

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inv.

488

bliothek

LIEBE

WIND-ELEKTRIZITÄT

Band
114

Band
114

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY IN BERLIN.

Jeder Band
einzeln käuflich.

THAER-BIBLIOTHEK

Preis des Bandes
in Leinen geb. 2,50 M.

Ackerbau und Düngerwesen.

- Praktische Bodenkunde von Dr. A. Nowacki, Professor in Zürich. 5. Auflage.
 Käufliche Düngestoffe von Dr. A. Rümpler in Breslau. 5. Auflage.
 Anwendung künstl. Düngemittel v. Prof. Dr. P. Wagner i. Darmstadt. 5. Auflage.
 Wolffs praktische Düngerlehre. Bearb. v. Dr. H. C. Müller, Halle a. S. 15. Auflage.
 Ernährung der landw. Kulturpflanzen von Prof. Dr. Ad. Mayer. 2. Auflage.
 Wolffs Anleitung zur chem. Untersuchung landw. Stoffe. 4. Auflage.
 Beurteilung und Begutachtung landw. wicht. Hilfsstoffe v. Dr. M. Passon.
 Die wichtigsten landw. Unkräuter von Dr. F. Bornemann.

Pflanzenbau.

- Babo's Tabaksbau, Neubearb. v. Landw. Lehrer Hoffmann, Bellheim. 4. Auflage.
 Wiesen- u. Weidenbau v. Dr. Burgdorf. Neubearb. v. Dr. M. Augustin. 6. Aufl.
 Anbau der Hülsenfrüchte v. Dr. C. Fruwirth, Professor in Wien. 2. Auflage.
 Knauers Rübenbau. Bearbeitet v. Prof. Dr. M. Hollrung i. Halle a. S. 10. Auflage.
 Flachsbau und Verarbeitung von R. Kuhnert in Preetz. 2. Auflage.
 Rationeller Futterbau von Dr. F. G. Stebler in Zürich. 7. Auflage.
 Praktischer Klee grasbau von Prof. Dr. A. Nowacki in Zürich. 4. Auflage.
 Samen und Saat von Dr. William Loebe-Leipzig.
 Getreidebau v. Dr. A. Nowacki, Prof. in Zürich, Gekrönte Preisschrift. 5. Auflage.
 Hopfenbau von Dr. C. Fruwirth, Prof. in Wien. 2. Auflage.
 Kartoffelbau von Geheimrat Dr. H. Werner, Professor in Berlin. 6. Auflage.
 Schädlinge der landw. Kulturpflanzen von Dr. E. Riehm.
 Forstkulturen von Urf, Kgl. Forstmeister in Grammentin. 3. Auflage.

Tierzucht und Fütterungslehre.

- Berlepsch's Bienenzucht, Bearbeitet von G. Lehzen in Hannover. 5. Auflage.
 Zoologie für Landwirte v. Dr. J. Ritzema Bos, Prof. in Wageningen. 6. Auflage.
 Pferde zucht v. Reg.-Rat F. Oldenburgi, Sondershausen, Gekr. Preisschrift. 2. Aufl.
 Rindviehzucht von Ökon.-Rat Dr. V. Funk. 7. Auflage.
 Milchwirtschaft von Ökon.-Rat Dr. V. Funk. 2. Auflage.
 Viehhaltung und Alpwirtschaft von Dr. P. Schuppli. 2. Auflage.
 Wirtschaftsfeinde aus dem Tierreich von Dr. G. von Hayek, Prof. in Wien.
 Meyer, Schweinezucht. 7. Auflage.
 Schafzucht von J. Heyne, Schäferdirektor in Leipzig.
 Pribyls Geflügelzucht, Neubearb. v. Bruno Dürigen. 6. Auflage.
 Konservierung der Futterpflanzen von Dr. F. Albert, Prof. in Königsberg.
 Widersetzlichkeiten des Pferdes von B. Schoenbeck. 2. Auflage.
 Landw. Haustierkunde von Dr. A. Koch.

Betrieb.

- Landw. Betriebslehre v. Seelhorst. 4. Aufl.
 Landw. Buchführung v. Seelhorst. 10. Aufl.
 Geschichte der Landwirtschaft v. Seelhorst. 5. Auflage.
 Rechtsbeistand der Landwirtschaft v. Seelhorst. 4. Auflage.
 Das Schriftwesen der Landwirtschaft v. Seelhorst. 4. Auflage.
 Wirtschaftsdirektion v. Seelhorst. 3. Auflage.
 Handelskunde der Landwirtschaft v. Seelhorst. 2. Auflage.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296181

Zur Beachtung!

Die durch den Krieg verursachten wirtschaftlichen Verhältnisse haben eine derartige gewaltige Steigerung der Herstellungskosten der Bände der Thaer-Bibliothek (Papier, Satz und Druck, Einbände) zur Folge gehabt, daß es erforderlich ist, wenigstens einen Teil dieser Mehrkosten durch Erhöhung des Einheitspreises der Bände auf

2,80 M.

zu decken. Es ist dies seit über 40 Jahren die erste Preiserhöhung; auch sie wäre nicht erfolgt, wenn es nicht zur Unmöglichkeit geworden wäre, den früheren Preis noch länger beizubehalten.

Berlin, am 1. Juli 1916.

Paul Parey,
Verlagsbuchhandlung.

Jeder Band
einzeln käuflich. **THAER-BIBLIOTHEK** Preis des Bandes
in Leinen geb. 2,50 M.

Landwirtschaftliche Gewerbe.

Apfelweibereitung von Dr. Ernst Kramer in Klagenfurt.
Bierbrauerei von Dr. C. J. Lintner, Professor in München. 4 Auflage.
Ziegelei von Otto Bock, neubearb. v. A. Nawrath, Ziegelei-Ing. in Berlin. 4 Aufl.

Baukunde.

Engels Pferdestall (Bau und Einrichtg.) neubearb. v. Reg.-Baum. G. Meyer. 3. Aufl.
Engels Viehstall (Bau u. Einricht.), neubearb. v. Reg.-Baum. G. Meyer. 4. Auflage.
Schuberts ldw. Baukunde. Neubearb. v. Reg.-Baumeist. G. Meyer. 8. Auflage.
Geflügelställe (Bau u. Einricht.) v. Professor A. Schubert in Kassel. 3. Auflage.

Kulturtechnik, Maschinenkunde, Ingenieurwesen.

Landw. Geräte und Maschinen v. W. Strecker, Prof. in Leipzig. 10 Auflage.
Schuberts ldw. Rechenwesen. Bearb. v. H. Kutscher in Hohenwestedt. 4. Aufl.
Be- u. Entwässerung der Äcker u. Wiesen v. Ök.-Rat L. Vincent. 4. Auflage.
Wüsts Feldmessen u. Nivellieren. Bearb. v. Prof. Dr.-Ing. A. Nachtweh. 7. Aufl.
Der Landwirt als Kulturingenieur v. Fr. Zajicek, Prof. in Mödling. 3. Auflage.
Landw. Plan- und Situationszeichnen von H. Kutscher in Hohenwestedt.
Wind-Elektrizität von Dr.-Ing. G. Liebe in Dresden.

Veterinärwesen.

Englischer Hufbeschlag von H. Behrens, Lehrschmied in Rostock. 2. Auflage.
Eingeweidewürmer der Haussäugetiere von Dr. J. Dewitz in Berlin.
Landw. Haustierkunde von Dr. med. vet. A. Koch in Mödling.
Gesundheitspflege der ldw. Haussäugetiere v. Prof. Dr. Klimmer. 2. Auflage.
Landw. Giftlehre von Med.-Rat Dr. G. Müller, Professor in Dresden.
Der kranke Hund von Med.-Rat Dr. G. Müller, Prof. in Dresden. 3. Auflage.
Der gesunde Hund von Med.-Rat Dr. G. Müller, Prof. in Dresden. 2. Auflage.
Geburtshilfe von Amtstierarzt Tapken in Varel. 3. Auflage.

Jagd, Sport und Fischerei.

Künstl. Fischzucht v. M. von dem Borne. Neubearb. v. H. v. Debschitz. 5. Aufl.
Süßwasserfischerei von M. von dem Borne.
Teichwirtschaft v. M. von dem Borne. Neubearb. v. H. v. Debschitz. 5. Auflage.
Goeddes Fasanenzucht. Bearb. v. Fasanenjäger Staffell in Fürstenwald. 4. Aufl.
Jagd-, Hof- und Schäferhunde von Ernst Schlotfeldt in Hannover. 2. Auflage.
Ratgeber beim Pferdekauf v. Stallmeister B. Schoenbeck in Hörter. 4. Aufl.
Reiten und Fahren von Major R. Schoenbeck in Berlin. 5. Auflage.

Gartenbau.

Gehölzzucht v. J. Hartwig. Grossh. Hofgarteninspektor in Weimar. 2. Auflage.
Gewächshäuser v. J. Hartwig, Umgearb. v. Obergärtner C. Reiter. 3. Auflage.
Meyers Immerwährender Gartenkalender. 5. Auflage.
Obstbau v. R. Noack. Neubearb. von Obergärtner Mütze in Dahlem. 5. Auflage.
Obstverwertung von Karl Huber, Kgl. Garteninspektor.
Rümpfers Zimmergärtnerei. Bearb. v. W. Mönkemeyer in Leipzig. 3. Auflage.
Gärtnerische Veredlungskunst v. O. Teichert. Bearb. v. Fintelmann. 3. Aufl.
Gemüsebau von B. von Uslar. Neubearb. von Amtsrat Koch. 5. Auflage.
Gärtnerische Betriebslehre v. A. Bode, Obst- u. Gartenbaulehrer in Altenburg.
Gartenblumen (Zucht und Pflege) v. Th. Rümpler. Neubearb. v. O. Krauss. 3. Aufl.
Weinbau und Weinbehandlung von A. Dern.

Landwirtschaftliche Hefte

Herausgeber: Dr. L. Kießling, Professor in Weihenstephan.

Weitere Hefte sind in Vorbereitung.

Jedes Heft ist einzeln käuflich.

Preis jedes Heftes 80 Pf. 20 Exempl. gemischt für 14 M. 50 Exempl. gemischt für 30 M.

1. **Der Einfluss der klimatischen Lage auf den Landwirtschaftsbetrieb in Deutschland.** Von Prof. Dr. A. Schneider in München.
2. **Kurze Einleitung in die Technik der Getreidezüchtung.** Von Dr. L. Kießling, Prof. in Weihenstephan. Mit Textabbildungen.
3. **Das Unkraut und seine Bekämpfung auf dem Ackerland.** Von Dr. C. Fruwirth, Prof. in Wien. Mit Textabbildungen und Tafeln.
4. **Zusammensetzung und Futterwert von Heu und Grummet.** Von Dr. Ahr, Prof. in Weihenstephan.
5. **Bodenkartierung und geologisch-agronomische Karten.** Von Dr. W. Koehne, Kgl. Geologe b. d. geolog. Landesuntersuchung in München.
6. **Die Bedeutung des Schafes für die Land- u. Volkswirtschaft.** Von Dr. Emil Pott, Professor in München.
7. **Wetterkunde und Landwirtschaft.** Von Dr. Aug. Schmauß, Direktor der Bayerischen meteorologischen Zentralstation. Mit 7 Textabbildungen.
8. **Anwendung und Wirkung von Eggen und Schlichten.** Von Dr. Gisevius, Prof. in Gießen. Mit 57 Textabbildungen.
9. **Walze, Krümmer, Kultivatoren und Federzahngeräte.** Von Dr. Gisevius, Prof. in Gießen. Mit 67 Textabbildungen.
10. **Über Kartoffeltrocknung und Kartoffelfütterung.** Von Dr. Paechtnr in Berlin. Zweite Auflage.
11. **Die Bedeutung — Licht- und Schattenseiten — der Maschinen im Landwirtschaftsbetrieb.** Von Prof. Dr. Schneider in München.
12. **Die Anlage von Dauerfutterflächen.** Von Dr. H. Lang in Hochburg.
13. **Die Pflege der Dauerfutterflächen.** Von Dr. H. Lang in Hochburg.
14. **Neuerungen an den Pflugwerkzeugen und der neueste Stand des Motorpfluges.** Von Dr. Gisevius, Prof. in Gießen.
15. **Das Obstgut.** Anleitung zur Anlage gewinnbringender landwirtschaftlicher Obstplantagen. Von A. Janson, Obstbauinspektor in Jena.
- 16/17. **Mechanische Sicherheitsvorrichtungen im Landwirtschaftsbetrieb.** Von Dr. H. Puchner, Prof. in Weihenstephan. Mit 79 Textabb.
18. **Feld- und Konservengemüsebau.** Von A. Janson, Obstbauinspektor in Jena.
- 19/20. **Ackerbauvereine und einschlägige Organisationsmassnahmen zur Förderung des Acker- und Saatfruchtbaues.** Von Dr. L. Kießling, Prof. in Weihenstephan.
21. **Die mechanische Saatgutzubereitung und ihr Einfluss auf Menge und Güte der Ernte.** Von Dr. Wacker, Prof. in Hohenheim. Mit 17 Textabbildungen.
22. **Der Anbau des Getreides mit neuen Hilfsmitteln und nach neuen Methoden.** Von Prof. Dr. C. Kraus, Geh. Hofrat in München. Mit 5 Textabbildungen.
23. **Hagel, Hagelschädenbeurteilung und Hagelversicherung.** Von Dr. W. Rehrbeck, Cöln.
24. **Steigerung der Pflanzenerträge unter dem Einflusse der Vegetationsfaktoren und der Bodenbearbeitung.** Von Dr. Mitscherlich, Prof. in Königsberg i. Pr.
25. **Die Gerste mit besonderer Berücksichtigung ihrer Eignung als Brauware.** Von C. Bleisch, Prof. in Weihenstephan. Mit 6 Textabb.
26. **Futtersilos und Silagefutter.** Von Dr. A. Stutzer, Geh. Reg.-Rat., Prof. in Königsberg. Mit 12 Textabbildungen.
27. **Einjährige Futterpflanzen und Gemenge solcher.** Von Prof. Dr. C. Fruwirth in Wien.
28. **Die Sicherung der Getreideernte, insbesondere durch die künstliche Trocknung.** Von Dr. J. F. Hoffmann, Prof. in Berlin.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

212 88962
528 9938

Typhul individualy

Wind-Elektrizität,

ihre Erzeugung
und Verwendung für ländliche
Verhältnisse.

Von

Dr.-Ing. Gottfried Liebe,
Dresden.



Mit 47 Textabbildungen.

Berlin

Verlagsbuchhandlung Paul Parey

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen

SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11

1915.

49

Alle Rechte, auch das der Übertragung, vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

I 488

Altenburg
Pierer'sche Hofbuchdruckerei
Stephan Weibel & Co.

Akc. Nr. _____

522/50

V o r w o r t.

Unter einer windelektrischen Anlage versteht man eine Einrichtung, bei der eine Windturbine oder eine Windmühle eine Dynamomaschine antreibt und auf diese Weise Elektrizität erzeugt wird, die man in Akkumulatoren aufspeichern kann. Derartige Anlagen sind schon vor etwa fünfzehn Jahren gebaut worden. Zu Anfang des Jahres 1901 bauten die Vereinigten Windturbinenwerke in Dresden als erste eine windelektrische Anlage. Die in Sachsen in einer Farbenfabrik ausgeführte Einrichtung hat daher eine gewisse historische Bedeutung. Im Oktober 1902 baute Professor Paul La Cour in Askov in Dänemark neben der Landwirtschaftlichen Hochschule daselbst eine Wind-Elektrizitätsanlage mit vierflügliger Windmühle auf. Inzwischen sind praktische Erfindungen auf dem Gebiete gemacht worden, und heute sind die windelektrischen Anlagen häufig angewendete, zuverlässige Einrichtungen. Ihre Aufgabe ist es, den Besitzern ländlicher Grundstücke die Annehmlichkeit des elektrischen Lichtes, einer automatischen Wasser- und billigen Kraftversorgung zu verschaffen. Wichtig sind die Anlagen für diejenigen Betriebe, die außerhalb des Bereiches einer Überlandzentrale liegen, deren Anschluß sonach kostspielig wäre. Angenehm ist die völlige Unabhängigkeit von fremden Betrieben und von der Zufuhr irgendwelcher Betriebsstoffe.

Professor La Cour hat für die Durchführung seiner Versuche vom dänischen Staat bis zum Jahre 1903 rund 100 000 Kr. erhalten. Es ist erklärlich, daß eine solche verständnisvolle Unterstützung Arbeitslust und Eifer weckt. In Deutschland sind für die Versuche auf diesem Gebiete von den Behörden keine Subventionen erteilt worden. Außer der

dänischen Regierung hat noch der ungarische Staat für Windkraftprobleme größere Beträge verwendet, einerseits für die von Professor Paul Sporzon an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Magyarovar durchgeführten Studien und ausgeführten Studienreisen, andererseits für die auf dem Königlichen Josephs-Polytechnikum in Budapest von den Vereinigten Windturbinenwerken errichtete Anlage. Eine Abbildung dieser Einrichtung ist auf Seite 124 gegeben. Die genannte Dresdner Fabrik hat im Jahre 1911 außerdem eine windelektrische Anlage bei der Königlichen Technischen Hochschule in Dresden aufgebaut; eine Abbildung ist gegeben auf Seite 124. Letztere Anlage habe ich als früherer Assistent der Hochschule viele Monate unter meiner Aufsicht gehabt und Messungen und Versuche daran vorgenommen.

Dresden, Frühjahr 1915.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
1. Das Wesen der Elektrizität.	1
Energie, allgemein.	1
Der Urquell aller Energieformen	1
Magnetismus	2
Elektromagnete	3
Induktionsströme	4
Das magnetische Feld	5
Magnetische Kraftlinien	5
Die Elektrizität	6
Der elektrische Strom	6
Die elektromotorische Kraft.	6
Die Spannung	7
Die Stromstärke.	7
Die elektrische Arbeit und elektrische Leistung	7
Der elektrische Widerstand	8
Die Beziehung zwischen den drei elektrischen Größen: Spannung, Stromstärke, Widerstand	9
Das Ohmsche Gesetz	10
Die Klemmenspannung	10
Kurzschluß	10
Leiter und Nichtleiter der Elektrizität	11
Schwachstromtechnik	12
Starkstromtechnik	12
Niederspannungsanlagen	12
Hochspannungsanlagen	12
Die verschiedenen Stromarten	12
2. Die Erzeugung von Elektrizität mittels Dynamomaschinen	13
Bestandteile der Dynamomaschine.	14
Die Entstehung des elektrischen Stromes in der Dynamomaschine bei dem erstmaligen Anlaufen	15
Mehrpolige Magnetgestelle	18
Die Entstehung der magnetomotorischen Kraft	18
Schaltung der Magnetwicklung	20

	Seite
Der Anker	20
Die Ankerwicklung	24
Wirkungsweise der Dynamomaschinen	25
Wechselstrommaschine	25
Gleichstrommaschine	26
Der Kollektor	27
Die Stromabnehmerbürsten	28
Die verschiedenen Arten von Gleichstromdynamos	29
Die Hauptstromdynamo	29
Die Nebenschlußdynamo	32
Die Winddynamomaschine	34
Die Selbstregulierung der Stahlwindturbinen	37
Die Antriebsarten der Dynamomaschinen	46
3. Die Auffpeicherung von Elektrizität in Akkumulatoren	49
Der patentierte Automat	51
Die Ladeschalttafel und ihre Schaltungen	58
Die Sicherungen	59
Schaltung von Automat und Zelle	60
Wirkung des Automaten und der Zelle	61
Windmessungen des Kaiser-Wilhelm-Instituts	65
Windstatistiken des Königlichen Meteorologischen Instituts in Berlin	66
Tabelle der Dunkelstunden	78
Akkumulatoren	78
Der Akkumulatorenraum	81
Die Füllung der Batterie	82
Die erstmalige Ladung der Batterie	83
Der Zellenschalter	84
4. Die Verteilung der Elektrizität	87
Die Verteilungsleitungen	87
Berechnung des Leitungsquerschnittes	88
Tabelle der Meterampere für verschiedene Querschnitte und Spannungsverluste	89
Normalien-Tabelle der blanken Kupferdrähte	90
Normalien-Tabelle der isolierten Leitungen	90
Die Isolation	91
Blanke Leitungen	94
Leistungsverlegung	95
Leistungsverbindung	95
Leistungsabzweigung	96
Einführung von Freileitungen in Gebäude	96

	Seite
Blitzschutzsicherungen	96
Hartgummirohre	97
Isolierte Leitungen	97
Innenleitungen	97
Rohrverlegung	98
Verschiedene Arten von Isolierrohr	99
Gummiaderleitungen	100
Gummiader-Zweifachleitungen	101
Installation in trockenen Räumen	101
Installation in feuchten Räumen	101
Installation in nassen Räumen	101
Installation in Viehställen	101
Installation in feinen Zimmern	102
Zubehör zu den Leitungen	102
Ausshalter	104
Die elektrischen Lampen	105
Lampenfuß und Lampenfassung	106
Beleuchtungskörper	106
Die für ländliche Zwecke übliche Installationsausführung	107
Lichtbedarf	109
Wärmebildung des elektrischen Stromes	110
Elektrische Kraftbetriebe (Elektromotoren)	112
Der Anlasser	117
Hinweise für die Behandlung windelektrischer Anlagen	118
Durchschnittspreise für elektrische Hausinstallationen	120
Windelektrischer Pumpwerkantrieb mittels Hauptstrom-Dynamo- maschine und Hauptstrom-Elektromotor	122
Wind-Elektrizität für drahtlose Telegraphie	122

1. Das Wesen der Elektrizität.

Über das eigentliche Wesen der Elektrizität, d. h. was sie ist und was sie in die Erscheinung treten läßt, wissen wir nichts Bestimmtes und sind auf Mutmaßungen angewiesen. Das gleiche gilt von dem der Elektrizität wesensverwandten Magnetismus.

