, Hebel, schiefe Ebenen usw. Unter Zuhilfenahme dieser Maschinen wird die Arbeit nicht verringert, es wird aber an Kraft gespart, wobei dann eine Verlängerung des Weges zu berücksichtigen ist.

In Fig. 2 ist eine schiefe Ebene dargestellt, auf welcher ein Wagen von 800 kg Gewicht von der Ebene a auf die 10 m höher liegende Fläche b befördert werden soll. Wäre die schiefe Ebene nicht vorhanden, so müßte eine Kraft von 800 kg gebraucht werden. Da die schiefe Ebene vorhanden ist, wird der Weg verlängert, und zwar um das fünffache in dem vorliegenden Falle. Die aufzuwendende Kraft ist nun

$$800 \cdot \frac{10}{50} = 160 \text{ kg.}$$

Es ist demnach in dem vorliegenden Beispiel nur der fünfte Teil der Kraft aufzuwenden, da eine schiefe Ebene vorhanden ist.

3. Leistung. Arbeitsstärke. Effekt. Hierunter versteht man die in der Zeiteinheit verrichtete Arbeit, es ist demnach die in einer Sekunde geleistete Arbeit der Effekt. Man berechnet eine Leistung, indem man die Arbeit durch die Zahl der Sekunden dividiert. In obigem Beispiel sei der Wagen auf der schiefen Ebene während 40 Sekunden von unten nach oben befördert, so ist die Arbeitsleistung

$$\frac{8000}{40} = 200 \text{ mkg/sec.}$$

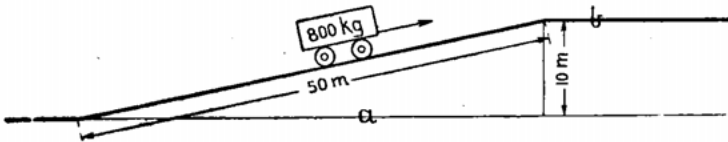


Fig. 2.

In der Technik legt man als Einheit eine Arbeitsleistung zugrunde, welche in einer Sekunde 75 mkg leistet, man nennt sie eine Pferdestärke (PS).

$$1 \text{ PS} = 75 \text{ mkg/sec.}$$

Die englische Pferdestärke (horsepower, HP) ist etwas größer als die deutsche. Es ist

$$1 \text{ HP} = 550 \text{ Fußpfund,}$$

wobei 1 Pfund = 0,454 kg und 1 Fuß = 0,305 m ist.

1 HP ist demnach gleich $550 \cdot 0,454 \cdot 0,305 \text{ kg} = 76,159 \text{ mkg}$.

Der Unterschied zwischen der deutschen und der englischen Pferdestärke ist demnach 1,159 mkg, es ist

$$1 \text{ HP} = 1,014 \text{ PS.}$$

Bezeichnen wir mit

A die Leistung in mkg,

PS die Leistung in Pferdestärken,

t die Zeit in Sekunden,

so erhalten wir die Formel

$$\text{PS} = \frac{A}{t}.$$

Eine Maschine von 10 PS gebrauche zur Verrichtung einer Arbeit von 45000 mkg eine Zeit, die nach vorstehender Formel berechnet werden soll.

$$t = \frac{A}{PS} = 45000 : 10 \cdot 75 = 45000 : 750 = 60.$$

D. i., um diese Arbeit zu leisten, gebraucht die Maschine 60 Sekunden oder 1 Minute.

Eine Maschine von 1000 PS leistet während 10 Stunden eine Arbeit von $1000 \cdot 10 = 10000$ PS/Std. $= 10000 \cdot 60 = 600000$ PS/min. $= 10000 \cdot 3600 = 36000000$ PS/sec.

3. Energie. Unter Energie versteht man die Fähigkeit eines Körpers, Arbeit zu verrichten. Wir unterscheiden in kinetische und potentielle Energie.

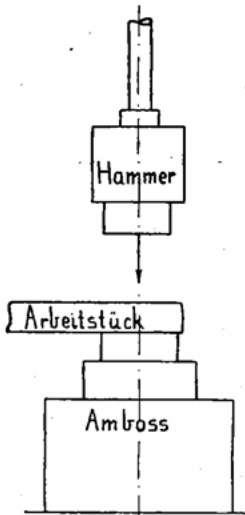


Fig. 3.

Kinetische Energie ist die Fähigkeit zur Arbeit, welche einem Körper innewohnt, der sich in Bewegung befindet. Man nennt diese Fähigkeit in der Physik lebendige Kraft.

So wird ein rollender Eisenbahnwagen andere, auf welche er stößt, in Bewegung setzen, eine Kanonenkugel wird Mauern und Bäume, auf welche sie in ihrem Fluge trifft, zerschmettern, ein fahrender Wagen wird kleine Hindernisse aus dem Wege räumen.

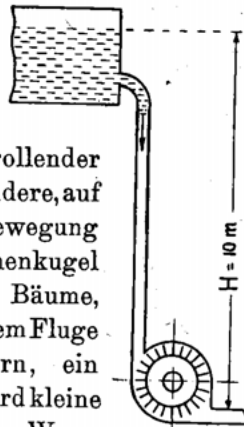


Fig. 4.