Energie, allgemein. Die mechanischen Kräfte, ferner Wärme, Licht und Elektrizität sind verschiedenartige Erscheinungsformen ein und derselben Energie, welche die Welt erfüllt und unvergänglich ist. Wohl verstanden: die Energie an sich ist ewig und ihre Größe unveränderlich, nur die Formen, in der sich die Weltenergie äußert, sind veränderlich. Eine Energieform, z. B. Wärme, kann in eine andere übergehen, z. B. in mechanische Energie, aber niemals kann Energie aus nichts geschaffen oder vernichtet werden.

Der Urquell aller Energieformen auf unserer Erde ist die Sonne. Bei einiger Überlegung wird das jedem klar nach folgendem Beispiel des Wasserkreislaufes. Das Wasser der Meere, Seen, Flüsse, Bäche usw. wird durch die Sonnenstrahlung verdampft. Der Wasserdampf in Form von Wolken, Nebel steigt in die Höhe und fällt später als Regen, Schnee, Tau wieder zur Erde. Gehen die Niederschläge in höheren Lagen der Erdoberfläche — auf Bergen — nieder, so fließt das Wasser — mit potentieller Energie versehen — in die Tiefen und kann auf seinem Wege Wasserräder treiben, die wieder Dynamomaschinen, d. h. elektrische Stromerzeuger, drehen können. Also aus Sonnenwärme kann indirekt Elektrizität gewonnen werden. Auch der Wind und seine Kräfte haben ihren Ursprung in der Sonnenstrahlung. Da die Sonne das die Erde umgebende Luftmeer, die Atmosphäre, infolge der Kugelgestalt der Erde nur teilweise bestrahlen und erwärmen

kann, entstehen Temperaturunterschiede in den verschiedenen Räumen des Luftmeeres, und weil die warme Luft spezifisch leichter ist als die kalte, so verdrängt die kalte Luft in Folge ihrer Schwere die warme Luft, dabei entstehen Luftströmungen, d. h. der Wind. Der Wind wieder kann auf Windturbinen wirken, sie in drehende Bewegung versetzen, und diese mechanische Kraft kann für den Antrieb von Dynamomaschinen benutzt werden. Auf diese Weise geht die Wärmeenergie der Sonne in mechanische Energie über, welche die bewegte Luft — der Wind — darstellt, und diese wird in elektrische Energie verwandelt. Bei weiterer Überlegung wird jedem klar sein, daß Wasser- und Windkräfte die ursprünglichsten Naturkräfte und nach menschlichen Begriffen auf unserer Erde ewig und unerschöpflich sein werden, während die in der Erde in Form von Kohlen, Erdölen, Erdgasen enthaltenen chemischen Energiemengen der allmählichen Erschöpfung verfallen.

Magnetismus. Ich setze voraus, daß jedermann weiß, was ein Magnet ist; er besitzt die Eigenschaft, andere in seine Nähe gebrachte Gegenstände aus geeignetem Material anzuziehen. Wenn man einen eisernen Stab mit einem Magneten in bestimmter Weise bestreicht, so wird der gestrichene Stab selbst magnetisch. Stahl nimmt den Magnetismus schwerer auf als weiches Eisen, er behält ihn dann aber dauernd, während das weiche Eisen den Magnetismus sofort und leicht aufnimmt, ihn aber auch sofort wieder verliert, wenn man den zur Magnetisierung benützten Magneten entfernt und nicht mehr anwendet. Stahlmagnete bezeichnet man deshalb als permanente oder Dauermagnete, wohingegen Weicheisenmagnete temporäre oder Zeitmagnete heißen. Die magnetische Kraft äußert sich bei den Magneten am heftigsten an den beiden Enden, Magnetpole genannt; nach der Mitte zu nimmt die Kraft ab, und in der Mitte selbst besteht keine magnetische Fernwirkung mehr. Diese Stelle in der Mitte nennt man die indifferente Zone. Wenn man einen Magnetstab in der Mitte an einem Faden freischwebend aufhängt, so wird sich das eine Ende, d. h. der eine Pol, ganz von selbst nach Norden, dem Erdnordpol, einstellen, das andere Ende dagegen nach Süden gerichtet sein. Man bezeichnet daher den nach Norden gerichteten Pol des Magneten als den Nordpol und wendet graphisch

für ihn das Pluszeichen (+) an, der andere Magnetpol heißt Südpol, und er erhält das Minuszeichen (—). Gleichnamige Magnetpole stoßen sich ab — also Nordpol und Nordpol —, während ungleichnamige — also Nordpol und Südpol — sich anziehen. Ein Hufeisenmagnet besitzt eine wesentlich größere mechanische Kraft als ein Stabmagnet, bzw. die magnetischen Wirkungen sind bei ersterem besser ausgenützt, weil man beide Pole gleichzeitig verwenden kann, wie vorstehende Figuren zeigen.

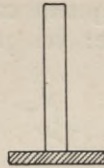


Fig. 1. Stabmagnet.

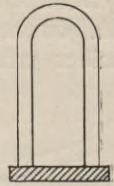


Fig. 2. Hufeisenmagnet.

Elektromagnete. Eine besondere Art von temporären, also Weicheisenmagneten, bilden die Elektromagnete, die in der Elektrotechnik eine überaus wichtige Rolle spielen, da sie ausschließlich für Dynamomaschinen und Elektromotoren verwendet werden. Die Wirkung der Elektromagneten beruht auf folgendem Vorgang: Wenn man einen elektrischen Strom durch eine Drahtspirale — Spule — hindurchfließen läßt und in den Hohlraum der Spirale ein Stück weiches Eisen

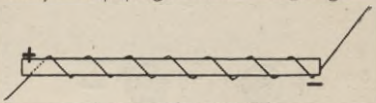


Fig. 3. Elektromagnet.

einschiebt, so wird der Eisenstab magnetisch und heißt in dieser Eigenschaft Elektromagnet. Es findet hierbei ein ähnlicher Vorgang statt wie bei der früher beschriebenen Annäherung eines Magneten an einen Eisenstab, es wird in dem Weicheisenstab oder Magnetkern Magnetismus erregt. Solange in der Spule der elektrische Strom fließt, solange ist der Kern magnetisch; unterbricht man den elektrischen Strom, so verschwindet auch sogleich in dem Weicheisenstabe der Magnetismus. Je stärker der elektrische Strom ist, welcher den Weicheisenkern umfließt, um so stärker ist auch der in letzterem induzierte Magnetismus. Allerdings hat solche Steigerung eine Grenze, weil das Eisen nur eine begrenzte Menge Magnetismus aufnehmen kann; ist dies erfolgt, so ist der Sättigungsgrad erreicht, und eine noch stärkere Magnetisierung tritt auch bei noch so starkem elektrischen Strome nicht ein.

Auch bei Elektromagneten gilt, daß Hufeisenmagnete stärkere magnetische Wirkung haben als Stabmagnete. Bei kleinen, gewöhnlichen Magneten kann man die Pole leicht durch freies Aufhängen des Magneten an einem Faden bestimmen, wie früher erklärt wurde; bei großen Magneten, im besonderen bei Elektromagneten, läßt sich das nicht bewerkstelligen, aber

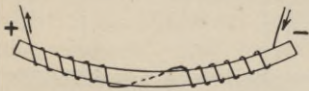


Fig. 4.

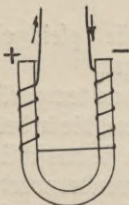


Fig. 5.

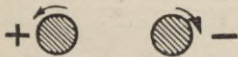


Fig. 6.

Bestimmung der Pole bei Elektromagneten.

dennoch kann man die Pole leicht bestimmen. Wenn man einen Stabmagneten mit einer Drahtspirale umwindet, wie Fig. 4 zeigt, und den Stabmagneten alsdann in Hufeisenform biegt, so werden die Drahtwindungen so verlaufen, wie Fig. 4 bis 6 veranschaulichen. Blickt man daraufhin den Hufeisenmagneten gegen seine Polflächen an, so werden an dem einen Pole die Drahtwindungen — unter Berücksichtigung der Stromrichtung — im Sinne des Uhrzeigers (stets Südpol) verlaufen, am anderen Pole (Nordpol) im umgekehrten Sinne. Will man die Pole des Magneten umkehren, d. h. aus

dem bisherigen Nordpol einen Südpol machen und umgekehrt, so braucht man nur dem durch die Drahtspule fließenden elektrischen Strome die umgekehrte Richtung zu geben, d. h. ihn am anderen Ende der Spule einfließen zu lassen.

Induktionsströme. Wir haben soeben erfahren, daß man durch einen in Drahtwindungen um einen Eisenstab geführten elektrischen Strom in dem Eisenstabe Magnetismus erzeugen kann; wir hatten also Erzeugung von Magnetismus durch Elektrizität. Umgekehrt nun kann man auch durch Magnetismus Elektrizität erzeugen oder, wie man sich ausdrückt, induzieren. Wird eine stromdurchflossene Spule einer stromlosen Spule genähert oder von ihr entfernt, so wird in der bisher stromlosen Spule augenblicklich ein elektrischer

Strom induziert. Hört die Vorbeibewegung der stromdurchflossenen Spule auf, d. h. steht sie still, so fließt auch kein Strom mehr in der anderen Spule.

Also ohne Bewegung kein Strom.

Man braucht nun nicht unbedingt die stromdurchflossene, d. h. die Induktionsspule zu bewegen, vielmehr kann diese auch stillstehen und dafür die andere, die induzierte Spule, bewegt werden, um dieselbe Wirkung zu haben. Wenn man die Wirkungsweise einer Dynamomaschine richtig verstehen lernen will, so muß man sich mit dem Wesen der Induktionsströme gut vertraut machen. Ohne die Entdeckung der Induktionsströme durch Faraday hätte die Elektrizität niemals die heutige Verbreitung gewonnen.

Das magnetische Feld. Den einen Magnetpol umgebenden Raum, innerhalb dessen eine magnetische Wirkung, z. B. auf Eisenspäne, stattfindet, nennt man das magnetische Feld. Man muß sich vorstellen, daß dieses magnetische Feld von Kraftstrahlen oder Kraftlinien durchflossen wird, und zwar nimmt man an, daß die magnetischen Kraftlinien am Nordpol aus dem Magneten austreten und am Südpol wieder einfließen. Der auf ihrem Wege durchflossene Raum ist das eben erwähnte magnetische Kraftfeld. Jede einzelne Kraftlinie bildet für sich einen geschlossenen Kreis, wie aus Fig. 7. ersichtlich ist.

Den Verlauf der magnetischen Kraftlinien kann man sogar durch ihre magnetische Wirkung selbst sichtbar darstellen lassen, indem man ein Stück Papier über den Magneten spannt und das Papier mit Eisenspänen bestreut; der Magnetismus ordnet dann die Späne in der Richtung der Kraftlinien.

Magnetische Kraftlinien. Die Stärke des magnetischen Feldes ist gegeben durch die Anzahl der Kraftlinien. Andererseits ist die Anzahl der Kraftlinien von dem Querschnitt der

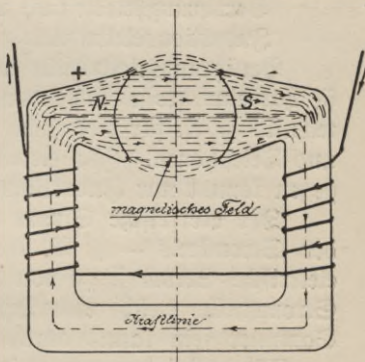


Fig. 7. Darstellung des magnetischen Feldes.

mit Wicklung umgebenen Magnetpole, von der Anzahl der Windungen und von der Stärke des die Wicklung durchfließenden Stromes abhängig.

Die Elektrizität kann immer nur entstehen, wenn irgendeine andere Energieform, z. B. die mechanische Kraft einer Kraftmaschine (Wind-, Wasser-, Dampfmaschine usw.) in Elektrizität umgewandelt wird. Hieraus geht hervor, daß man niemals eine größere Menge elektrischer Energie aus einer elektrischen Maschine gewinnen kann, als wie man an mechanischer Kraft auf sie übertragen hat.

Die Elektrizität ist in ihrem innersten Wesen, trotz der Verschiedenheit ihrer Entstehung, immer gleich. Dagegen ist die Art ihrer Überführung aus irgendeiner anderen Energieform verschieden. So gibt es:

Wärmeelektrizität,
Reibungselektrizität,
Berührungselektrizität und
Induktionselektrizität.

Berührungselektrizität entsteht in galvanischen Elementen; sie hat eine große Anwendung gewonnen in der Schwachstromtechnik, z. B. für elektrische Klingelanlagen, bei Telegraphen und Telephonen. Für elektrische Licht- und Kraftanlagen dagegen kommt nur Induktionselektrizität in Betracht.

Der elektrische Strom kann immer erst entstehen, wenn der Stromkreis — z. B. die Leitung — geschlossen ist. Der elektrische Strom fließt von dem positiven (+ Nord-) Pol der Stromquelle, welche eine Dynamo oder ein Akkumulator, d. h. Sammler sein kann, durch den Leitungsdraht zum negativen (— Süd-) Pol und zurück in die Stromquelle, und innerhalb der Stromquelle selbst vom — Pol zum + Pol, und zwar bei Dynamomaschinen durch die Induktionsspulen, bei Akkumulatoren durch die Flüssigkeit — Säure — hindurch. Die Elektrizität pflanzt sich mit einer Geschwindigkeit von rund 300 000 km in der Sekunde fort.

Die elektromotorische Kraft (EMK). Man unterscheidet zwischen positiver (+) und negativer (—) Elektrizität. Beide sind stets vorhanden, wenn ein elektrischer Strom entsteht. Die Naturkraft, welche beide Arten von Elektrizität zum Strömen bringt — man kann sich dieselbe wie einen Druck oder wie

eine Spannung vorstellen —, heißt die elektromotorische Kraft. Je größer die elektromotorische Kraft ist, desto größer ist auch der Druck bzw. die Spannung in dem Elektrizitätsleiter, z. B. den Drähten. Zwischen den beiden Elektrizitäten besteht der erwähnte Druck, die elektromotorische Kraft, und sie suchen sich auszugleichen. Ermöglicht man ihnen dies durch eine Brücke, einen Leiter, so entsteht der Fluß, den wir elektrischen Strom nennen. Damit dieser Strom ununterbrochen fließe, muß man für immer neue Zufuhr von Elektrizität sorgen, was bei Dynamomaschinen einfach durch ihre andauernde Drehung geschieht, bei Akkumulatoren dagegen aus den in ihnen angesammelten Energiemengen ganz von selbst, wenn man den Stromkreis schließt.

Die Spannung. Was bei einer Wasserleitung die Druckhöhe oder das Wassergefälle bzw. der Druck im Rohr ist, welche man nach Metern oder nach Atmosphären mißt (je 10 m Druckhöhe sind gleich einer Atmosphäre), das ist bei der elektrischen Anlage die Spannung. Die Spannung tritt an den Anschlußflemmen auf und ist gleich der elektromotorischen Kraft abzüglich des bereits in der Stromquelle eingetretenen Spannungsverlustes.

Die elektrische Spannung mißt man nach Volt. 1 Volt ist die Spannung, die an den Enden eines Leiters von 1 Ohm Widerstand eine Stromstärke von 1 Ampere erzeugt. $1 \text{ Volt} = 1 \text{ Ampere} \times 1 \text{ Ohm}$.

Die Stromstärke. So wie in der Rohrleitung einer Wasserleitung eine gewisse Wassermenge in der Zeiteinheit wegfießt, z. B. 3000 l in einer Stunde, so strömt durch den elektrischen Leitungsdraht im geschlossenen Stromkreise eine bestimmte Menge Elektrizität, z. B. 100 Ampere. Die Strommenge in der Zeiteinheit oder die Stromstärke mißt man nach Ampere.

Die elektrische Arbeit und elektrische Leistung. Wenn man ein fließendes Gewässer zum Antreiben eines Wasserrades benutzen will, so kann man schon vorher bestimmen, wieviel Pferdestärken das Wasserrad leisten wird, indem man ermittelt, welches Wasserquantum in der Zeiteinheit, z. B. in einer Sekunde abfließt und von welcher Höhe es herabkommt, das heißt: welche Druckhöhe nutzbar ist. Beispiel: 1 l Wasser wiegt 1 kg. Wenn ein Liter Wasser in jeder Sekunde abfließt und aus

einer Höhe von 75 m herunterkommt, also mit 75 m Druckhöhe auf das Wasserrad fällt, so braucht man nur das Wasservolumen mit der Zeit und mit der Druckhöhe zu multiplizieren, um die Leistung des Wasserrades zu ermitteln. Das ergibt bei unserem Beispiel: $1 \text{ kg pro 1 Sekunde} \times 75 \text{ m} = 75 \text{ mkg}$ in der Sekunde (mkg/sec). Man rechnet nun je 75 mkg/sec als eine Pferdestärke (Leistungseinheit). Das Wasserrad würde also 1 P.S. leisten. Eine Pferdestärke eine Stunde lang geleistet, heißt eine Pferdestärkestunde (Arbeitseinheit).

Ein anderes Beispiel: Wenn 150 l Wasser pro Sekunde mit 2 m Druckhöhe auf das Wasserrad fallen, so würde das fließende Gewässer ein Arbeitsvermögen (=Leistung) von $150 \text{ l pro 1 Sekunde} \times 2 \text{ m} = 300 \text{ mkg/sec}$ in sich bergen, entsprechend 4 P.S., da, wie erwähnt, 75 mkg/sec 1 P.S. sind.

Ich habe früher unter Spannung und Stromstärke erklärt, daß erstere bei elektrischen Anlagen dem entspricht, was bei Wasserkraftanlagen die Druckhöhe ist, und daß die elektrische Stromstärke der in der Zeiteinheit fließenden Wassermenge ähnlich ist. Auch bei der Elektrizität kann man nun durch Multiplikation dieser Werte die elektrische Arbeitsleistung ermitteln.

Die elektrische Leistung wird nach Watt gemessen oder nach je 1000 Watt, was 1 Kilowatt bedeutet: $1 \text{ Volt (Spannungseinheit)} \times 1 \text{ Ampere (Einheit der Stromstärke)} = 1 \text{ Watt (Leistungseinheit)}$. Wenn z. B. ein elektrischer Leiter unter einer Spannung von 110 Volt steht und in ihm eine Stromstärke von 70 Ampere fließt, so ist die elektrische Leistung $110 \times 70 = 7700 \text{ Watt}$. Dauert diese Leistung eine Stunde an, so beträgt die elektrische Arbeit 7700 Wattstunden oder, da 1000 Watt gleich 1 Kilowatt ist, 7,7 Kilowattstunden. Man rechnet 736 Watt einer Pferdestärke gleich. Obige 7700 Watt würden also sein $7700:736$ gleich rund 10 P.S.

Der elektrische Widerstand. Wie das Wasser beim Durchfließen durch ein Rohr sich an den rauhen Rohrwänden reibt, dadurch am schnellen Fließen etwas gehindert wird und sonach einen Reibungswiderstand zu überwinden hat, welcher die Druckkraft schwächt, ebenso findet auch der elektrische Strom in den Leitern, z. B. den Kupferdrähten, einen Widerstand.

Die Größe des Widerstandes ist abhängig:

1. vom Querschnitte des Leiters,
2. von der Länge des Leiters,
3. vom Material des Leiters.

Zu 1: je dünner die Leitung ist, um so größer der Widerstand,
 je stärker " " " " " kleiner " "
 Zu 2: je länger " " " " " größer " "
 je kürzer " " " " " kleiner " "

Der Widerstand ist bei demselben Material und bei gleicher Länge und gleichem Querschnitt des Leiters eine feste Größe, die von der Stromstärke unabhängig ist, und nur mit der Temperatur sich unwesentlich ändert.

Zu 3: Das Eisen setzt der Fortleitung des elektrischen Stromes einen größeren Widerstand entgegen als Kupfer; daher verwendet man fast immer für elektrische Leitungen Kupferdrähte anstatt Eisendrähte, obwohl erstere wesentlich teurer sind. Quecksilber wieder setzt dem elektrischen Strom ein noch weitaus höheren Widerstand entgegen; er ist zirka zehnmal so groß, als bei Eisen. Einen noch viel höheren Widerstand setzt die Luft dem elektrischen Strom entgegen, und zwar ist der Widerstand der Luft etwa tausendmal höher, als derjenige bei weichem Eisen.

Der elektrische Widerstand wird nach Ohm gemessen. 1 Ohm ist der Widerstand, den der elektrische Strom beim Durchfließen durch eine Quecksilbersäule von 106,3 cm Länge und 1 qmm Querschnitt erleidet. Wie man den Widerstand berechnet, ist auf Seite 88 erläutert.

Die Beziehung zwischen den drei elektrischen Größen: Spannung, Stromstärke, Widerstand. Der mathematische Ausdruck der Beziehung zwischen den genannten drei elektrischen Größen lautet:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$$

und heißt nach seinem Entdecker das Ohmsche Gesetz. Wer in das Wesen und Wirken der Elektrizität einen gründlichen Einblick gewinnen will, muß sich mit dem Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke, Widerstand, also mit dem Ohmschen Gesetz gut vertraut machen.

Das Ohmsche Gesetz. Dieses von dem berühmten deutschen Gelehrten Georg Simon Ohm aufgestellte Gesetz bildet die Grundlage der gesamten Elektrotechnik. Die oben angeführte Formel, wonach man die Stromstärke ermitteln kann, indem man die Spannung durch den Widerstand dividiert, kann man natürlich auch leicht umsetzen und dadurch die beiden anderen Werte, also die Spannung oder den Widerstand, ermitteln.

a) Wenn Stromstärke = Spannung : Widerstand, d. h.

$$1 \text{ Ampere} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}$$

b) so ist Spannung = Stromstärke \times Widerstand, d. h.

$$1 \text{ Volt} = 1 \text{ Ampere} \times 1 \text{ Ohm}$$

c) und Widerstand = Spannung : Stromstärke, d. h.

$$1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampere}}$$

Die Klemmenspannung. Die in einer Stromquelle erzeugte elektromotorische Kraft erleidet sowohl innerhalb der Stromquelle, wie auch auf dem Wege durch die Drahtleitung bis zu den Anschlußklemmen einen Verlust, den Spannungsverlust (vgl. das unter „Der elektrische Widerstand“ Gesagte). Die an den Klemmen am Ende des Leitungsdrahtes gemessene Spannung, die Klemmenspannung, ist mithin kleiner, als die elektromotorische Kraft. Die elektromotorische Kraft eines geschlossenen Stromkreises ist gleich der Klemmenspannung plus dem Spannungsverluste, der bereits im Innern des Leiters auftritt.

Kurzschluß. Zur einfacheren Erläuterung der elektrischen Vorgänge zieht man oft analoge Verhältnisse unter Druck (Spannung) stehender Wasserleitungen heran. Das habe ich getan zur Erklärung der Begriffe: elektrische Spannung, Stromstärke, Leistung. Stellen wir uns vor, auf einem hohen Wasserturme stünde ein Wasserbehälter mit Inhalt. Von ihm führe ein Rohr herunter zur Erde — das Wasser im Rohr steht unter Druck —, unten in der Nähe der Erde sei ein kleiner Zapfhahn angebracht, der, wenn geschlossen, dem Wasser eine Sperre, ein den Abfluß sperrender Widerstand ist; ist er geöffnet, so stemmt er sich immer noch gegen große Wassermengen und läßt nur einen schwachen Wasserstrom (Strom-

stärke) auslaufen. Wenn nun durch einen Zufall das Wasserrohr platzt, so hat das unter Druck stehende Wasser plötzlich einen Ausgang ohne Hindernis (Widerstand) und wird in großen Mengen (mit großer Stromstärke) ausströmen. Stellen wir uns andererseits vor: Zwischen zwei unter Spannung stehenden elektrischen Drähten seien eine Anzahl Lampen eingebaut, fast alle aber ausgeschaltet, nur eine Glühlampe soll brennen, so wird auch nur — wie beim Wasser durch den Zapfhahn — eine kleine Strommenge in den Drähten fließen, weil die eine Lampe nur wenig Strom verbraucht. Plötzlich sollen sich nun die beiden Drähte durch einen Zufall unmittelbar berühren, so daß dem Strom kein Hemmnis mehr entgegensteht, um von einem Draht in den anderen strömen zu können. Der elektrische Strom wird eine große Stärke annehmen (große Stromstärke ist gleich viele Ampere). Jetzt müssen die Drähte plötzlich eine außerordentlich hohe Stromstärke fortleiten. Dadurch werden hohe Temperaturen hervorgerufen, weil die entstehende Wärme mit der zweiten Potenz der Stromstärke zunimmt. Die Leitungen können daher bei Kurzschluß zum Glühen kommen. Die nach den Verbandsvorschriften ausgeführten elektrischen Anlagen sind so gebaut, daß Kurzschluß nahezu ausgeschlossen ist. Man rechnet nichtsdestoweniger mit seinem gelegentlichen Auftreten und schaltet in die Leitungen ein kurzes Stück Material ein, welches schon bei geringeren Temperaturen zum Glühen bzw. zum Schmelzen kommt und beim Durchschmelzen die Leitung unterbricht, so daß alle daran hängenden Apparate, Maschinen usw. vor der hohen Stromstärke geschützt sind, denn sobald der Stromkreis auf diese Weise unterbrochen wird, fließt auch kein Strom mehr. Wir haben früher erfahren, daß nur bei geschlossenem Stromkreis überhaupt ein elektrischer Strom fließen kann. Die eben erwähnten kurzen Leitungszwischenstücke, die bei zu hohen Stromstärken schmelzen, nennt man Schmelzsicherungen. Wenn sie wirklich einmal durchschmelzen, so ist ihr Ersatz höchst einfach und nur mit wenigen Pfennigen Unkosten verbunden.

Leiter und Nichtleiter der Elektrizität. Unter dem Kapitel „Der elektrische Widerstand“ haben wir bereits erfahren, daß die Größe des elektrischen Widerstandes auch vom Material des Leiters abhängt. Es gibt Leiter, welche den elektrischen

Strom leicht durchlassen, andere wieder, die ihm einen großen Widerstand entgegensetzen, und wieder andere Stoffe, die dem elektrischen Strom den Durchgang so gut wie ganz versagen. Man unterscheidet deshalb zwischen Leitern, Halbleitern und Nichtleitern.

Zu den Leitern gehören: Metalle, Säuren, Salze, Kohle, gewöhnliches Wasser, die Körper lebender Wesen.

Halbleiter sind: trockenes Holz, Stroh, Alkohol, Äther.

Nichtleiter (Isolatoren) sind: Porzellan, Glas, Kautschuk, Bernstein, Guttapercha, Harz, Öl, Felle, Seide, Kreide, Kalk, Schwefel, trockene Luft, chemisch reines Wasser, trockenes Papier, Leder, Pergament, Glimmer, Wachs, Paraffin.

Schwachstromtechnik. Darunter faßt man gewöhnlich zusammen alle Anlagen, die für Nachrichtenübermittlung und Signalgebung bestimmt sind, also elektrische Klingel, Telephon, Telegraph. Die Anlagen für drahtlose Telegraphie gehören ebenfalls hierher, obgleich dieselben im allgemeinen mit sehr starken Strömen arbeiten.

Starkstromtechnik. Darunter faßt man die Anlagen für Licht- und Kraftversorgung zusammen.

Niederspannungsanlagen sind diejenigen Starkstromanlagen, bei denen die Betriebsspannung bis zu 250 Volt beträgt.

Hochspannungsanlagen sind Starkstromeinrichtungen mit über 250 Volt Betriebsspannung.

Die verschiedenen Stromarten bei Starkstromanlagen sind: Gleichstrom, Wechselstrom, Drehstrom. Für die Ladung von Akkumulatoren eignet sich nur der Gleichstrom.

2. Die Erzeugung von Elektrizität mittels Dynamomaschinen.

Wir haben auf Seite 4 unter der Abhandlung „Induktionsströme“ erfahren, daß man durch Magnetismus Elektrizität erzeugen kann, indem man Drahtspulen an Elektromagneten vorüberbewegt, wobei in den Drahtspulen ohne weiteres Hinzutun, also nur durch ihre Bewegung im magnetischen Felde, elektrische Ströme induziert werden. Dabei ist hervorzuheben, daß sich der Bewegung die magnetischen Kräfte entgegenstemmen, so daß man bei einer kleinen Maschine, die man mit der Hand bewegt, deutlich wahrnehmen kann, wie die Bewegung mechanische Kraft erfordert, wenn elektrischer Strom erzeugt werden soll. Wir haben auf Seite 6 ferner erfahren, daß man niemals eine größere Menge elektrischer Energie aus einer elektrischen Maschine gewinnen kann, als wie man an mechanischer Energie von einer Kraftmaschine aus auf sie übertragen hat. Im Gegenteil, die Kraft gewinnt man überhaupt niemals voll zurück, weil bei einer jeden Kraftübertragung Verluste durch Reibung (Widerstand) und andere Verluste entstehen. Man sagt daher, eine Maschine habe den und den Wirkungsgrad, beispielsweise 85 %; das bedeutet, daß man von z. B. hundert übertragenen mechanischen Pferdestärken, 85 P.S. an elektrischer Leistung zurückgewinnt. Wo bleibt nun aber die verlorene Kraft? Sie ist doch in die elektrische Maschine hineingesandt worden und muß deshalb irgendwo stecken. Wir haben auf Seite 1 gehört, daß Energie niemals absolut vernichtet werden kann, daher muß sich die verloren gegangene Energie in ein anderes Gewand gekleidet und von der Hauptkraftmenge abge sondert haben. Das geschieht nun tatsächlich; die verlorene Kraft hat sich in Wärme verwandelt. Alle derartigen Kraftverluste bei Kraftübertragungsanlagen gehen in Wärme über, und in der Tat kann man auch durch Befühlen einer im Betrieb befindlichen Dynamomaschine feststellen, daß

sie sich nicht mehr so kühl anfühlt, wie es im ruhenden Zustand der Fall war. Wenn eine Radachse heiß läuft, ist das eine Folge großer Reibung und mit großem Kraftverlust verbunden. Die Zugtiere müssen schwerer ziehen, wenn die Wagenachsen nicht geschmiert sind. Das Heißwerden von Maschinenteilen ist also ein gutes Warnungssignal dafür, daß irgend etwas nicht in Ordnung ist. Bei elektrischen Maschinen wird um so mehr mechanische Kraft in Wärme umgesetzt, je größer der Widerstand ist. Jetzt wissen wir genau, wo ein Teil der übertragenen mechanischen Kraft (der Kraftverlust) bleibt.

Nun wollen wir uns mit dem in Form von elektrischer Arbeitsleistung zurückgewonnenen Hauptteile der übertragenen Kraft befassen. Wir haben auf Seite 7 unter „Die elektrische Arbeit und elektrische Leistung“ erfahren, daß sich die elektrische Leistung aus zwei Faktoren zusammensetzt: aus der Spannung und der Stromstärke (1 Watt ist 1 Volt \times 1 Ampere). Viele Ampere und wenige Volt ergeben dieselbe Leistung, wie wenige Ampere und viele Volt.

Auf Seite 6 haben wir gesehen, daß für die Stärke des elektrischen Feldes die Windungszahl, die Amperezahl und der Querschnitt des umwickelten Poles maßgebend sind. Die Stärke des magnetischen Feldes ist nun wieder mitbestimmend für die

Größe der elektromotorischen Kraft (bzw. Spannung), die am Anker (rotierenden Teil) auftritt. Die elektromotorische Kraft ist nämlich um so größer, je größer die Feldstärke ist, sie wächst ferner mit der Umdrehungszahl und mit der Zahl der auf dem Anker angebrachten Windungen.

Eine Dynamomaschine besteht aus zwei Hauptteilen:

1. dem Elektromagnet, auch Magnetgestell genannt,
2. den Induktionsspulen, die auf eine Trommel, den Anker, aufgewickelt sind. Anker samt Induktionsspulen nennt man auch den Induktor.

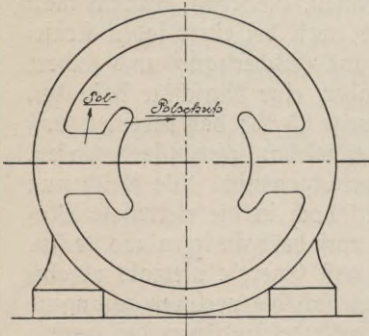


Fig. 8. Magnetgestell.

Der Elektromagnet besteht gewöhnlich aus einem Magnetgestell (Fig. 8) mit daran sitzenden Magnetpolen. Bei Gleichstromdynamos ist das Magnetgestell samt Polen feststehend und der Anker rotierend. Die Spannung nimmt mit der Drehzahl des Ankers zu, und da mit der Spannung der Maschine auch die Leistung wächst, so geht daraus hervor, daß sich ein und dieselbe Maschine für höhere Leistung verwenden läßt, wenn sie rascher läuft; mit anderen Worten: die langsam laufende Maschine muß bei gleicher Leistung größer sein als die schnelllaufende.

Die Entstehung des elektrischen Stromes in der Dynamomaschine bei dem erstmaligen Anlaufen. Bei der Beschreibung der Elektromagneten erfahren wir, daß der Magnet seinen Magnetismus durch einen um seine Schenkel in Drahtwindungen einer Spule herumgeleiteten elektrischen Strom induziert erhält. Der Nichtfachmann wird nun mit Recht fragen, woher er den zur Erregung der Magneten erforderlichen elektrischen Strom nehmen soll, wenn die elektrische Anlage noch gar nicht in Betrieb und elektrischer Strom sonach im Hause noch gar nicht vorhanden ist. Nun, die Sache ist ganz einfach; die Dynamomaschine erregt sich gleich zu Anfang selbst. Aber damit dieser eigenartige Vorgang für den Leser nicht ein Rätsel bleibe, sei hiermit die Erklärung gegeben: Werner von Siemens machte im Jahre 1867 die überaus wichtige Entdeckung, daß in einem einmal magnetisierten weichen Eisen — welches ja, wie wir früher erfahren haben, sogleich nach Verschwinden des Induktionsstromes seinen Magnetismus wieder verliert — doch ein ganz schwacher Magnetismus zurückbleibt, den man remanenten Magnetismus nennt. Da nun die Dynamofabriken die Elektromagneten jeder Dynamomaschine gleich vor Ablieferung der Maschine einmal magnetisieren, so ist in jeder neuen Dynamomaschine der erwähnte schwache, remanente Magnetismus vorhanden. Durch starke Erschütterungen der Maschine kann es allerdings vorkommen, daß der remanente Magnetismus wieder verschwindet, und dann wird sich die Maschine nicht von selbst erregen. Indes ist eine höchst seltene Erscheinung, daß eine neue Dynamomaschine nicht anspricht, wie man das Ausbleiben der Selbsterregung nennt.

Bei der erstmaligen Inbetriebsetzung der Maschine genügt

nun der erwähnte schwache Magnetismus schon, um schwache elektrische Ströme in den Ankerspulen zu induzieren, und da dieser Ankerstrom durch die Magneterregerspulen ganz oder zum Teil — je nach Schaltung der Maschine — hindurchgeleitet wird, bevor er durch den äußeren Stromkreis (das Leitungsnetz) fließt, so verstärkt er den zuerst nur schwachen Magnetismus der Magnete. Die nun stärker erregten Elektromagnete verstärken das magnetische Feld (siehe Beschreibung S. 5), und aus dem stärkeren magnetischen Felde gewinnt auch der Anker stärkere elektromotorische Kraft; so arbeitet sich die Maschine ganz von selbst in die Höhe, bis sie ihre normale Spannung erreicht hat, was gewöhnlich nach wenigen Sekunden schon erfolgt. Den eben geschilderten wunderbaren Vorgang, ohne dessen Entdeckung der Bau unserer heutigen, so praktischen und einfachen Dynamomaschinen gar nicht möglich gewesen

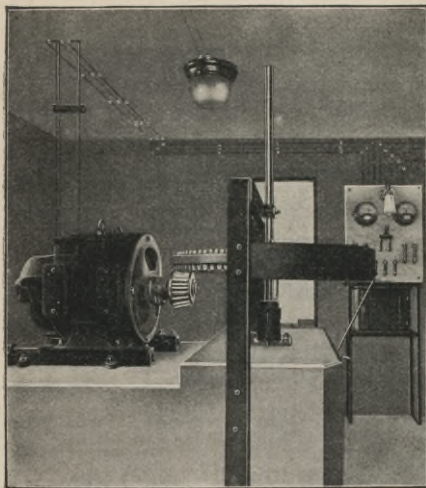


Fig. 9. Wind-Dynamomaschine.

wäre, heißt das dynamo-elektrische Prinzip, und die auf diesem Prinzip aufgebauten Maschinen nannte Werner von Siemens Dynamomaschinen. (Dynamisch heißt: durch innere Kraft wirkend.)

Wie eine Dynamomaschine derjenigen Bauart, wie sie für die hier beschriebenen Anlagen verwendet werden, aussieht, zeigt nebenstehende Figur. Das Magnetgestell bildet gleichzeitig das Maschinengehäuse und trägt

die Lagerschilder für die Welle des rotierenden Ankers. Das Magnetgestell kann aus Gußeisen sein oder aus Stahlguß (nicht zu verwechseln mit Stahl). Gußeisen ist billiger, besitzt aber gegenüber Stahlguß geringere Magnetisierbarkeit; deshalb erfordert es größere Querschnitte und Maschinengestelle

aus Gußeisen sind daher schwerer. Man gibt den Magnetgestellen der Dynamomaschinen eine solche Form, daß die Kraftlinien durch besonders geformte Eisenstücke, die man Polschuhe nennt, so ausgestrahlt werden, daß sie von dem Anker förmlich eingefangen werden müssen (siehe nebenstehende Figur). Luft ist ein schlechter Leiter für magnetische Kraftlinien und für den elektrischen Strom, wie wir unter der Abhandlung „Leiter und Nichtleiter“ bereits erfahren haben.

Zwischen dem Polschuh und dem rotierenden Anker muß aber ein Zwischenraum bleiben, damit nicht der eine Teil am anderen schleift und ihn beschädigt. Dieser Zwischenraum ist ein Luftraum. Ein schlechter Leiter, wie die Luft einer ist, setzt den Kraftlinien aber einen großen Widerstand entgegen, der einen Kraftverlust mit sich bringt. Deshalb muß beim Bau guter Dynamomaschinen Wert darauf gelegt werden, daß der Luftzwischenraum möglichst klein ist zwischen Polschuh und Anker.

Der Widerstand, den die Luft den Kraftlinien entgegensetzt, ist 1000 mal höher als derjenige bei weichem Eisen. Die Kraftlinien suchen sich ganz von selbst den bequemeren Weg, also durchs Eisen. Wenn man z. B. in die Nähe von Polschuhen einen Ring aus Eisen bringt, so würden sich die Kraftlinien den in der Figur 11 angegebenen bequemeren Weg suchen und durch das Eisen, nicht durch die Luft fließen. Dies bedeutet, daß die Kraftlinien von dem Ankereisen gerichtet, gestreckt und förmlich eingesaugt werden. Einige wenige Kraftlinien werden vom Eisen immerhin nicht eingefangen, und diese

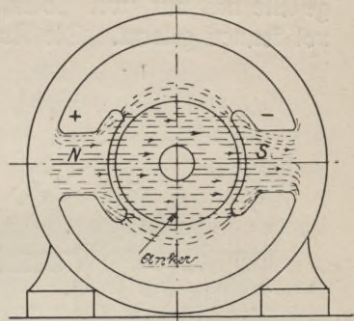


Fig. 10. Schematische Darstellung eines Dynamo-Magnetgestelles und -Ankers.

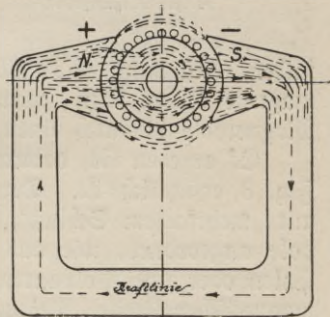


Fig. 11. Schematische Darstellung der Einwirkung des Ankereisens auf den Verlauf der Kraftlinien.

für die Induktionswirkung verlorenen Kraftlinien nennt man Streuung.

Mehrpole Magnetgestelle. Bisher haben wir Magnetgestelle mit nur zwei Polen, je einem Nord- und einem Südpol kennen gelernt. Die Kraftlinien verlaufen hier geschlossen durch Joch, Schenkel, Nord-

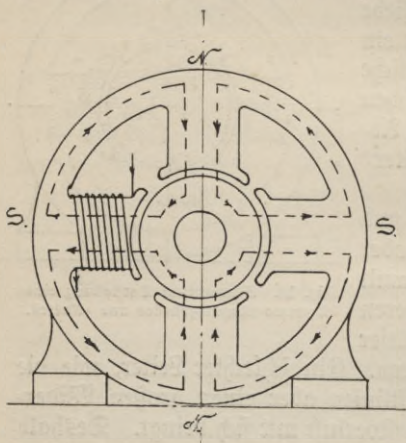


Fig. 12. Schematische Darstellung eines mehrpoligen Magnetgestelles.

pol, Anker, Südpol, Joch, Schenkel usw. Das gesamte Kraftliniensystem besteht folglich aus einem einzigen Bündel dicht nebeneinanderliegender geschlossener Kraftlinienkreise. Das ganze System bezeichnet man daher als einen magnetischen Kreis. Fig. 7 u. 11 zeigen uns je ein solches Kraftliniensystem. Wir haben in Fig. 8 aber ein Magnetgestell kennen gelernt, welches die für moderne Dynamomaschinen übliche Gestalt aufweist. Der Leser wird

finden, daß man dieses Magnetgestell leicht in zwei Hufeisenmagnete teilen kann, wenn man horizontal mitten durch die Magnetpole hindurch einen Schnitt zieht.

Es ergeben sich dadurch zwei magnetische Kreise, wie aus Fig. 8 ersichtlich ist. Derartige Gestelle sind Magnetgestelle mit „mehrfachem Schluß“. Werden mehr als zwei Magnetpole angeordnet, wie aus der Figur 12 ersichtlich, mit vier Polen oder zwei Polpaaren, so vermehrt sich auch die Zahl der magnetischen Kreise. Bei großen Maschinen erleichtert das die Ankerwicklung.

Die Entstehung der magnetomotorischen Kraft (MMK).