Im Gegensatz zu der kinetischen Energie ist potentielle Energie, die Arbeitsfähigkeit, welche ein Körper besitzt.

So wird (Fig. 3) ein herabfallender Hammer auf ein auf einem Amboß liegendes Arbeitsstück einwirken. In gleicher Weise treibt herabfallendes Wasser (Fig. 4) ein Wasserrad.

Die Schwerkraft wirkt mit gleicher Stärke und erzeugt so stets einen gleichen Zuwachs der Geschwindigkeit. Bezeichnet man mit v die nach t Sekunden erlangte Endgeschwindigkeit, mit g die Schwerkraft, so erhält man

$$v = gt, s = \frac{1}{2} gt^2, v = 2 \sqrt{gs}.$$

Auch durch Temperaturunterschiede kann potentielle Energie geleistet werden:

Wenn z. B. bei einem Brande eines Gebäudes mit eisernen Trägern diese heiß werden, dehnen sie sich und treiben das Mauerwerk auseinander. Automobile und Gas-

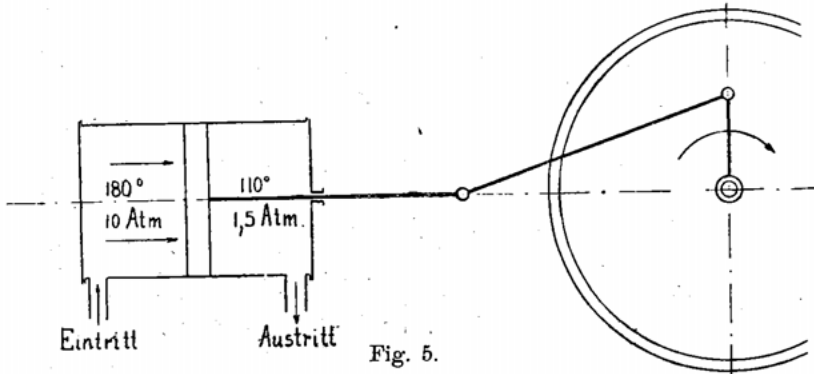


Fig. 5.

motoren werden durch diese Temperaturunterschiede angetrieben, ebenso Dampfmaschinen (Fig. 5).

Hochgespannte Dämpfe strömen in den Zylinder der Maschine und treiben den Kolben vor sich her. In Fig. 5 tritt der Dampf mit einem Druck von 10 at und einer Temperatur von 180° ein. Auf der Austrittsseite besteht ein Druck von nur 1,5 at bei 110°.

Man kann sich merken, daß man jede Energieform im allgemeinen in eine beliebige andere umformen kann, sowie daß sich jede Energieform in mechanische Arbeit und umgekehrt verwandeln läßt.

4. Kraftmaschinen. Die Kraftmaschinen kann man in zwei Gruppen einteilen, in solche, welche lebendig sind, und solche, welche belebt werden.

A. Lebende Maschinen sind Mensch und Tier.

B. Kraftmaschinen sind

Wasserkraftmaschinen Hierzu gehören Wasserräder, Turbinen, hydraulische Pressen.

Sie sind in ihrer Leistung abhängig von der Wassermenge und der Gefällshöhe. Pressen sind von dem Druck abhängig, mit dem das Wasser wirkt.

Windkraftmaschinen. Hierzu gehören die bekannten Windmühlen und die Windturbinen. Sie sind abhängig von der Stärke des Windes. Wegen der unregelmäßigen Stärke und Dauer in Deutschland ist der Wind eine unzuverlässige Antriebskraft.

Wärmekraftmaschinen. Hierzu rechnen Dampfturbinen, Dampfmaschinen, Heißluftmaschinen. Diese nutzen die Wärme indirekt aus.

Gasmaschinen, welche die Wärme in gasförmigem Zustand unmittelbar ausnutzen, der Brennstoff kann gasförmig sein, z. B. Steinkohlengas, oder er kann flüssig sein und für den Gebrauch erst vergast werden, z. B. Benzol, Benzin, Petroleum, Spiritus, Gasöl usw.

Die Leistung aller Dampf- und Gasmaschinen ist abhängig von der in der Sekunde auftretenden Dampf(Gas)-menge, von den Temperaturunterschieden zwischen dem zugeführten und abgeleiteten Dampf.

Elektromotoren. Diese werden mit Gleichstrom und Wechselstrom betrieben.

5. Wirkungsgrad. Wenn Arbeit geleistet wird, geht ein Teil derselben verloren, z. B. durch Reibung der Räder auf dem Pflaster, durch Reibung der Räder auf der Achse. Es muß demnach die zugeführte Energie größer sein, als die Nutzleistung an und für sich erfordert.

Man nennt „Gesamtwirkungsgrad“ das Verhältnis der gewonnenen Nutzarbeit zu der aufgewendeten Energie. Unter „Nutzleistung“ oder „effektiver Leistung“ versteht man die Arbeit in PS, welche von einer Maschine in einer Sekunde abgegeben wird.