Es ist nicht leicht, verwickelte Vorgänge, wie sie Ursache und Wirkung der Magnetisierung sind, allgemein verständlich zu erklären. Betrachten wir die vorstehende Figur, so finden wir die von Pol zu Pol wirkenden magnetischen Kraftlinienbündel als einzelne gestrichelte Linien dargestellt. Denken wir

uns zum Beispiel die obere linke Linie als viele dicht nebeneinanderstehende, unendlich dünne Kraftstrahlen, während wir uns die um einen Magnetschenkel gewickelte Spule als so viele nebeneinanderliegende Scheiben vorstellen, als wie es Windungen sind. Stellen wir uns weiter jede einzelne Scheibe als ein kleines Kraftreservoir, als ein magnetisches Kraftfeld vor, wie wir es bereits auf Seite 5 kennen gelernt haben, mit je einem Nord- und einem Südpol, die sich gegenüberstehen und nach dem Inneren der Spule zu gerichtet sind, so werden wir finden, daß das Kraftlinienbündel hintereinander eine der erwähnten Kraftfeldscheiben nach der anderen schneidet, d. h. durch sie hindurchstrahlt. Wenn der einzelne Kraftstrahl des Kraftlinienbündels aus jedem einzelnen dieser kleinen Kraftfelder oder Kraftreservoirs ein wenig schiebende, drückende Kraft schöpft, so können wir uns vorstellen, daß die von ihm aufgenommenen kleinen Einzelportionen sich aneinanderreihen, sich verketten oder addieren. Hieraus ergibt sich, daß eine hohe Anzahl Windungen hintereinander eine hohe schiebende oder drückende Kraft, die man magnetomotorische Kraft nennt, an die durch sie hindurchstrebenden magnetischen Kraftlinien abliefern müssen.

Viele Windungen der Magneterregerspulen liefern hohe magnetomotorische Kraft. Es soll nun noch durch eine einfache, jedem geläufige Vorstellung erklärt werden, wie elektromotorische Kraft (Volt) und Stromstärke (Ampere) gemeinsam schaffen und Arbeitsleistungen (Watt) vollbringen. Stellen wir uns vor, daß jeder mit elektromotorischer Kraft geladene Kraftstrahl ein Arm mit Muskelkraft sei, so entspricht einem mit schwacher — aus wenigen Kraftfeldscheibchen geschöpfter — elektromotorischer Kraft geladenen Kraftstrahl einem schwachen Arm und umgekehrt. Reihen wir nun eine ganze Menge Arme nebeneinander, so entspricht die Zahl der Arme der Stromdichte oder Stromstärke. Die Stromstärke, bewegt durch die elektromotorische Kraft, kann Arbeit leisten; das bedeutet aber nichts anderes als: Ampere \times Volt = Watt. Jetzt können wir auch den Unterschied zwischen Magnetisierung und elektrischem Strom erklären. Der Magnetismus ist ein statischer Zustand, eine Anhäufung potentieller Energie; er muß auf irgend etwas einwirken, um wahrgenommen werden zu können, wie ja auch die Muskelkraft eine Anhäufung potentieller Energie

ist. Im ruhenden Arm z. B. ist die Kraft wohl auch vorhanden, aber erst muß sie gegen etwas drücken, stoßen, schlagen können wenn sie sich äußern soll. Im Gegensatz zum Magnetismus, ist der elektrische Strom kein statischer Zustand, sondern ein dynamischer, d. h. durch innere Kraft wirkender Vorgang.

Nachdem wir uns über das Elektromagnetsystem allgemein im klaren sind, sei noch erwähnt, daß bei jeder Dynamomaschine, ganz gleich, ob es eine Gleichstrom-, Wechselstrom- oder Drehstrommaschine ist, das Magnetsystem durch Gleichstrom erregt wird. Bei Gleichstromdynamos kann daher, wie auf Seite 16 erklärt, der Erregerstrom gleich durch die eigenen Ankerspulen der Maschine geliefert werden, während die anderen Maschinen besondere kleine Erreger-Gleichstrommaschinen brauchen. Die Erregerpulen auf den Magnetschenkeln werden aus isoliertem Kupferdraht hergestellt.

Schaltung der Magnetwicklung. Die Art der Magnetwicklung ist nicht für alle Maschinen gleich; je nach der Art des Zusammenschlusses — der Schaltung —, der Magnetwicklung mit dem Anker unterscheidet man drei Arten von Gleichstrommaschinen, und zwar Hauptstrommaschine, Nebenschlußmaschine und gemischtgeschaltete (Compound-) Maschine. Bei der Hauptstrommaschine wird der gesamte Strom des Ankers um die Magnetschenkel herumgeführt, also zur Erregung der Magneten benutzt, bei der Nebenschlußmaschine dagegen nur ein abgezwigter Teilstrom. Näheres hierüber folgt in einer späteren Abhandlung.

Der Anker. Wir wenden uns jetzt dem zweiten Hauptteile der Dynamomaschine, dem Anker oder Induktor zu. Während das Elektromagnetsystem der Sitz der anregenden, induzierenden Kraft ist, ist der Anker der Sitz der eigentlichen elektrischen Stromerzeugung. Die in Fig. 11 auf S. 17 um den Umfang des Ankerringes herumgezeichneten kleinen Kreisflächen zeigen im Schnitt die um den Anker gewickelten Induktionsspulen. Es geht aus der Figur hervor, daß dann, wenn man den Hohlraum unter den Ankerspulen mit einem Kern aus weichem Eisen anfüllt, dem sogenannten Ankereisen, sich die Kraftlinien den bequemsten Weg, also durch das Eisen suchen, und da die Induktionsspulen direkt auf das Eisen aufgewickelt sind, durch das Innere der Spulen auf kürzestem Weg hindurchfließen

müssen. Durch das Ankereisen fängt man also von den Kraftlinien soviel wie irgend möglich ein, verhindert sonach die verlustbringende Streuung. Die Zahl der Kraftlinien wird um so mehr sinken, je größer der Widerstand ist. Dieser Widerstand ist um so kleiner, je mehr Eisen und je weniger Luft die Kraftlinien auf ihrer Bahn vorfinden. Für die Formgebung des Ankereisens ist ein Vorgang in hohem Grade bestimmend. Dieser Vorgang ist die Bildung von „Wirbelströmen“, deren Auftreten in stromerzeugenden Maschinen eine höchst unerwünschte, den Effekt ungünstig beeinflussende Erscheinung ist. Im Eisenkörper des Ankers nämlich treten genau wie in den Kupferwindungen des Ankers elektromotorische Kräfte auf, welche Ströme hervorbringen möchten, und zwar ebenso wie in den Kupferwindungen infolge des Kraftflusses, welcher den Eisenkörper durchdringt. Diese Ströme, welche nach außen hin nicht abgeleitet werden können, sondern sich totlaufen bzw. Wärme erzeugen und somit Energievergeudung darstellen, nennt man Wirbelströme. Man fertigt den Eisenkern des Ankers deshalb aus einzelnen dünnen, kreisförmigen Weicheisenblechen an, die gegenseitig durch Isolierzwischenlagen von Papier voneinander isoliert werden. Diese Bleche liegen senkrecht zur Achsrichtung und somit senkrecht zu derjenigen Richtung, in der die Wirbelströme entstehen möchten. Die Isolation der Bleche verhindert also die Ausbildung der Wirbelströme. Immerhin

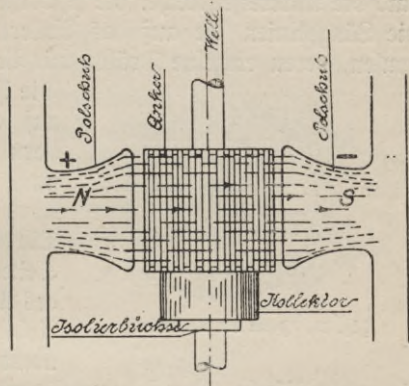


Fig. 13. Stellung des Ankers zwischen den Magnetpolen.

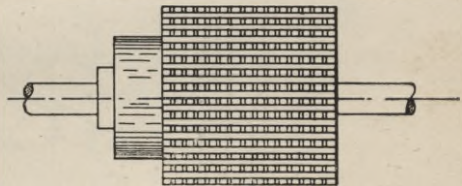


Fig. 14. Anker.

Man fertigt den Eisenkern des Ankers deshalb aus einzelnen dünnen, kreisförmigen Weicheisenblechen an, die gegenseitig durch Isolierzwischenlagen von Papier voneinander isoliert werden. Diese Bleche liegen senkrecht zur Achsrichtung und somit senkrecht zu derjenigen Richtung, in der die Wirbelströme entstehen möchten. Die Isolation der Bleche verhindert also die Ausbildung der Wirbelströme. Immerhin

bilden sich innerhalb eines jeden Bleches noch Wirbelströme aus; sie sind aber verschwindend gering. Der Anker ist in Fig. 14 schematisch dargestellt. Die senkrechten stärkeren Ringe sind die Ankereisenbleche, die schwachen die Isolierzwischenlagen, die Längslinien die auf das Ankereisen aufgewickelten Ankerspulen, deren einzelne Drähte mit Baumwolle umspinnen sind.

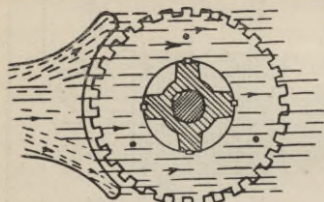


Fig. 15. Form der Ankerbleche.

Die isolierten Blechscheiben sitzen auf einem gußeisernen Ankerstern und werden der Länge nach mittels durchgezogener starker Bolzen zusammengehalten. Die Endbleche auf den beiden Seiten werden zur Stabilisierung des Ankers, d. h. zum Schutz gegen Abblättern etwas stärker genommen als die zwischen ihnen

liegenden Bleche. Zur sicheren Einwicklung der Ankerspulen und um geringere Luftabstände zwischen Anker und Magnetgestell zu erhalten, werden die Ankerbleche mit einer Verzahnung versehen, wie vorstehende Figur zeigt. Die Verzahnung wird vor

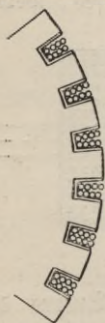


Fig. 16. Einlagerung der Ankerspulen.

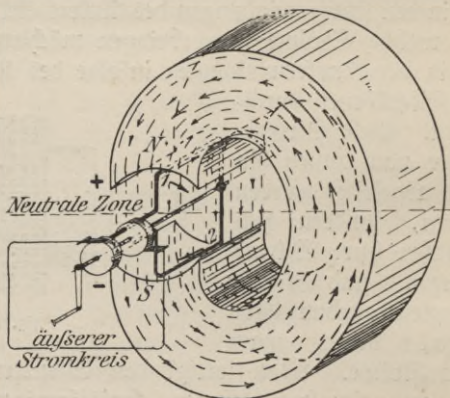


Fig. 17. Schematische Darstellung einer Wechselstrommaschine.

dem Einlegen der Spulen mit Isoliermaterial ausgelegt, damit die sorgfältig isolierten Spulen nicht auf rohes Eisen zu liegen kommen. Nehmen wir an, es sei auf dem Anker nur eine

einzig Spule aufgelegt, so wird bei der Drehung des Ankers die elektromotorische Kraft zunächst von Null auf einen Höchstwert steigen und nach einer Drehung um 180 Grad wieder auf Null fallen. Das bedeutet, daß bei jeder vollständigen Umdrehung von 360 Grad zwei Stromstöße entstehen. Die größte Stärke hat der Strom, wenn die beiden Stäbe der Ankerspule gerade direkt vor den beiden Magnetpolen sich vorüberbewegen; wenn die Ankerstäbe dagegen nach Figur 17 in der Lage der gestrichelten Linie — der neutralen Zone — sind, so ist der Strom gleich Null.

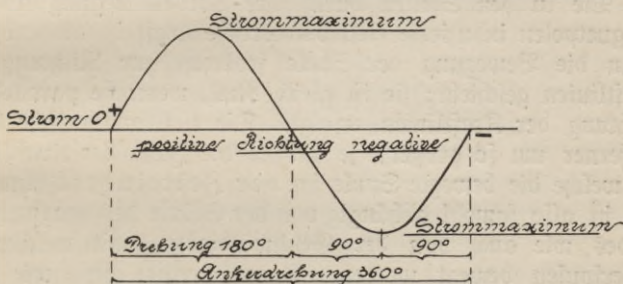


Fig. 18. Verlauf des Stromstoßes in einer Ankerspule bei einer vollständigen Drehung.

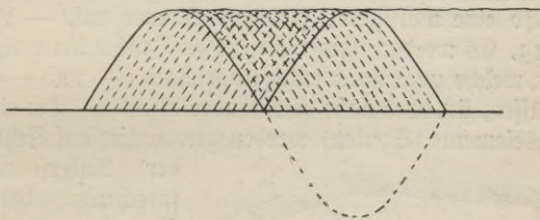


Fig. 19. Schematische Darstellung der Entstehung eines gleichmäßigen Stromes.

Der Verlauf der eben beschriebenen beiden Stromwellen ist in Fig. 18 schematisch dargestellt. Dies ist das Prinzip der Wechselstrommaschine. Um nun eine nahezu gleichbleibende Strömung zu erzielen, ist es notwendig, so viel Spulen auf den Anker aufzuwickeln, daß die Stromhöchstwerte (Strommaxima) der einzelnen Spulen einander so schnell folgen, daß eine zusammenhängende Stromkurve entsteht (siehe Fig. 19). Die einzelnen Ankerstäbe werden dabei zu einem in sich geschlossenen

System, die Anferwicklung, verkettet und gruppenweise mit Sammelringstücken, die man Lamellen nennt, verbunden (hierüber siehe S. 25 u. 27). Nach erfolgter Fertigstellung der Anferwicklung werden mehrere Bandagen senkrecht zur Richtung der Spulen um den Anker gelegt, damit die Ankerspulen unverrückbar auf dem Ankerisen festgehalten werden. Der elektrische Widerstand im Anker verursacht einen Kraftverlust und demzufolge Wärmebildung. Um den Anker zu kühlen, richtet man im Anker selbst Luftkanäle her, die sich beim Umlauf des Ankers selbst ventilieren.

Die in den Spulen durch ihre Vorbeibewegung an den Magnetpolen induzierte elektromotorische Kraft ist am größten, wenn die Bewegung der Spule senkrecht zur Richtung der Kraftlinien geschieht; sie ist gleich Null, wenn sie parallel der Richtung der Kraftlinien erfolgt. Die elektromotorische Kraft ist ferner um so größer, je größer die Zahl der Kraftlinien ist, welche die bewegte Spule in der Zeiteinheit schneidet. Sie ist also sowohl abhängig von der Stärke des magnetischen Feldes wie auch von der Geschwindigkeit, mit welcher die Ankerspulen bewegt werden. Daraus ergibt sich, wie oben schon erwähnt, daß schnelllaufende Dynamomaschinen von kleineren Abmessungen sein können als langsamlaufende. Letztere weisen also eine massigere, stabilere Bauart auf. — Ankerwicklung. Es werden immer diejenigen Drähte hintereinandergeschaltet, welche zwar unter entgegengesetzten (+ und -) Polen liegen müssen, sich aber nahe beieinander befinden. Die einzelnen Wicklungselemente (Spulen) werden gewöhnlich auf Schablonen

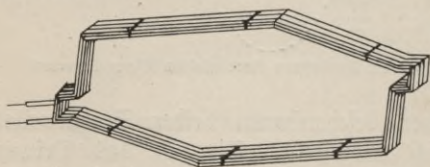


Fig. 20. Anker-spule.

der Ankerform entsprechend hergestellt. Nebenstehende Figur zeigt eine solche Spule. Die kleinen Drahtbünde dienen dazu, um die Form der Spulen zu wahren, solange sie nicht

mit Isolierband umwickelt sind. Wie schon früher erwähnt, sind die Drähte mit Baumwolle umspinnen. Die fertiggewickelte Spule wird außerdem mit Leinenband umwickelt und mit einem Lacküberzug versehen. Der Lack ist Isoliermittel und bildet für

die Formerhaltung der Spule eine Art Gerüst. Die Aufbringung des Lackes muß im Vakuumofen erfolgen, damit aus allen Hohlräumen (Haarröhrchen) sowohl die Luft wie auch alle Feuchtigkeit herauskommt. Der Lack dringt alsdann in alle diese luftleeren Hohlräume bis hinunter auf den blanken Draht ein und bildet sonach einen dichten Abschluß, eine gute Isolation.

Wirkungsweise der Dynamomaschinen. Die einfachste, für die praktische Verwendung aber nicht brauchbare Maschine könnte so aussehen, wie Fig. 17 auf Seite 22 zeigt. Die Maschine besteht aus einem zweipoligen Magneten NS und einer einfachen, drehbaren Ankerspule. Wird die Kurbel und damit gleichzeitig der die Ankerspule bildende Drahtbügel in der Pfeilrichtung gedreht, so bewegen sich die beiden Leiterstäbe 1 und 2, indem sie die Kraftlinien schneiden, an den Magnetpolen vorüber. Nach dem Grundsatz der elektromagnetischen Induktion muß hierdurch ein elektrischer Strom induziert werden. Die Richtung dieses elektrischen Stromes kann man leicht nach einer Handregel bestimmen.

Handregel: Hält man die rechte Hand so in das magnetische Feld, daß die Kraftlinien — die, wie früher gesagt, am Nordpol ausströmen — in die Handfläche fallen und der Daumen die Drehrichtung der Ankerspule angibt, so zeigen die Fingerspitzen die Richtung des induzierten elektrischen Stromes an.

Wie man Nordpol und Südpol eines Elektromagneten bestimmt, ist auf Seite 4 gesagt worden. Um den in der Ankerspule induzierten Strom in einen äußeren Stromkreis (z. B. eine Drahtleitung) ableiten zu können, der sich nicht mit der Ankerspule drehen kann, weil er sich, wenn er direkt an ihr festgebunden wäre, mit ihr verwickeln würde, muß man die Enden der Ankerspule zunächst mit je einem Sammelring fest verbinden. Auf diesen mit in Drehung gebrachten Ringen ruhen festgelagert, also nicht mit drehbar, zwei Schleifbürsten, welche durch Federn an den Ring angepreßt werden und unter denen der Ring sich hinwegdreht. Die beiden Schleifbürsten nehmen den aus der Ankerspule auf die beiden Ringe übergeleiteten elektrischen Strom ab und leiten ihn in den mit den Klemmen der Schleifbürsten verbundenen äußeren Stromkreis. Wie wir

aus der Fig. 17 „Wechselstrommaschine“ auf Seite 22 ersehen hatten, fließt nach dem oberen Stabe 1 der Ankerspule hin, vom Sammelringe kommend, ein Strom in der Pfeilrichtung. Bei einer Drehung der Spule und des Sammelringes von 180 Grad wird der eben erwähnte Stab 1 vor den Südpol kommen und deshalb im Stabe die Stromrichtung augenblicklich in entgegengesetztem Sinne wechseln; dies geschieht natürlich auch im äußeren Stromkreis. Auf diese Weise wechselt der in der Ankerspule induzierte elektrische Strom bei einer halben Drehung einmal, bei einer vollen Drehung zweimal seine Richtung. Wir erhalten Wechselstrom, der aber, wie wir früher erfahren haben, für die Ladung von Akkumulatoren nicht brauchbar ist. Auf einfachste Weise läßt sich jedoch aus der Wechselstrommaschine eine Gleichstrommaschine machen.

Die früher beschriebenen Sammelringe, die mit den Enden der Ankerspule verbunden sind, waren bei der eben beschriebenen Wechselstrommaschine aus einem Stück, d. h. in sich geschlossen. Man braucht nun nur an Stelle der beiden Ringe einen einzigen anzuordnen, den man in zwei Hälften teilt. An jeder der beiden Ringhälften mündet ein Ende der Drahtspule. Be-

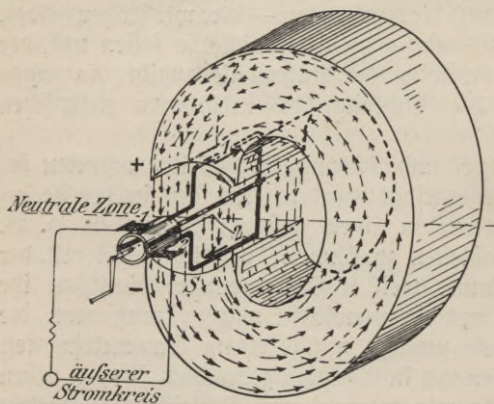


Fig. 21. Schematische Darstellung einer Gleichstrommaschine.

trachten wir jetzt die auf so einfache Weise geänderte Maschine laut nebenstehender Figur, die nunmehr in eine Gleichstrommaschine verwandelt worden ist, so finden wir, daß bei der gerade dargestellten Stellung der Ankerspule in dem Ankerspulenstab 2 ein Strom von hinten nach vorn in die Sammelringhälfte 2 fließt und von der Schleifbürste 2 abgenommen wird. Dreht man nun die Ankerspule, so daß der obere

trachten wir jetzt die auf so einfache Weise geänderte Maschine laut nebenstehender Figur, die nunmehr in eine

Gleichstrommaschine verwandelt worden ist, so finden wir, daß bei der gerade dargestellten Stellung der Ankerspule in dem Ankerspulenstab 2

Ankerstab 1, der einen von vorn nach hinten gerichteten Strom hatte und bisher vor dem Nordpol stand, nunmehr vor den Südpol kommt, so wird in diesem Stab 1 die Stromrichtung wechseln und von hinten nach vorn fließen in den Ringteil 1 hinein und von diesem in die Schleifbürste 2. Nun hat die Schleifbürste 2 schon zweimal hintereinander gleichgerichtete Ströme abgenommen, und in derselben Weise geht das Spiel bei der weiteren Drehung der Maschine fort. Wir haben Gleichstrom. Die Maschine an sich blieb eine Wechselstrommaschine, denn jede Dynamomaschine ist in ihrem Innern eine Wechselstrommaschine, aber der Strom wurde durch Vermittlung des geteilten Sammelringes den beiden Schleifbürsten so zugeführt, daß jede von ihnen immer nur Stromstöße von ein und derselben Richtung einsammeln konnte. Jeder der beiden Stäbe der Spule erhält immer, wenn er oben ist —=Elektrizität, wenn er unten ist +=Elektrizität. Da nun durch die Teilung des Ringes der Stromstoß nicht mehr im ganzen Ringe, sondern immer nur in einer Hälfte wirken kann, so wird auch die eine Bürste immer nur von einer mit —=Strom geladenen Ringhälfte in Berührung kommen, die andere dagegen nur +=Strom erhalten. Den geteilten Sammelring nennt man entweder Kommutator (deutsch: Austauschler) oder auch Kollektor (deutsch: Einsammler). Man erhält also auf diese Weise einen gleichgerichteten Strom, der jedoch noch zwischen Null und einem Höchstwert beständig hin und her schwankt. Um diese Schwankungen möglichst auszuschalten, ordnet man, wie auf Seite 23 erwähnt, nicht nur eine, sondern mehrere Spulen an, die man rings auf den Umfang des Ankers verteilt. Man hat dann für die Stromabnahme auch nicht nur einen zweiteiligen, sondern einen entsprechend häufiger unterteilten Ring. Die Bürsten berühren dann immer zwei Segmente, welche jeweilig die höchste elektromotorische Kraft bzw. den größten Strom führen.

Der Kollektor besteht also aus einzelnen, gut voneinander isolierten Segmenten, die man Lamellen nennt, aus hartgezogenem Kupfer und ist mit dem Anker unmittelbar verbunden. Das Isoliermaterial darf sich nicht langsamer abnutzen als das Kupfer, damit die kreisrunde Lauffläche glatt bleibt. Die Enden der Ankerspulen werden mit den

zu ihnen gehörenden Lamellen entweder verschraubt oder verlötet. Der Kollektor darf niemals eingeeilt werden.

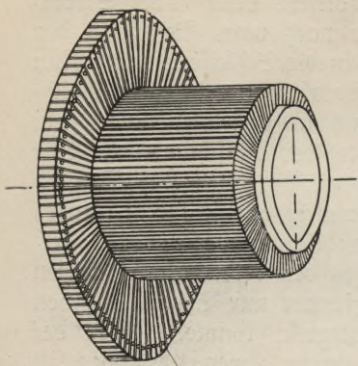


Fig. 22. Kollektor.

Die Stromabnehmerbürsten.

Ihr Zweck ist schon auf Seite 25 angedeutet worden. Sie bewerkstelligen die Stromüberführung aus dem mit dem Anker festverbundenen und daher mit ihm bewegten Kollektor in den feststehenden äußeren Stromkreis, das Leitungsnetz. Die Bürsten müssen zur Kreisform des Kollektors genau passend eingeschliffen sein und glatt auf der Kollektorfläche aufliegen, weil sich andernfalls Funken bilden, die den Kollektor mit der Zeit zerstören. Die Bürsten

werden durch Federn auf die Kollektorfläche aufgedrückt. Die Stromabnehmerbürsten können entweder aus Kohle oder aus Kupfergaze sein. Kohlebürsten können mit einer Stromstärke bis zu 10 Ampere, Metallbürsten bis zu 30 Ampere pro Quadratcentimeter Auflagefläche belastet werden. Kohlebürsten sind in häufigerer Anwendung, weil sie mit geringerem Verschleiß arbeiten und weil bei ihnen geringere Funkenbildung zwischen Kollektor und Bürste auftritt. Eine ausführliche Erklärung für letztere Erscheinung kann hier nicht gegeben werden. Ein wirksames Vorbeugungsmittel gegen Funkenbildung an den Stromabnehmerbürsten sind am Magnetgestell angebrachte Hilfs- oder Wendepole, die bei der Beschreibung der Winddynamos noch erwähnt werden sollen.

Die Stellung der Stromabnehmerbürsten ist in der neutralen Zone. Durch die Einwirkung des Ankerfeldes auf das Magnetfeld wird das Magnetfeld etwas verzerrt, wie die Figur auf Seite 29 zeigt. Dieser Verschiebung des Feldes muß Rechnung getragen, und die Bürsten müssen entsprechend verschoben werden, weil andernfalls starke Funkenbildung auftreten würde. Die Stellung der Bürsten ist bei gewöhnlichen Maschinen sonach nicht genau auf der neutralen Achse, sondern bei Dynamos im Sinne der Drehrichtung etwas vorgeschoben.

Bei Anwendung von Wendepolen ist die Verschiebung der Bürsten aus der neutralen Achse nicht erforderlich, weil diese Hilfspole die Verzerrung des Magnetfeldes ausgleichen.

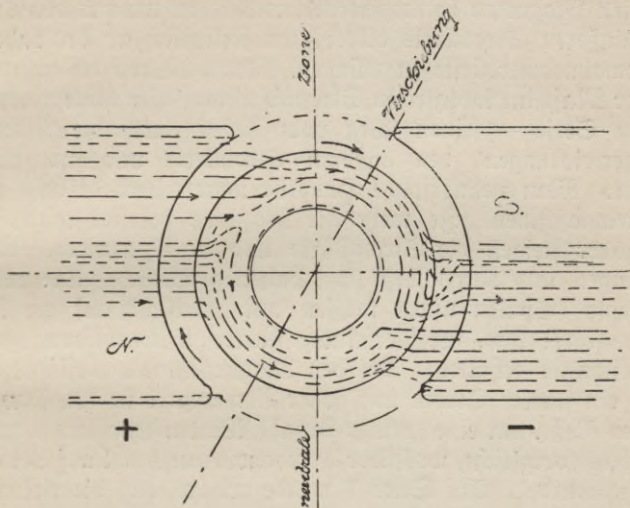


Fig. 23. Einwirkung des Ankerfeldes auf das Magnetfeld.

Die verschiedenen Arten von Gleichstromdynamo. Nachdem der Aufbau und die Wirkungsweise der Dynamomaschinen beschrieben ist, kommen wir zur Beschreibung des Verhaltens der verschiedenartigen Gleichstrommaschinen während des Betriebes.

Die Hauptstromdynamo. Wir haben auf Seite 15 unter der Rubrik „Entstehung des elektrischen Stromes“, Näheres über das dynamoelektrische Prinzip erfahren. Es wurde dort erklärt, daß die Erregung der Elektromagneten durch den in den Ankerwindungen fließenden elektrischen Strom erfolgt, indem man diesen Strom, bevor er in den äußeren Stromkreis tritt, erst in Windungen — Spulen — um die Schenkel der Magneten fließen läßt. Bei der Hauptstrommaschine, d. h. der direkt gewickelten Dynamo führt man den gesamten, in den Ankerwindungen induzierten Strom in einigen wenigen dicken Windungen um die Magnetschenkel herum. Die Schaltung der Hauptstromleitungen erfolgt in der Weise, daß an einer

Stromabnehmerbürste das eine Ende des Hauptleitungsdrahtes angeklemt und der Draht zuerst um den Schenkel des einen Magneten, alsdann direkt weiterführend um den Schenkel des zweiten Magneten herumgewickelt wird, von wo aus der Draht den äußeren Stromkreis bildet, um schließlich an der anderen Stromabnehmerbürste zu münden. Der Kreislauf des gesamten in der Maschine induzierten Stromes nimmt also hintereinander — in Serie — seinen Weg vom Anker durch die Magnet-erregewicklungen, den äußeren Stromkreis und zum Anker zurück. Man nennt solche Hauptstrommaschinen deshalb auch Serienmaschinen. Je mehr die Maschine belastet wird, um so höher steigen die Stromstärke und die Spannung. Überlastungen und Kurzschluß sind daher gefährlich. Die Leiter-elemente (Spulen usw.) müssen mit Rücksicht auf die hohe Stromstärke bzw. zur Verhütung starker Wärmebildung große Querschnitte erhalten. Auf den Magnetschenkeln befindet sich, weil ein starker Strom mit hoher Amperezahl in den Erregerspulen fließt, nur eine geringe Anzahl Windungen eines starken Drahtes (vergleiche, was über Amperewindungszahl auf Seite 19 gesagt wurde). Auf Seite 7 wurde erklärt, daß die elektrische Stromstärke einer fließenden Wassermenge verglichen werden kann. Wenn wir eine aus einer ganz kleinen Rohröffnung ausströmende Wassermenge schnell zum Stillstand bringen wollen, genügt es, den Finger gegen den Auslauf zu pressen, weil die lebendige Kraft dieser kleinen Wassermenge nicht groß ist. Mit welcher Gewalt aber große Wassermassen gegen Widerstände anprallen, das kann man an Flüssen oder am Meere beobachten. Eine große elektrische Stromstärke wird ebenfalls mit einem heftigen Stoß gegen einen Widerstand anfahren. Würde dieser Widerstand z. B. ein Elektromotor sein, so kann man sich vorstellen, daß der starke elektrische Strom dem Motor eine hohe Anzugskraft verleiht. Es ergibt sich hieraus das Anwendungsgebiet der Hauptstrom-Dynamomaschine. Sie ist vorzüglich geeignet für den Betrieb eines einzelnen Hauptstromelektromotors, welcher direkt mit einem Pumpwerk, einem Lastaufzug oder einer anderen, hohe Anzugskraft erfordernden Einrichtung gekuppelt ist. Außerordentlich praktische Anlagen in diesem Sinne sind die in einer besonderen Abhandlung, Seite 122 beschriebenen windelektrischen Fernpump-

werke mit einer Hauptstromdynamo und einem Hauptstrom-Elektromotor. Mittels dieser Einrichtungen kann man aus tiefgelegenen Quellen heraus Wasser auf Höhen hinauspumpen und für die Windturbine, unabhängig vom Standort der Pumpe, einen für den Windzutritt freien Aufstellungsplatz auswählen.

Aus folgenden Gründen eignet sich eine Hauptstrom-Dynamomaschine nicht zum Laden von Akkumulatoren. Da die elektromotorische Kraft der ladenden Maschine etwas höher sein muß als diejenige der zu ladenden Batterie, so muß die erstere, bevor sie mit der Batterie verbunden wird, schon ihre volle elektromotorische Kraft besitzen. Dazu ist notwendig, daß sie sich erst einmal auf Tourenzahl und Spannung hinaufarbeitet und die erforderliche Spannung erzeugt. Dies müßte bei abgeschalteter Batterie, sonach bei geöffnetem Stromkreis erfolgen. Bei geöffnetem Stromkreis kann sich eine Hauptstrommaschine aber überhaupt nicht erregen, wie aus dem bisher Gesagten und aus nebenstehender Figur hervorgeht. Sie müßte da-

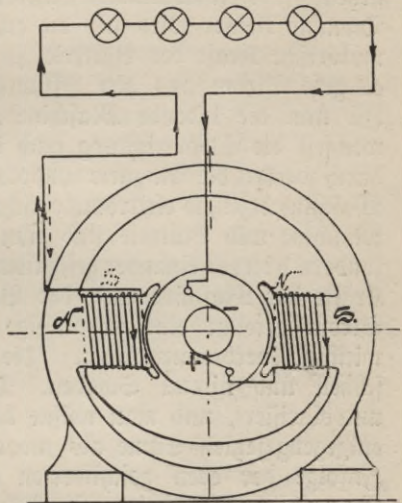


Fig. 24. Hauptstrom-(Serien-) Maschine.

her, um Magneterregung herbeizuführen, auf einen Hilfs-widerstand anlaufen und dieser Widerstand beim Umschalten der Maschine auf die Batterie einen Augenblick zur Batterie parallel geschaltet sein. Wie früher gesagt, hängt die Stärke des magnetischen Feldes von den Amperewindungen ab. Die Erregung des magnetischen Feldes ist bei Hauptstrommaschinen der Stromstärke proportional, daher die starken Schwankungen bei wechselnder Stromstärke und Tourenzahl. Läuft eine Hauptstromdynamo als Motor, so kehrt sich ihre Drehrichtung um, d. h. wenn Strom aus der Batterie rückwärtsfließt (Polaris-

sationsstrom), so kehrt er bei einer Hauptstrommaschine den Magnetismus um.

Das bedeutet, daß aus dem bisherigen Nordpol ein Südpol und umgekehrt wird. In der Figur ist die Richtung des Polarisationsstromes durch gestrichelte Pfeile angedeutet (vergleiche was auf Seite 4 über die Bestimmung der Pole bei Elektromagneten gesagt ist). Wenn während der Ladung die Geschwindigkeit der die Dynamo treibenden Kraftmaschine vorübergehend so weit abnimmt, daß die elektromotorische Kraft der Dynamo kleiner wird als die entgegengesetzt gerichtete elektromotorische Kraft der Batterie, so schlägt der Strom um, d. h. es geht Strom aus den Akkumulatoren durch die Maschine. Ist nun die ladende Maschine eine Hauptstrommaschine, so wechselt die Stromrichtung auch in der Magnetwicklung. Dadurch werden die Magnete unpolarisiert, und die im Anker der Maschine erzeugte elektromotorische Kraft wechselt ihre Richtung. Maschine und Batterie sind nun nicht mehr gegeneinander, sondern hintereinander geschaltet. Die beiden elektromotorischen Kräfte der Maschine und der Batterie addieren sich und der Strom erreicht eine unzulässige Höhe, wodurch die Drahtwicklung verbrennen kann. Die Batterie entlädt sich hierbei schnell und nimmt Schaden. Die Maschine bleibt dauernd unpolarisiert, und man müßte bei einer neuen Ladung sie im entgegengesetzten Sinne als zuvor mit der Batterie verbinden. Infolge der eben geschilderten Betriebseigenschaften ist die Hauptstrommaschine für Akkumulatorenladung ungeeignet. Wenn der eben beschriebene Zwischenfall bei einer Nebenschlußmaschine eintritt, so findet zwar ebenfalls ein Umschlagen des Stromes statt, jedoch die Maschine wird nicht unpolarisiert, da die Stromrichtung zwar im Anker sich ändert, in der Magnetwicklung aber die gleiche bleibt. Die Dynamo läuft in ihrer normalen Drehrichtung als Motor weiter. Sobald die Betriebsmaschine ihre normale Tourenzahl wieder erlangt hat, überwiegt die elektromotorische Kraft der Dynamo, und die Ladung geht regelmäßig weiter. Aus nachstehender Figur ist der Verlauf der Stromumkehrung ersichtlich. Die Nebenschlußmaschine besitzt eine vom Hauptstromkreis abgezweigte Magneteregerwicklung von dünnem Draht (Nebenschlußwicklung). Um die Magneten fließt also nicht, wie bei der Hauptstrom-

maschine, der gesamte Ankerstrom, sondern nur ein schwacher Teilstrom. Dieser schwache Teilstrom wird aber in vielen Windungen um die Magnetschenkel geführt, so daß das Produkt aus Ampere und Windungen dennoch den für die Erzeugung des magnetischen Feldes erforderlichen Wert erhält. Die Nebenschlußdynamo ist die am häufigsten in Anwendung kommende und wird immer zur Ladung von Akkumulatoren benützt. Es wurde schon unter der Abhandlung „Hauptstromdynamo“ erwähnt, daß die elektromotorische Kraft der ladenden Maschine etwas höher sein muß als diejenige der zu ladenden Batterie. Die Maschine muß sich also auf Touren und elektromotorische Kraft erst genügend hinaufgearbeitet haben, bevor sie mit der Batterie verbunden werden kann. Das verursacht bei der Hauptstrommaschine Schwierigkeiten, bei der Nebenschlußmaschine dagegen nicht. Wenn bei letzterer der äußere Stromkreis geöffnet wird, fließt trotzdem noch im Anker induzierter Strom durch die Nebenschlußwicklung und erzeugt schnell ein magnetisches Kraftfeld. Das Kraftfeld und

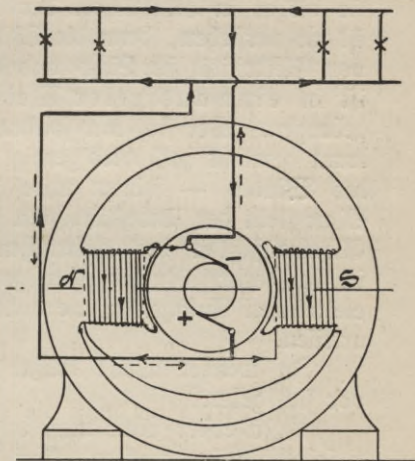


Fig. 25. Nebenschlußmaschine.

damit auch die elektromotorische Kraft bleiben dann bei unveränderter Drehzahl im wesentlichen konstant, auch wenn die Maschine belastet wird. Bei steigender Drehzahl des Maschinenankers steigen die Spannung und damit auch die Stromstärke schnell, besonders beim Laden einer Batterie, und damit wächst auch das aufzuwendende Drehmoment. Eine normale Nebenschlußmaschine bewährt sich daher nur, wenn sie von einer mit gleichmäßiger Drehzahl laufenden Kraftmaschine angetrieben wird; geht die Drehzahl stark in die Höhe, so schmoren die Spulen zusammen, und die Maschine wird zerstört.

Die Winddynamomaschine. Sofern die windelektrischen Anlagen zur Ladung von Akkumulatoren und zur Speisung von elektrischen Lichtanlagen dienen sollen, liegt es nahe, als Stromerzeugende Maschine eine Nebenschlußmaschine zu verwenden. Es darf aber keine Nebenschlußmaschine mit den eben geschilderten Eigenschaften, also keine normale Maschine sein, vielmehr muß eine Spezialmaschine gewählt werden. Auf dem Warenmarkte der elektrischen Industrie ist die für Windbetrieb geeignete Maschine vorläufig nicht zu finden, ebensowenig war sie bisher in Lehrbüchern der Elektrotechnik beschrieben. Das ist zu verstehen, denn die Lösung des Problems „Erzeugung von Elektrizität für Licht- und Kraftbetriebe mittels Windkraft“ ist in einwandfreier Weise erst in den letzten Jahren gelungen. Wer sich mit solchen Spezialanlagen noch nicht vertraut gemacht hat, wird geneigt sein, nach der Haupteigenschaft des Windes — seinem unbeständigen Wesen — zu urteilen. Man stellt der Unbeständigkeit der Betriebskraft die geforderte Gleichmäßigkeit des elektrischen Lichtbetriebes gegenüber und ist bei derartig kurzer Überlegung geschwind dabei, die windelektrischen Anlagen zu verurteilen, anstatt sie richtig zu beurteilen.

In welcher Weise müßte aber eine richtige Beurteilung vor sich gehen?

In erster Linie muß die Betriebskraft — der Wind — selbst studiert werden. Auf den meteorologischen Instituten gibt es Bände von Statistiken über Häufigkeit und Stärke des Windes. Man kann da, über viele Jahre ausgedehnt, von jeder Stunde die Windstärke ermitteln. Aber nicht allein die Häufigkeit des Windes kann man statistisch aufgezeichnet finden, sondern auch die Windstillen. Das ist wichtig; denn wie häufig hört man Leute sagen: „Ja, wenn nun kein Wind weht, was dann.“ Wer sich darüber im klaren ist, wie der Wind entsteht, daß er eine Folge der Sonnenstrahlung ist, dem wird es verständlich sein, daß Luftströmungen nicht lange auf sich warten lassen. Man denke hierbei auch an die Möglichkeit der Energieaufspeicherung in Akkumulatoren! (Siehe die Tabellen Seite 65—77.)

Man müßte ferner erforschen, welche Windstärken praktisch ausnützlich sind, und welche Windstärke die am häufigsten

auf tretende ist, weil man dann die Anlage so konstruieren kann, daß sie gerade bei dieser am häufigsten herrschenden Windstärke den höchsten Nutzeffekt ergibt.

Die zweite wichtige Frage wäre die: Für welche Betriebe sich eine windelektrische Anlage eignet; und die Beantwortung dieser Frage erheischt wieder die Antwort auf eine andere: Welche Leistungen man mit einer Windturbine erzielen kann. Auf diese Fragen erteilen die Druckschriften der Fabrikanten Auskunft.

Wir haben bereits erfahren, daß der einwandfreie Betrieb einer normalen Nebenschlußmaschine stets gleichbleibende Drehzahl erfordert, weil die Maschine bei zu hoher Drehzahl infolge von Überlastung und übermäßiger Wärmebildung zerstört wird. Leute, denen das Wesen des Windbetriebes nicht vertraut ist, werden immer zuerst daran denken, die bestehenden mechanischen Regulier Vorrichtungen an den Windkraftmaschinen so zu ändern, daß die Dynamomaschine mit immer gleichbleibender Drehzahl läuft. Das kann aber nur geschehen, wenn man die Sturmsicherheit der Anlage beeinträchtigt. Eine auf konstant bleibende Drehzahl hinausgehende Regulierung der Windturbine müßte durch einen Zentrifugalregulator erfolgen, der aber zu spät in Wirksamkeit tritt und die Konstruktionsteile der Windturbine den übermäßigen Kräften heftiger Windstöße aussetzt. Bei der Regulierung, die man an Stahl-Windturbinen findet, ist die Selbsteinstellung abhängig vom direkten Winddruck, sie nimmt also augenblicklich die Windstöße auf und schützt auf diese Weise sicher die Konstruktionsteile vor zu hohen Belastungen. Dieses wichtige Moment: Sicherstellung der Standfestigkeit bei Sturm, muß immer ausschlaggebend für die Ausbildung der Regulier Vorrichtung bleiben, und deshalb müssen Drehzahlschwankungen in einem gewissen, beschränkten Maße in Kauf genommen werden. Was sollen auch solche Schwankungen, wenn sie nur sanft steigend und fallend, also nicht urplötzlich stoßweise auftreten, schaden? Sie können auf die Betriebsspannung nur in ganz geringem Maße einwirken infolge der ausgleichenden Eigenschaft der Akkumulatoren. Das Wichtigste ist, daß die Höchstzahl der Umdrehungen niemals die für die Dynamo zulässige obere Belastungsgrenze übersteigt und die maximale Ladestromstärke

des Akkumulators nicht überschritten wird. Das ist mit Sicherheit nur mit der einfachen Fahnenregulierung an starren Stahlrädern, niemals aber dauernd zuverlässig mit der Zentrifugalregulierung an Jalousie-Windrädern zu erreichen. Wir haben dann eine Betriebsweise, bei der die Dynamomaschine gewöhnlich nur mit der Hälfte ihrer normalen Leistungsfähigkeit beansprucht wird, während sie nur gelegentlich bei Sturm ihre volle Leistung liefert. (Der geringe Mehrpreis einer solchen Maschine spielt keine Rolle.) Dies bedeutet, daß die Maschine wenig beansprucht und daher, ebenso wie der Akkumulator, bestens geschont wird. Eine zuverlässige Winddynamomaschine hat aus eben angeführten Gründen verhältnismäßig große Abmessungen; sie ist eine stabile, langsam laufende Maschine.

Wir haben bereits erfahren, daß die Drehzahl der Windkraftmaschinen in gewissen Grenzen schwankt, und zwar weiß ich aus eigener Erfahrung, daß die Schwankungen bei den stabileren, starren Stahlrädern nicht höhere sind als bei den mit Zentrifugalregulatoren ausgestatteten Jalousieflügel-Windrädern, obwohl bei letzteren die Regulierung auf konstante Drehzahl hinausläuft, während man bei Stahlrädern nur übermäßigen Winddruck fortreguliert. Mit der Erscheinung mäßiger Tourenschwankungen muß also unter allen Umständen gerechnet werden, und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Abhandlung, nachzuweisen, daß die im beschränkten Maße wechselnde Drehzahl durchaus nicht einen regelrechten Lichtbetrieb verhindert. Die Maschine darf niemals bei Sturm durchgehen, das ist Haupt- und Grundbedingung. Alle Windstärken bis hinauf zu 8 m/sec-Geschwindigkeit entwickeln Kräfte, die den Konstruktionsteilen guter Windturbinen absolut ungefährliche Beanspruchungen bringen. Größere Kraftentwicklung, auch bei den heftigsten Stürmen, muß dagegen zuverlässig verhindert werden durch automatische Regulierung. Es ist erforderlich, hier einiges über die schon erwähnte Fahnenregulierung an Stahlwindturbinen zu berichten, weil künftig kaum noch eine andere Windmotorenkonstruktion neben der vierflügeligen Windmühle zu Anwendung kommen wird. Es wird sich aber kein Schloß- oder Gutsbesitzer, auch kein Besitzer irgend eines hübschen ländlichen Grundstückes eine plumpe, schwerfällige vierflügelige Windmühle aufbauen, deren Aufstellung gewöhnlich auch ver-

boten würde, vielmehr wird man nur die elegante, lustige Stahlwindturbine wählen. Ich habe vor einigen Jahren als Assistent an der Königlichen Technischen Hochschule in Dresden viele Monate lang eine Herkules-Windelekttrizitätsanlage unter meiner Aufsicht gehabt, die auf dem Gelände bei der Hochschule von den Vereinigten Windturbinenwerken errichtet wurde. In einem Vortrag, den ich am 27. Juni 1912 vor dem Dresdner Elektrotechnischen Verein hielt, bin ich näher auf die Fahnenregulierung an Stahlwindrädern eingegangen, und ich halte es für zweckmäßig, dem Sinne nach hier wiederzugeben, was ich seinerzeit dem Verein berichtet habe. (Ein genauer Bericht des Vortrages ist in den „Verbandsmitteilungen“ erschienen.)

Den Hauptbestandteil der Windturbine bildet das Windrad, das mit Hilfe seiner Stahlschaufeln der bewegten Luft ihre Energie abnehmen soll. Die Achse dieses Rades liegt horizontal und parallel zur Windrichtung, so daß der Wind senkrecht zur Radebene ankommt. Das ist die vorteilhafteste Anordnung, weil so alle Flügel gleichzeitig der Ausnützung dienstbar sind. Die Schaufeln besitzen diejenige gekrümmte Form, welche die Rechnung unter Zugrundelegen einer mäßigen Windgeschwindigkeit als die günstigste ergeben hat. Um Wirbelungen des Windes zu vermeiden, stehen die Schaufeln nicht ganz dicht und reichen auch nicht bis zur Mitte des Rades. Eine Windfahne sorgt dafür, daß das Windrad von selbst bei wechselnder Windrichtung vor den Wind gedreht wird. Die Leistung einer Windturbine wächst mit der Geschwindigkeit in dritter Potenz. Die Luftteilchen

besitzen die kinetische Energie $\frac{m v^2}{2}$, und je größer nun die

Geschwindigkeit dieser Teilchen ist, eine um so größere Anzahl derselben wird in der Zeiteinheit mit ihrer Energie $\frac{m v^2}{2}$ zur Verfügung stehen, so daß im ganzen die dritte

Potenz der Geschwindigkeit maßgebend ist. Das würde bedeuten, daß eine Windturbine, welche beispielsweise bei der geringen Windstärke von 3 m/sec 1 P.S. leistet, bei einem Orkan von 30 m/sec 1080 P.S. übertragen könnte. So gewaltige Stürme von 30 m/sec treten auf der Erde selbst in Zeitläuften von Jahrhunderten nur vereinzelt auf.

Auch Windstärken von mehr als 10 m/sec herrschen nur an wenigen Tagen des Jahres; man nützt sie bis zu der Kraft aus, welche 8 m Geschwindigkeit ergibt, und verhindert die größeren Kraftübertragungen durch die selbsttätige Regulierung. Diese



Fig. 26. Vierflügelige Windmühle.

Diese Regulierung ermöglicht daher, die Anlagen auch bei den heftigsten Stürmen und nachts ohne Aufsicht im Betrieb zu lassen. Die am häufigsten und regelmäßigsten herrschende Windstärke ist 4—5 m/sec. Die Windturbine muß so gebaut sein, daß sie recht leicht anläuft, daß sie einen guten Wirkungsgrad bei den am häufigsten auftretenden Windstärken aufweist und sich bei Stürmen im Betriebe ganz von selbst so verhält, als ob nur der gut ausnützbare Mittelwind herrsche.



Fig. 27. „Vertules“=Stahlwindturbine.

Die Turbine ist in Figur 28 schematisch dargestellt. Die einzelnen Phasen des Reguliervorganges geben die Figuren 30, 31, 32 wieder. Ein Stahlgußkörper, der sich auf einem großen Kugellager

horizontal drehen kann, behufs Einstellung nach Windrichtung, trägt das Windrad, das Hauptsteuer und die Regulierfahne.

Das Windrad dreht sich um eine kurze, starke, feststehende Achse, die mit dem Stahlkörper innig verbunden ist. In der Figur 28 ist der Stahlkörper mit M, das Windrad mit W, die Regulierfahne mit R und das Hauptsteuer mit H bezeichnet. Das Hauptsteuer ist in dem Gelenk (G) horizontal drehbar. Die Hauptfahne wird stets vom Winde in die Windrichtung gedrückt, wie es mit einer Wetterfahne geschieht. Die Feder F einerseits und die Kette K andererseits sorgen dafür, daß das Windrad senkrecht zur Hauptfahne, demnach auch senkrecht zur Windrichtung steht. Die Regulierfahne befindet sich in der Ebene des Windrades und steht ein Stück über die Peripherie des Rades hinaus; sie wird also vom Winde ebenso ge-

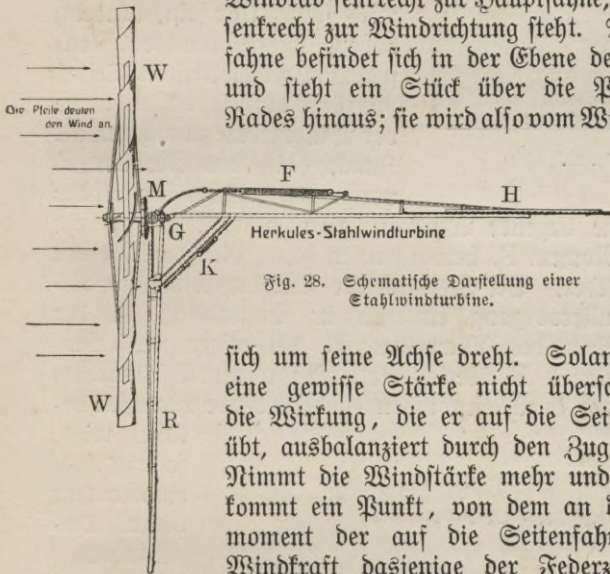


Fig. 28. Schematische Darstellung einer Stahlwindturbine.

troffen wie das Windrad selbst, nur steht sie fest, während das Windrad

sich um seine Achse dreht. Solange der Wind eine gewisse Stärke nicht überschreitet, wird die Wirkung, die er auf die Seitenfahne ausübt, ausbalanciert durch den Zug der Feder F. Nimmt die Windstärke mehr und mehr zu, so kommt ein Punkt, von dem an das Reguliermoment der auf die Seitenfahne wirkenden Windkraft dasjenige der Federzugkraft überwiegt. Das Windrad wird dann aus seiner dem Winde entgegengerichteten Lage herausgedrängt und wird durch den starken Winddruck gezwungen, sich mehr und mehr aus dem Winde zu drehen, d. h. eine Lage mehr und mehr parallel zur Windrichtung einzunehmen.

Die Federkraft auf der einen Seite und die Oberfläche der Regulierfahne auf der anderen Seite sind so bemessen, daß die Regulierung der belasteten Windturbine etwa bei 7 m Windgeschwindigkeit einsetzt, und daß bei Windstärken über 8 m/sec hinaus, die Nutzleistung nahezu konstant bleibt. Die Anlagen arbeiten also nach der in der Figur auf Seite 44



Fig. 29.

mit n bezeichneten Kurve. Wenn wir uns jetzt vergegenwärtigen, welche Momente im Sinne der gewollten Regulierung das Windrad aus dem Winde herauszudrehen suchen und welche Momente im umgekehrten Sinne wirken, so wird sofort klar sein, in welchem hohem Maße bei der Konstruktion des elektrischen Teiles Rücksicht auf die Arbeitsweise der Windturbine zu nehmen ist. Zunächst ist das Moment R vorhanden, welches der auf der

Regulierfahne liegende Winddruck verursacht; entgegengesetzt wirkt das Moment F , hervorgerufen durch die Zugkraft der Feder. Bei Leerlauf der Turbine wird der Reguliervorgang einsetzen im Augenblick, da der Wert des Momentes R denjenigen des Momentes F überschreitet. Wenn die Windturbine aber durch eine unten zu betreibende Maschine belastet wird,

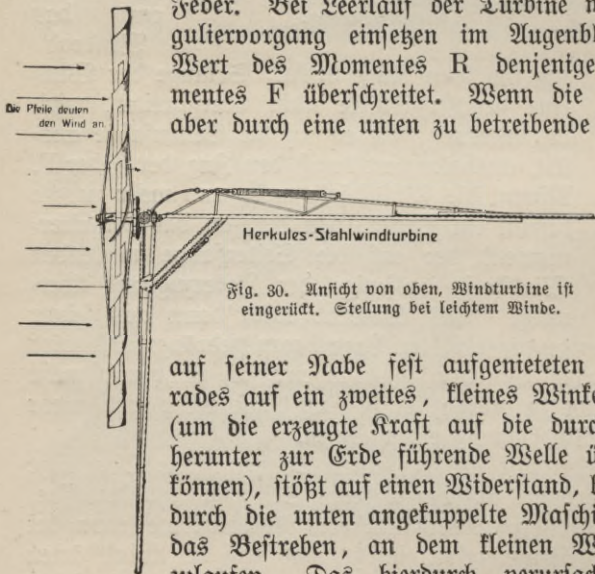


Fig. 30. Ansicht von oben, Windturbine ist eingerückt. Stellung bei leichtem Winde.

so tritt noch ein Moment hinzu. Das Windrad, das mit Hilfe eines

auf seiner Nabe fest aufgenieteten Winkelzahnrades auf ein zweites, kleines Winkelrad arbeitet (um die erzeugte Kraft auf die durch den Turm herunter zur Erde führende Welle übertragen zu können), stößt auf einen Widerstand, hervorgerufen durch die unten angekuppelte Maschine, und hat das Bestreben, an dem kleinen Winkelrad abzulaufen. Das hierdurch verursachte Moment

wollen wir das Arbeitsmoment A nennen. Der Drehsinn des Windrades ist derartig, daß dieses Moment A

im gleichen Sinne zu drehen sucht wie das Moment F , d. h. es ist bestrebt, das Windrad vor den Wind zu ziehen und der Wirkung der Regulierfahne entgegenzuarbeiten. Die Wirkungen der beiden Momente A und F sind gleichgerichtet,

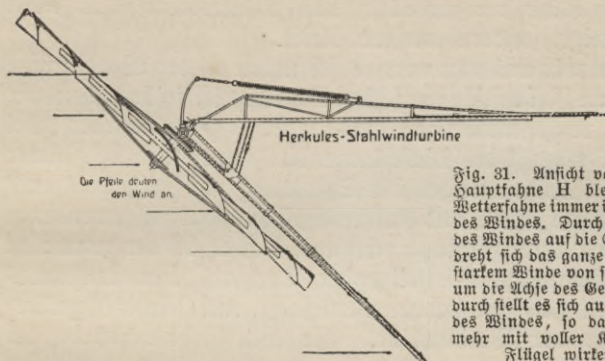


Fig. 31. Ansicht von oben. Die Hauptfahne H bleibt wie eine Wetterfahne immer in der Richtung des Windes. Durch den Überdruck des Windes auf die Seitenfahne R dreht sich das ganze Flügelrad bei starkem Winde von selbst seitwärts um die Achse des Gelenkes G . Dadurch stellt es sich aus der Richtung des Windes, so daß dieser nicht mehr mit voller Kraft auf die Flügel wirken kann.

und wir müssen sie daher addieren. Der Winddruck auf die Seitenfahne muß jetzt stärker sein als bei Leerlauf der Windturbine, wenn der Reguliervorgang einsetzen soll. Je schwerer die unten angekuppelte Maschine läuft, um so größer ist das

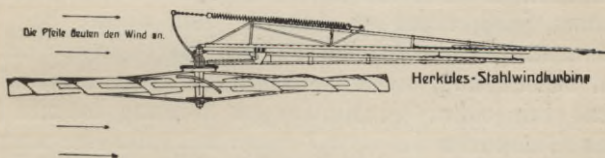


Fig. 32. Ansicht von oben. Stellung der Windturbine, wenn sie mittels der am Fuße des Turmes angebrachten Abstellwinde ganz ausgerückt, oder bei heftigen Stürmen durch Überdruck auf die Seitenfahne so weit zurückgelegt ist, daß der Wind das Rad nicht mehr treffen kann.

Fig. 30—32. Die Selbstregulierung der Stahlwindturbine.

dem Reguliermoment entgegengerichtete Arbeitsmoment A , und um so stärkerer Wind ist erforderlich, um den für die Regulierung erforderlichen Überdruck auf der Regulierfahne zu erzeugen. Wenn wir mit der Dynamomaschine die Windstärken bis zu 8 m/sec gut ausnützen wollen, haben wir

das für zu sorgen, daß das Arbeitsmoment A bis zu diesem Werte ruhig ansteigen kann, und daß es das Reguliermoment überwiegt. Wollen wir andererseits von da an die Konstruktionsteile der Windturbine schützen und nicht weiter steigend belasten, so müssen wir dafür sorgen, daß von 8 m/sec Wind an aufwärts das Arbeitsmoment A nicht weiter steigt, sondern konstant bleibt.

Stellen wir uns nun vor, es sei unten an der Windturbine eine normale Nebenschlußmaschine angekuppelt, so brauchen wir uns nur zu vergegenwärtigen, was auf S. 33 gesagt wurde: „Bei steigender Drehzahl des Maschinenankers (eintretend bei stärker werdendem Winde) steigen die Spannung und besonders auch die Stromstärke schnell, und damit wächst auch das aufzuwendende Drehmoment“, um sofort zu erkennen, daß es bei der normalen Nebenschlußmaschine bei steigender Drehzahl kein konstantes Drehmoment gibt und dadurch verursacht auch keinen Regulierungsvorgang an der Windturbine. Die Windturbine würde bei starkem Winde, weil die Regulierung nicht einsetzt, mit der Dynamomaschine durchgehen, bis die Spulen an der letzteren zusammengeschmort wären. Jetzt wissen wir, weshalb man keine normale Nebenschluß-Dynamomaschine mit einer Stahlwindturbine verbinden kann; wir wissen aber noch nicht, wie man eine Nebenschlußmaschine für Windbetrieb brauchbar machen kann, ohne an der bewährten Ausführungsart der Windturbinenregulierung selbst etwas zu ändern. Wir wissen, daß das Arbeitsmoment A bei allen Windstärken über 8 m/sec hinaus konstant bleiben muß, wenn die Regulierung der Windturbine spätestens bei solchen Windstärken zur Wirkung kommen soll. Für alle Windstärken bis etwa 7 m/sec wäre also eine normale Nebenschlußmaschine brauchbar, für stärkeren Wind dagegen nicht. Eine mit solcher Maschine ausgestattete windelektrische Station wäre für den Besitzer eine unvollkommene Einrichtung, weil er sie bei Sturm abstellen müßte und sie aus Besorgnis vor etwa auftretendem Sturm auch nachts nicht eingerückt lassen könnte. Durch eine einfache Maßnahme bei der Herstellung der Dynamomaschine kann man aber aus einer bei wechselnder Drehzahl nicht regulierenden Nebenschlußmaschine eine höchst feinfühlig regulierende Maschine machen, indem man über die in vielen Dünndrahtwindungen um die Magnetschenkel

gelegten Erregerispulen noch je eine solche Spule, aber im entgegengesetzten Sinne gewickelt und aus nur wenigen Dickdrahtwindungen gebildet, legt, welche nicht vom Nebenstrom, sondern vom Hauptstrom durchflossen werden. Eine solche Extrawicklung nennt man eine Gegencompoundwicklung. Wenn wir uns nochmals vergegenwärtigen, wie die Stärke des induzierten elektrischen Stromes von der Stärke des magnetischen Kraftfeldes abhängig ist, und auf welche Weise das magnetische Kraftfeld entsteht, so wird verständlich sein, daß eine Gegencompoundwicklung das allzu heftige Anwachsen des Magnetfeldes dämpft und ihm entgegenwirkt. Solange der Hauptstromkreis geöffnet ist, ist auch die Compoundwicklung wirkungslos. Da bei Betriebsbeginn sich die Maschine erst auf Spannung und Touren hinaufarbeiten muß, so arbeitet sie bei geöffnetem Hauptstromkreis ganz von selbst erst als normale Nebenschlußmaschine; die Compoundwicklung dämpft also die Erregung vorläufig noch nicht. Sobald aber die Maschine hinreichende elektromotorische Kraft erreicht und der automatische Schalter die Verbindung zwischen Dynamo und Batterie hergestellt hat, fließt in der Compoundwicklung Strom und dieser drückt den Magnetismus herab, bei schwachem Winde und niedriger Drehzahl in geringerem Maße, bei starkem Winde und hoher Drehzahl in stärkerem Maße, gerade so wie es die erstrebte Betriebsweise erfordert. Wenn die Compoundwicklung ihre dämpfende Wirkung ausübt, kann die Drehzahl sich um einen entsprechenden Betrag wieder erhöhen, damit der ursprüngliche Spannungswert erhalten bleibt, den die Batterie vorschreibt. Wir haben sonach eine selbsttätige und mit unumstößlicher Sicherheit wirkende Regulierung der Dynamo und, sobald diese Dynamoregulierung den Anstoß dazu gegeben hat, auch eine einfache und sichere Windturbinenregulierung. Der sonst übliche, von Hand betätigte Nebenschlußregulator ist hier überflüssig. Nun kennen wir das Prinzip, auf welchem die Winddynamo aufgebaut ist, und gewinnen damit einen Einblick in die Arbeitsweise und die Reguliervorgänge dieser Maschine. Um eine im höchsten Grade zuverlässige und leistungsfähige Wind-Elektrizitätsanlage zu erbauen, ist dem Erbauer die Aufgabe gestellt, durch sorgsame Berechnungen die Abmessungen der Dynamo und ihrer Wicklungen zu bestimmen. Das setzt voraus, daß er den konstruk-

tiven Aufbau und die Wirkungsweise der Windturbinen genau kennt, sowie die auftretenden Arbeitsmomente rechnerisch zutreffend zu ermitteln versteht. Die wissenschaftlichen Vorarbeiten für die Konstruktion der Winddynamo und die Berechnungen für die Abmessungen der einzelnen Größen sind Fabrikgeheimnis der Vereinigten Windturbinenwerke. Ein Patent ist für eine gegencompoundierte Nebenschlußmaschine nicht zu erlangen, weil es schon ähnliche Maschinen gibt, z. B. die Rosenberg-Maschine für Zugbeleuchtung. Diese Maschine ist für Windbetrieb aber

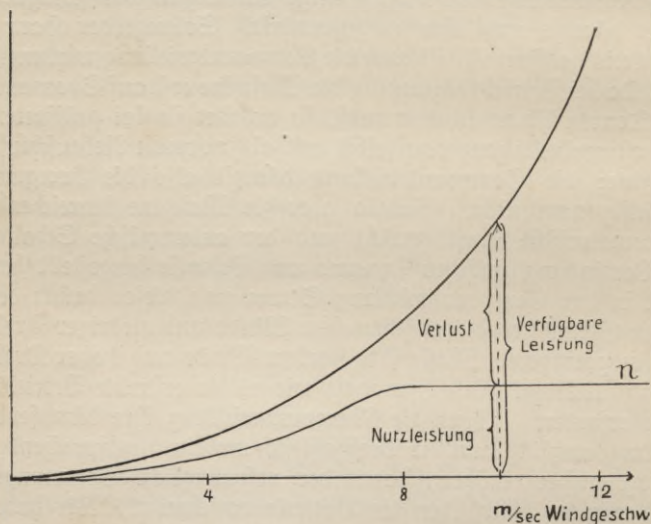


Fig. 33. Kurve der Nutzleistung einer Wind-Elektrizitätsanlage.

unbrauchbar, weil sie für ganz andere Betriebsverhältnisse gebaut ist. Bei der Rosenberg-Maschine bleiben Spannung und Stromstärke konstant, das Drehmoment nimmt dagegen mit zunehmender Drehzahl ab. Die Regulierung der Windturbine würde hier mit Entlastungsstoß zu plötzlich und zu früh einsetzen. Beim Betrieb dieser Maschine in leichten Winden würde das Drehmoment schon hoch und das Anfahren deshalb schwer und hart sein. Aus dem Verlauf der vorstehenden Stromkurve ist zu ersehen, daß bei der Winddynamo die elektrische Leistung gar nicht mehr stark ansteigt, wenn die Drehzahl über

den mittleren Wert hinausgeht; eine Überlastung des elektrischen Teiles ist unmöglich. Aber auch der mechanische Teil, d. h. die Windturbine, kann nicht überlastet werden, denn die Regulierung setzt präzise ein. Die Winddynamo besitzt Selbst-erregung (siehe Bemerkung S.15); sie wird also nicht von der Batterie aus erregt. Das ist wichtig, da sich die selbst-erregende Maschine nur dann erregt, wenn sie selbst die dafür erforderliche Leistung aufbringen kann. Man kann also getrost am Abend, auch wenn kein Wind weht, die Turbine eingerückt lassen — in der Borausicht, daß Wind auftreten könnte —, und dann ist am Morgen wenigstens nichts verloren, wenn Windstille während der Nacht geherrscht hat.

Die Wind-Dynamomaschinen sind mit Wendepolen ausgestattet, weil ohne diese die Maschine bei wechselnder Drehzahl mit starker Funkenbildung unter den Bürsten arbeiten würde. Die Wendepole sind kleine, an das Magnetgestell angeschraubte Hilfspole, die zwischen den Hauptpolen sitzen. Die Reihenfolge der Magnetpole ist: Haupt-Nordpol, Hilfs-Südpol, Haupt-Südpol, Hilfs-Nordpol. Um die Hilfspole ist je eine aus wenigen Dickdrahtwindungen gebildete Erreger-spule gelegt, die vom Ankerstrom, also vom Hauptstrom, durchflossen wird. Die Wendepole ermöglichen funkenfreien Betrieb bei wechselnder Drehzahl und machen eine Bürstenverschiebung auch bei wechselnder Belastung unnötig (siehe das hierüber auf Seite 29 Gesagte).

Typen der gegencompoundierten Nebenschlußmaschinen mit Wendepolen für Wind-Elektrizitätsanlagen.

Drehzahl	Stromstärke	Spannung	Gewicht der Maschinen
500—1250	10 Ampere	120/150 Volt	210 kg
450—1120	20 "	120/150 "	350 kg
400—1000	30 "	120/150 "	520 kg
350— 900	40 "	120/150 "	650 kg
300— 750	60 "	120/150 "	925 kg

usw.

Die Maschinen werden auch für 32, 40, 65 und 220 Volt-anlagen gebaut, und zwar:

32 und 40 Volt-Maschinen	für kleinere Anlagen mit kurzem Verteilungsnetz,
65 „ 110 „	für mittlere Anlagen mit ausgedehntem Verteilungsnetz,
110 „ 220 „	für große Anlagen mit ausgedehntem Verteilungsnetz.

Die Antriebsarten der Dynamomaschinen. In allen Fällen wird die Kraft, welche das Windrad erzeugt, oben mittels eines Regelräderpaares auf die senkrechte, im Turm

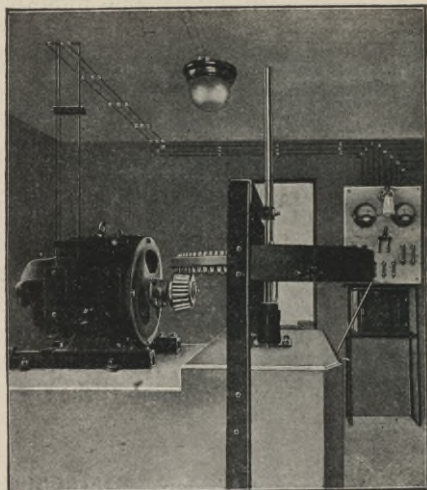


Fig. 34. Zahnradantrieb.

herunterführende Stahlwelle übertragen. Die Drehzahl dieser senkrechten Welle ist bei den kleinen Typen höher, bei den großen Typen niedriger. Die Übertragung von der senkrechten Transmission auf die Dynamomaschine kann dagegen in verschiedener Weise ausgestaltet werden, je nachdem, wo die Windturbine steht. Hat man sie zum Beispiel, um einen günstigen Aufstellungsplatz zu benutzen, etwas abseits von den Gebäuden errichtet, so kann man ein Regelräderpaar im Übersetzungsverhältnis von etwa 1 : 5 für die Kraftübertragung unten wählen, weil das Geräusch der Räder in dem kleinen

Maschinenhäuschen unterhalb des Turmes von den Wohnstätten aus nicht unangenehm wahrgenommen werden kann. Das eben erwähnte Regelräderpaar kann auch wieder verschiedenartig ausgeführt werden, zum Beispiel kann das große Rad ein gefrästes Eisenzahnrad, das kleine dagegen ein Roh-

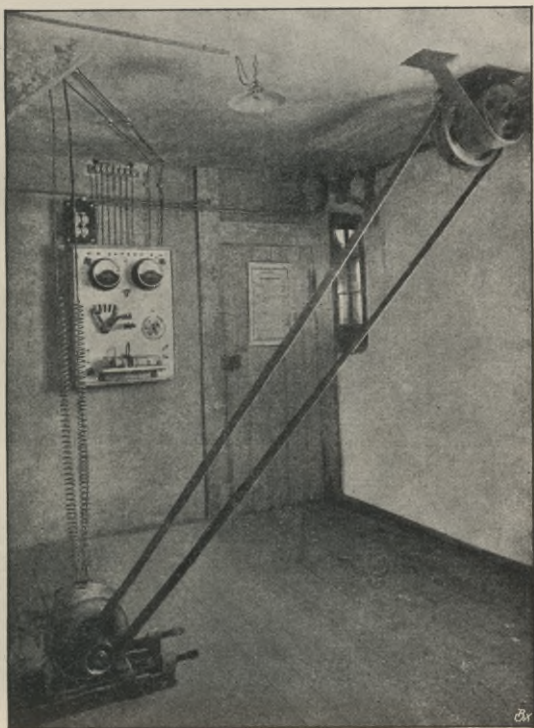


Fig. 35. Riemenvorgelegeantrieb.

hautgetriebe sein, oder das große Rad kann ein mit Weißbuchenholzähnen versehenes Zahnrad und das kleine ein Eisenrad mit gehobelten Zähnen sein. Wenn in einem anderen Falle die Anlage zum Beispiel auf einem Gutshofe errichtet wird und man die Windturbine noch für andere Kraftbetriebe außer dem Dynamobetrieb verwenden will, so wird man die

Kraftübertragung von der senkrechten Welle aus mittels eines Kegekräderpaares im Übersetzungsverhältnis 1:1 auf eine Maschinentransmission bewerkstelligen und von dieser Transmission aus die Dynamomaschine mittels eines normalen

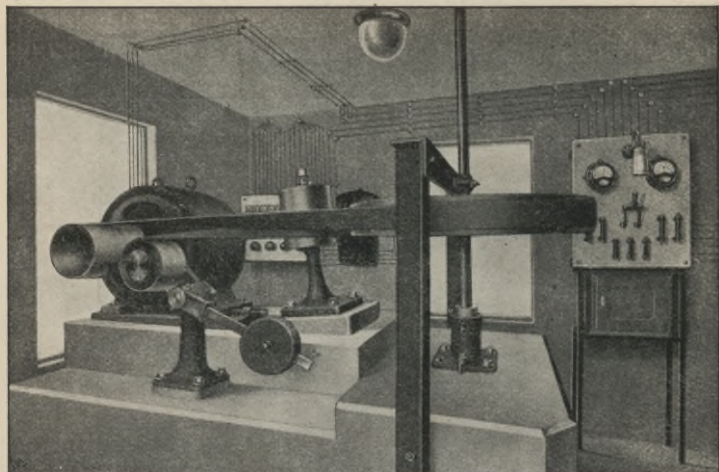


Fig. 36. Riemenantrieb mit Leitrolle und Spannrolle.

Riemenantriebes antreiben. Dies ist ein besonders empfehlenswerter Antrieb. Wenn ferner eine Windturbinenanlage ganz in der Nähe eines Schlosses oder einer Villa oder sonstiger menschlicher Wohnstätte, vielleicht sogar auf dem Wohngebäude selbst errichtet werden soll, dann wendet man einen reinen Riemenantrieb an, wie die Figur 36 zeigt.

3. Die Aufspeicherung von Elektrizität in Akkumulatoren.

Um den in der Dynamomaschine erzeugten elektrischen Strom in den äußeren Stromkreis bzw. in die Akkumulatoren leiten zu können, braucht man zunächst zwei Drähte, einen, der an der Plusbürste oder -klemme und einen, der an der Minusbürste der Dynamo befestigt ist. Wir haben auf Seite 6 erfahren, daß der elektrische Strom an der Plusklemme aus dem Stromerzeuger austritt, den äußeren Stromkreis durchfließt und an der Minusklemme wieder in den Stromerzeuger eintritt. Man schließt die Plusleitung an der Plusklemme der Dynamo einerseits und der Plusklemme des Akkumulators andererseits an und die Minusleitung an die Minusklemmen. Hiernach muß der von der Dynamo kommende Strom durch die Plusleitung nach dem Akkumulator hinstreben, der Batteriestrom in derselben Leitung aber in entgegengesetzter Richtung, also rückwärts. Die beiden elektromotorischen Kräfte der Dynamomaschine und des Akkumulators werden also aneinander anliegend gegeneinander drücken. Je nachdem, welche elektromotorische Kraft die stärkere ist, wird sie die entgegengerichtete überwinden und zurückdrängen. Läuft die Dynamomaschine genügend schnell, so daß ihre elektromotorische Kraft stärker ist als diejenige des Akkumulators, so wird der Strom von der Dynamomaschine kommend nach der Batterie hinfließen; läßt die Dynamodrehzahl und -spannung nach, so daß die Batteriespannung überwiegt, so wird der Akkumulatorstrom nach der Dynamo hinfließen und diese als Elektromotor treiben — das wäre aber Energieverschwendung. Es ist deshalb offenbar notwendig, daß man in die Speiseleitung einen Apparat setzt, welcher, um eine immerwährende Bedienung von Hand zu vermeiden, ganz von selbst — automatisch — die Verbindung löst, im Moment, da beide elektromotorischen Kräfte gleich groß

sind und der Strom zum Stillstand kommt, also gleich Null ist. Ein solcher Apparat heißt Minimalstecher. Der Apparat muß aber auch, sobald die Dynamomaschine wieder an Drehzahl und Spannung gewonnen hat, die Verbindung sofort wieder ganz von selbst schließen. Dieser Apparat, den man automatischen Schalter oder kurz Automat nennt, ist die Seele eines Wind-Elektrizitätswerkes.

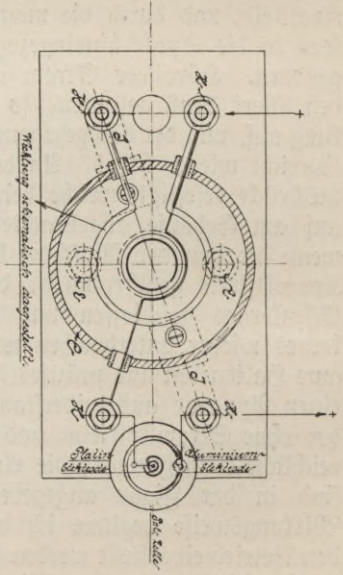
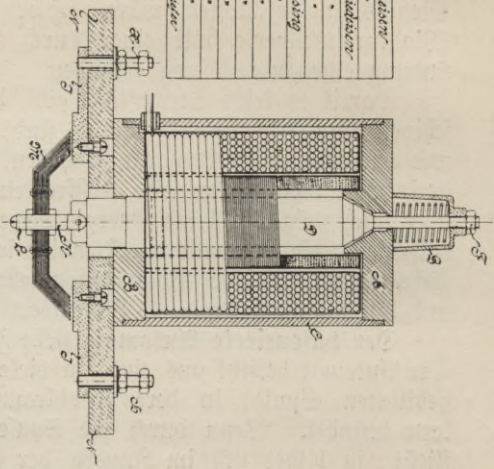
Der einfachste in diesem Sinne wirkende Apparat wäre die sogenannte Polarisationszelle. Sie besteht aus einem Glasgefäß, angefüllt mit verdünnter Säure, und zwei aus verschiedenen Materialien hergestellten Elektroden, welche in die Säure eingehängt sind, ohne sich gegenseitig zu berühren. Wählt man für die eine Elektrode, die nach der Dynamo zusteht, z. B. Eisen und für die andere nach dem Akkumulator zu Aluminium, so wird der Strom zwar von der Dynamo aus durch die Zelle hindurch nach der Akkumulatorenbatterie fließen, zurück aber nicht können, weil die Aluminiumelektrode den Stromrückfluß absperrt. Die absperrende Wirkung erlangt die Zelle erst durch die sogenannte Formierung, indem man elektrischen Strom in rückwärtiger Richtung durchläßt. Ist die Zelle erst einmal formiert, was in wenigen Minuten erfolgt, so behält sie die absperrende Wirkung dauernd. Würde der rückwärts anliegende Strom einmal eine längere Zeit abgeschaltet, so verlöre allerdings die Zelle ihre absperrende Kraft und müßte aufs neue formiert werden. Eine solche Polarisationszelle ist ein regelrechtes elektrisches Rückschlagventil, aber ohne irgendeinen beweglichen Bestandteil. Die Zelle hat indessen nur einen geringen Wirkungsgrad und müßte bei dieser einfachen Anordnung den gesamten von der Dynamomaschine erzeugten Strom durch sich hindurchleiten, und die Elektrodenoberflächen müßten entsprechend groß sein. Der Energieverlust wäre bedeutend. Bei den billigen Materialien: Eisen und Aluminium, würde die Preisfrage keine Rolle spielen und in dieser Hinsicht keine Schwierigkeiten entstehen. Es tritt aber eine üble Begleiterscheinung auf, nämlich, daß das Eisen in der Säure sehr bald zerstört wird und daher die Eisenelektrode oft erneuert werden müßte. Das Aluminium wird von der Säure fast gar nicht angegriffen. Man könnte nun an Stelle des Eisens ein widerstandsfähigeres, edleres Metall wählen

und das wäre z. B. Platin. Die große Platinelektrode aber würde so ungeheuer teuer sein, daß die praktische Ausführung großer Polarisationszellen unter Verwendung dieses kostbaren Metalls ausgeschlossen wäre. Hier haben die Vereinigten Windturbinenwerke mit einer durch Patent geschützten Erfindung eine gute Lösung gefunden.

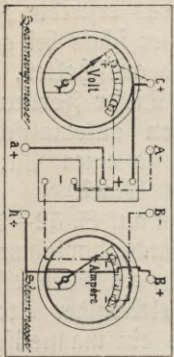
Damit es keine Stromstöße gibt, die den elektrischen Maschinen und Apparaten schädlich sind, ist das erstrebte Ziel, wie erwähnt: einen Apparat zu haben, welcher schon bei ganz geringen Stromstärken also stoßfrei ein- und ausschaltet, der aber auch möglichst keine Energie verzehrt. Dieser Forderung entspricht die patentierte Kombination von automatischem Schalter und kleiner Polarisationszelle mit je einer Platin- und Aluminiumelektrode. (Platinwert ca. 10 Mark.)

Der patentierte Automat (siehe Figuren auf S. 52—53). Der Automat besteht aus einer in vielen Dünndrahtwindungen gebildeten Spule, in deren Hohlraum sich ein Weicheisener Kern befindet. Wenn durch die Spule ein elektrischer Strom fließt, so bildet sich im Innern der Spule ein magnetisches Kraftfeld, und durch die magnetische Wirkung wird der Eisenkern in die Spule hineingezogen bzw. in der Spule nach oben gehoben. Hört der Strom auf zu fließen, d. h., ist er auf den Wert Null gesunken, so hört auch die magnetische Wirkung auf, und der hochgezogene Eisenkern fällt durch sein eigenes Gewicht wieder herab. An dem Eisenkern ist unten eine Kontaktbrücke befestigt, welche beim Anheben des Kernes beiderseits auf am Gehäuse angebrachte Kontaktstücke auftrifft, so daß, wenn die von der Maschine kommende Hauptleitung über die Kontaktstücke geführt wird, der Stromlauf beim Anheben des Eisenkernes geschlossen und beim Herunterfallen des Eisenkernes wieder unterbrochen wird. Um die Grundforderungen: gute Haltbarkeit und präzises Funktionieren zu erfüllen, galt es, einen Apparat aus widerstandsfähigen Materialien zu bauen, der ohne Stromstoß ein- und ausschaltet. Der Automat besitzt reichliche Abmessungen; die Arten der verwendeten Materialien sind in der Figur angegeben. Bei den Betrachtungen der Wirkungsweise beginne ich damit, daß die Windturbine für den Betrieb eingestellt werden soll. Unten am Fuße des Turmes, in Handhöhe, ist eine Winde angebracht; diese Winde läßt

cd	Stiftlöcher
de	Schraubklemmen
e	"
f	"
g	21-Kassette
h	"
i	"
j	"
k	"
l	"
m	"
n	"
o	Schraube



Lade-Schalttafel



Entlade-Schalttafel

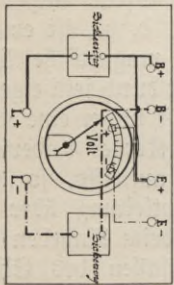


Fig. 37. Gefühles-Automat.
 ———— Hoch-Ladung
 - - - - - Niederschaltung

man los, was in einer halben Minute geschehen ist, und die Windturbine stellt sich nun ganz von selbst vor den Wind. Sie beginnt sich zu drehen, erst langsam, und arbeitet sich sanft,

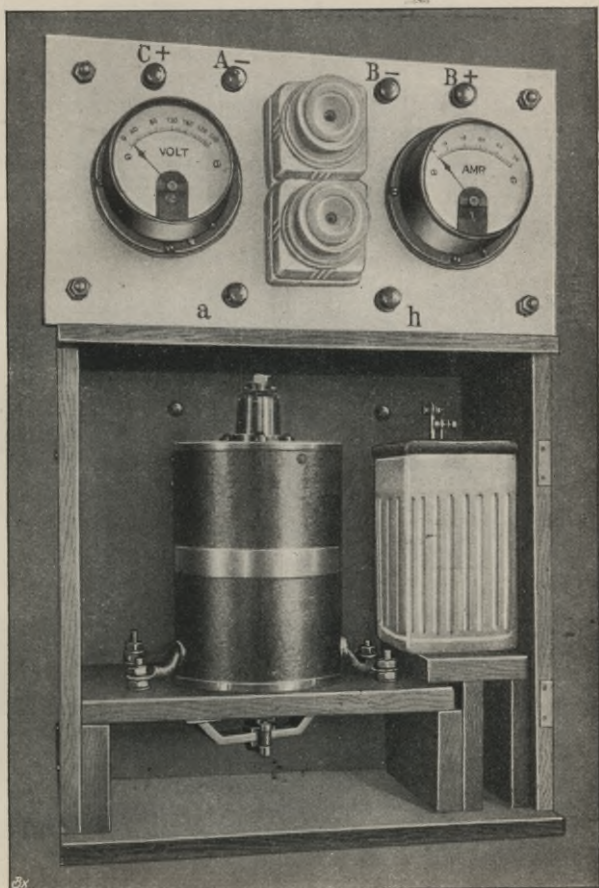


Fig. 33. Ladefalttafel.

nicht stoßhaft, auf höhere Drehzahl hinauf. Ebenso arbeitet sich die Dynamo auf Drehzahl und Spannung ein. Der Schaltereisenkern ist noch unten und der Hauptstromkreis noch geöffnet. Der vom Dynamoanker induzierte, zunächst noch

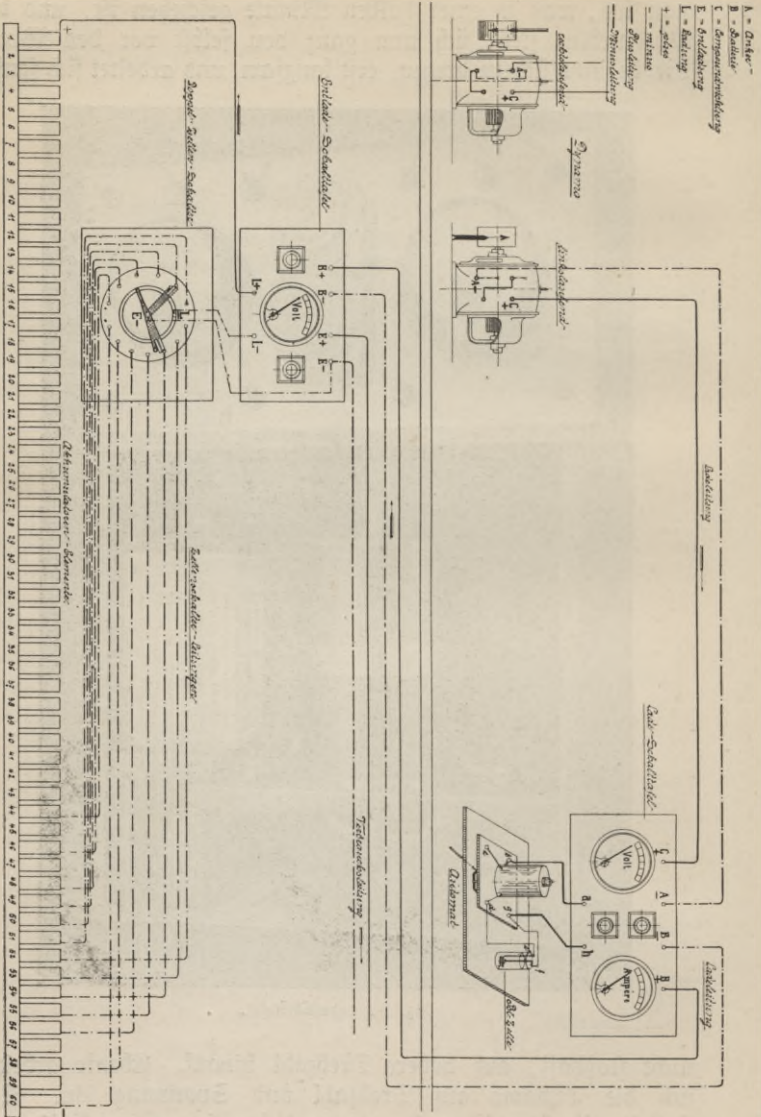


Fig. 39. Schaltungssystem.

schwache elektrische Strom fließt durch die Magnet-Erregerspulen (Dünndraht-Nebenschluß) und bringt die Maschine auf Spannung. Gleichzeitig fließt, sobald die elektromotorische Kraft der Dynamo diejenige der Batterie überschreiten möchte, in der in vielen Dünndrahtwindungen um den Eisenkern des Automaten gelegten Spule ein schwacher elektrischer Strom über die Polarisationszelle nach der Batterie. Hat dieser schwache elektrische Strom einen gewissen minimalen Wert von etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{4}$ Ampere erlangt, so zieht er den Eisenkern in die Höhe, und der bisher in der Dünndrahtwicklung fließende Strom wird nun völlig stoßfrei über die Kontaktflächen des Automaten in die Hauptleitung überführt und durch diese in die Akkumulatorenbatterie. Die Hauptleitung des Automaten ist gleichfalls, aber in wenigen Windungen aus dickem Draht über der Dünndrahtwicklung liegend, um den Eisenkern herumgelegt und übernimmt nun die den Eisenkern hochziehende Wirkung, so daß dieser mit seinen Kontaktflächen gegen die Kontakte der beiden Hauptleitungen fest angepreßt wird. Der elektrische Strom nimmt nun den bequemeren Weg mit geringerem Widerstand durch die dicke Hauptleitung nach der Akkumulatorenbatterie, und zwar ist die kleine Polarisationszelle jetzt ganz entlastet, weil zu ihrem Durchfließen ein gewisses Spannungsübergewicht, die sogenannte Polarisationsspannung, erforderlich ist. Sie hatte also nur die Aufgabe, für wenige Augenblicke einen ganz schwachen Strom durchzulassen, um eine stoßfreie Überführung des elektrischen Stromes in die Hauptleitung zu ermöglichen. Die Beanspruchung der kleinen Zelle ist hiernach verschwindend gering, und darin liegt ihre Haltbarkeit und Zuverlässigkeit begründet. Nach den bisherigen Erfahrungen braucht an der Polarisationszelle zwei Jahre lang nichts zu geschehen; dann gibt man ihr neue Säure, die in einer Flasche vorrätig gehalten wird.

Die Bedienung der Zelle also ist gleich Null,
 " " des Schalters " " Null.

Bis jetzt bestand die Inbetriebsetzung der Anlage im Loslassen der Windturbinen-Winde; alles andere geschah von selbst. Jetzt wollen wir annehmen, die Anlage habe eine Zeitlang Strom in die Batterie geliefert, und nun lasse die Windstärke nach. Die Dynamo wird an Drehzahl und elektromotorischer Kraft langsam verlieren, bis ihre Spannung denselben Wert

hat wie die elektromotorische Kraft der Akkumulatorenbatterie. Der Strom wird auf dem Werte Null angelangt sein, es wird in der Spule des Automaten kein Strom mehr fließen und das magnetische Feld der Spule augenblicklich verschwinden. Der Eisenkern fällt jetzt herunter, der Hauptstromkreis ist geöffnet und der Stromrückfluß zur Maschine hin unterbrochen; aber auch durch die Dünndrahtwicklung kann kein Strom zurückfließen; weil die Polarisationszelle diesen absperrt. Was war für diesen Vorgang von Menschenhand zu tun? Nichts! Wir haben bis jetzt immer nur noch den einen, einzigen Handgriff: das Loslassen der Windturbinen-Winde, was in einer halben Minute geschehen war, sonst ging alles automatisch vor sich, und zwar unter weichem, ruhigen Anlauf, ohne Stromstoß. Das Ein- und Auslegen des automatischen Schalters geschieht so weich, daß der Anschlag leise vor sich geht wie das Ticktack einer Wanduhr. Wenn der Akkumulator geladen ist, braucht man nichts anderes zu tun, als die Winde der Windturbine wieder einzuziehen. Das Windrad wird dann noch ein paar Sekunden durch seine Schwungkraft weiterlaufen, nach und nach an Drehzahl verlieren, bis es allmählich ganz still steht. Wie dort ein langsames Anlaufen, so auch hier ganz von selbst ein langsames Abstoppen ohne Stoß, wie es für die Dynamomaschine so wichtig ist. Die Inbetriebsetzung und das Stillstellen der ganzen Anlage war mit zwei Handgriffen geschehen, die selbst ein Knabe verrichten könnte. Gibt es eine elektrische Anlage mit Benzinmotor oder dergleichen Antriebsmaschine, die so einfach zu bedienen wäre? Der kombinierte Automat ist ein Stromautomat und kein Spannungsautomat; aber nur ein Stromautomat kann stoßfrei arbeiten.

In der Patentschrift Nr. 251704 betreffend den kombinierten Automaten heißt es:

Gleichstromanlagen, bei denen eine Batterie von einer Dynamomaschine geladen wird, sind in den meisten Fällen mit Minimalauschaltern ausgerüstet, die den Zweck haben, den Stromkreis zu unterbrechen, wenn die Stromstärke ein gewisses Minimum unterschreitet, um das Auftreten von Rückstrom aus der Batterie zu verhindern. Dieselbe Funktion können auch polarisierte Rückstromauschalter und ähnliche Apparate übernehmen. Diese Apparate besitzen nicht die

Eigenschaft, selbsttätig wieder einzuschalten, nachdem sie einmal unterbrochen haben. Man hat sich daher, besonders bei Betrieben, bei denen die elektromotorische Kraft der Maschine häufig unter die elektromotorische Kraft der Batterie sinkt, also z. B. bei elektrischen Zugbeleuchtungsanlagen, wo die Dynamomaschine von der Achse aus getrieben wird, und bei Windkraftanlagen, nach Apparaten umgesehen, die sowohl Rückstrom von der Batterie verhindern als auch selbsttätig den Durchlaß des Stromes ermöglichen, sobald die elektromotorische Kraft der Maschine einen höheren Wert hat als die elektromotorische Kraft der Batterie. Bei den genannten Apparaten kann man es erreichen, indem man noch eine von der Höhe der Spannung abhängige Vorrichtung anbringt. Damit werden aber diese Apparate umständlich und teuer, und besonders besitzen sie nicht die Eigenschaft, genau beim Stromdurchgang durch Null aus- und einzuschalten und haben daher besonders bei Windbetrieb, wo mit einer raschen Änderung der elektromotorischen Kraft der Maschine zu rechnen ist, nur unbefriedigend gearbeitet. Eine gute Lösung der Aufgabe, genau beim Werte Null auszuschalten, ist mit der Ventil- oder Polarisationszelle möglich. Sie hat aber den Nachteil, daß sie groß und teuer wird, wenn sie für große Stromstärken bestimmt ist, und daß sie häufige Wartung nötig hat, wenn sie langzeitig zur Durchleitung starker Ströme verwendet wird. Bei dem den Erfindungsgegenstand bildenden Ladeschalter findet auch eine Polarisationszelle Verwendung in Verbindung mit einem Schaltrelais, sie dient aber immer nur sehr kurze Zeit und für sehr geringe Ströme zur Durchleitung, so daß sie ganz außerordentlich klein dimensioniert sein kann und außerdem jahrelang ohne Wartung dienen kann. Die Nachteile, die man also bisher an den Zellen, die von starken Strömen dauernd durchflossen wurden, beobachtet hat, treten hier sämtlich nicht mehr auf. Die Polarisationszelle, die sich dauernd in der Stromleitung zwischen Dynamomaschine und Batterie befindet, übernimmt die Absperrung gegen Rückstrom und dient zur Durchleitung von Strömen bis zu einem Werte, der sehr niedrig gelegen sein kann. Ist dieser Wert erreicht, so wird durch ein Relais, dessen Wicklung mit der Zelle in Reihe geschaltet ist, ein Schalter be-

tätigt, der eine Parallelschaltung über eine zweite Wicklung zur Leitung der Zelle kurz schließt. Die Zelle wird nun mit stärkeren Strömen nicht mehr beansprucht. Wenn dann die Stromstärke in der Laderichtung wieder abnimmt, so fällt, noch ehe sie Null geworden ist, der Schalter durch sein eigenes Gewicht oder durch eine Federkraft wieder heraus, die Zelle übernimmt wieder die Durchleitung des noch vorhandenen schwachen Stromes, bis er Null geworden ist, von wo sie dann den Rückstrom sperrt, so daß ein Zurückfließen des Stromes vom Werte Null ab ausgeschlossen ist.

Die Lade-Schalttafel und ihre Schaltungen. Zu einer betriebsfähigen windelektrischen Anlage gehören: die Windturbine mit Transmission, die Dynamo, der Automat und der Akkumulator. Damit kann man Strom erzeugen und aufspeichern. Man will aber auch jederzeit die Möglichkeit haben, die Wirkungsweise des Generators zu kontrollieren; man will irgendwo ablesen können, welche Spannung und welche Stromstärke der Stromerzeuger augenblicklich liefert. Dazu sind Meßinstrumente erforderlich und zwar: der Spannungsmesser oder das Voltmeter, und der Strommesser oder das Amperemeter. Die Werte, die diese beiden Apparate zugleich anzeigen, braucht man nur zu multiplizieren, um die momentane elektrische Leistung der Anlage zu erkennen. ($\text{Volt} \times \text{Ampere} = \text{Watt}$.) Die eben erwähnten beiden Meßinstrumente gehören zu einer jeden elektrischen Betriebsanlage. Das Voltmeter und das Amperemeter sind ihrem inneren Aufbau nach vollkommen gleich, der Unterschied besteht nur in der Eichung. Das Voltmeter wird, da es die Spannung messen soll, die zwischen zwei Leitungen herrscht, zwischen diese beiden Leitungen eingebaut, während das Amperemeter, welches die Stärke des Stromes messen soll, in nur eine Leitung eingebaut wird. Voltmeter und Amperemeter sind auf unserer Figur Seite 53 zu erkennen. Vielfach setzt man noch in die Speiseleitung einen Stromrichtungsanzeiger ein; bei windelektrischen Anlagen hat dieses Instrument keinerlei praktischen Wert, ist also überflüssig. Es läßt sich leicht das Amperemeter als Stromrichtungsanzeiger ausbilden, indem man die Skala nicht in der äußersten linken Ecke mit Null beginnen läßt, sondern indem man den Nullpunkt in die Mitte der Zifferskala verlegt und nach links und rechts hin je eine Skala

anbringt, die mit „Ladung“ und „Entladung“ näher bezeichnet sind. Je nachdem, ob der Zeiger nun nach rechts oder nach links ausschlägt, zeigt er Ladung oder Entladung an. Bei dem auf Seite 51 beschriebenen automatischen Schalter ist das Auftreten von Rückstrom so gut wie ausgeschlossen. Wenn dieser Zwischenfall aber wider Erwarten doch einmal durch einen Eingriff von unbefugter Hand vorkommen sollte, so würde der Rückstrom die Dynamomaschine als Motor treiben, und der Strom würde verschwendet. Für diesen Fall wäre das eben geschilderte, die Stromrichtung anzeigende Ampere-meter eine nützliche Einrichtung. Man könnte dann den Ausschalter benutzen, die Hauptleitung damit trennen, und der Automat würde augenblicklich von selbst auslegen. Wenn ein Ausschalter nicht an der Schalttafel angebracht ist, so kann man dasselbe erreichen, indem man einen Sicherungstüpfel herausdreht, wodurch die Leitung gleichfalls getrennt wird. Diese Art der Leitungstrennung ist jedoch nur im stromlosen Zustande gestattet (laut Verbandsvorschriften).

Die Sicherungen. Um die Leitungen, Maschinen und Apparate vor Überspannungen zu schützen und aus den unter dem Kapitel „Kurzschluß“ angegebenen Gründen sollen die beiden Hauptleitungen je eine Sicherung erhalten. Die Sicherungselemente sind aus Figur 38 Seite 53 gleichfalls zu ersehen.

Die Marmorschalttafel. Der automatische Schalter, die Meßinstrumente und die Sicherungselemente werden auf einer gemeinsamen Marmorschalttafel angebracht, wie die Figur zeigt. Die hier beschriebene Tafel mit den eben erwähnten Apparaten heißt: die Ladeschalttafel. Den automatischen Schalter bringt man in einem direkt unter der Marmortafel angebrachten kleinen, verschließbaren Schränkchen unter. Die Tätigkeit des Schalters kann man durch die Fenster Scheibe hindurch beobachten, ohne daß das Schränkchen geöffnet zu werden braucht. Das Schränkchen gebietet solchen Fingern „Halt“, die an allem herumspielen müssen und eine Vorliebe dafür haben, einem „Automaten“ seine Selbstwirkung zu „erleichtern“.

Man könnte auf der Ladeschalttafel auch einen Hauptauschalter für die Speiseleitungen anbringen. Er ist hier aber durchaus überflüssig und seine Anschaffung daher mit unnötiger Geldausgabe verbunden. Der Schalter ist jedoch nicht allein

überflüssig, sondern sein Vorhandensein würde die Möglichkeit der Benützung im unrichtigen Moment schaffen. Das, was man mit dem Schalter vielleicht nach Jahr und Tag einmal ermöglichen will, die Trennung der Speiseleitung, unabhängig vom automatischen Schalter, kann man im stromlosen Zustande in einem Augenblick durch Heraus-schrauben eines Sicherungsstöpsels bewerkstelligen. Es ist aber darauf zu achten, daß die Stöpsel sonst immer fest eingeschraubt sind.

Die Schaltungen, d. h. die Anschlüsse der einzelnen Leitungen sind aus den Schaltungsfiguren auf Seite 52 und 54 zu ersehen. Die Anschlußdrähte sind verschiedenartig gefärbt und man braucht immer nur zwei gleiche Farben miteinander zu verbinden, um die richtige Schaltung zu Wege zu bringen. So müssen maschinelle Einrichtungen beschaffen sein, wenn draußen in der Welt auch Nichtfachleute die Teile richtig aufbauen und zusammenstellen sollen. Auf der Dynamo und den beiden Schalttafeln finden sich verschiedene Bezeichnungen in großen und kleinen Buchstaben. Bei den großen Buchstaben sind noch die Vorzeichen + und — angegeben, welche die Polarität anzeigen. Man hat von Anfang an nur darauf zu achten, daß niemals ein Pluspol an der Maschine mit einem Minuspol an der Schalttafel verbunden wird oder umgekehrt. Man darf also nur gleiche Buchstaben mit gleichen Vorzeichen miteinander verbinden, also C+ an der Dynamo mit C+ auf der Schalttafel und A— an der Dynamo mit A— an der Schalttafel, das ist das Wichtigste, was zu beachten ist. An den Schalttafeln, an deren Rückseite die kurzen Verbindungsleitungen von der Fabrik gleich angebracht werden, sind die positiven Leitungen blau bemalt und die negativen Leitungen rot. Bei der Aufstellung der Schalttafel ist zu beachten, daß sämtliche Stöpsel aus den Sicherungen herauszunehmen sind, ehe die Leitungen angeschlossen werden.

Schaltung von Automat und Zelle. Man verbindet laut Fig. 39 a mit b dick, d mit e dünn, f mit g dünn, g mit h dick, und der Anschluß ist fertig. Automat und Zelle liegen in der Plusleitung, dürfen also keinesfalls zwischen die beiden Hauptleitungen installiert werden, denn es handelt sich, wie bekannt, um Strom- und nicht um Spannungsapparate. Die Zelle ist folgendermaßen gebaut: im Glasgefäß befindet sich eine Säure,

darin hängen zwei Elektroden, die eine Elektrode *f* besteht aus einer Aluminiumspirale, die andere *e* aus einer Platindrahtspirale, welche auf eine Glasröhre aufgewickelt ist. Die dickere Spirale ist von Aluminium, die dünnere von Platin. Schaltet man nun die Zelle in den positiven Stromkreis ein, so ergibt sich folgende Eigenschaft: tritt der Strom bei *e* in die Platinelektrode, weiterfließend durch die Säure nach der Aluminiumelektrode *f*, so kann der Strom durchgehen nach *g* zu. In umgekehrter Richtung aber, also von *g* nach *f* und von *f* durch die Säure nach *e*, geht der Strom nicht. In Richtung Platin—Säure—Aluminium ist der Durchgang geöffnet, in der Richtung Aluminium—Säure—Platin dagegen gesperrt. Wir haben also in der Zelle ein elektrisches Rückschlagventil.

Wirkung des Automaten und der Zelle. Rückstrom kann von *h* kommend nur über *g* nach *f* verlaufen, dort aber findet er durch die Sperrwirkung der Zelle den Weg versperrt. Die Verbindung von *g* nach *c* ist unterbrochen, weil der Automat stromlos und deshalb der Eisenkern mit seinen Kontaktbürsten von den Kontaktflächen abgeglitten ist.

Wenn die Dynamo anfängt Strom zu erzeugen, so nimmt dieser folgenden Weg: von *a* nach *b*, ferner von *b* durch den in vielen Windungen um den Eisenkern des Automaten gelegten dünnen Draht nach *d*, von *d* nach *e*, durch die Zelle hindurch nach *f*, von *f* über *g* nach *h* und zur Batterie. Wenn dieser Strom eine gewisse Stärke erreicht hat, z. B. $\frac{1}{10}$ Ampere, so wird der Eisenkern des Automaten angehoben mitsamt der Kontaktbürste; dadurch ist die Verbindung zwischen *c* und *g* hergestellt. Der Strom nimmt jetzt folgenden Weg: von *a* nach *b* durch einen dicken Draht in wenigen Windungen um den Eisenkern des Automaten nach *c*, von da durch die Kontaktbürste nach *g* und über *h* nach der Batterie. Die dicke Wicklung ist der dünnen gleich gerichtet. Läßt der Wind nach, so verringert sich die Stromstärke in der Laderichtung, und wenn sie auf Null gesunken ist, verliert die dicke Spule ihre Induktionswirkung, der Eisenkern fällt infolge seines Eigengewichtes nach unten und öffnet die Leitung. Die Dynamo ist damit von der Batterie getrennt.

Vor Inbetriebnahme der Anlage muß die Zelle formiert werden, weil sie hierdurch erst ihre Rückstrom ab-

isperrende Wirkung erhält. Dieses Formieren geschieht unter Zuhilfenahme der Akkumulatorenbatterie. Die Sicherungsstöpfe dürfen noch nicht eingedreht werden. Würde man, bevor die Zelle formiert ist, die Sicherungsstöpfe eindrehen, so würde, da die Zelle die absperrende Wirkung noch nicht besitzt, Rückstrom durch die Zelle hindurchgehen und die Dynamo als Elektromotor treiben. Man muß deshalb für die Formierung der Zelle den Rückstrom zunächst künstlich aufhalten. Das geschieht dadurch, daß man (vor dem Eindrehen der Stöpfe) über die Kontaktbürstenfläche bei c ein Stück starkes Papier legt, so daß der Strom an dieser Stelle unterbrochen bleibt. Schraubt man nun die Sicherungsstöpfe ein, so wird die stillstehende Dynamo nicht anlaufen, die Zelle wird aufsteigende Gasbläschen zeigen, und zwar so lange, bis sie formiert ist. Hat die Gasbildung aufgehört, was mit Sicherheit nach $\frac{1}{4}$ Stunde eintritt, so wird das bei c zwischengeklemmte Papier weggenommen; die Formierung der Zelle ist beendet. Die Zelle hat nun ihre Sperrwirkung erlangt. Die Zelle muß mit neuer Säure versehen werden, wenn die alte Säure bis zum unteren roten Strich am Glasgefäß verbraucht ist. Bevor man neue Säure einfüllt, muß das Glasgefäß mit destilliertem Wasser sauber ausgewaschen werden. Außerste Reinlichkeit ist hier am Platze. Man verwende nicht etwa den Säurekrug der Akkumulatorenbatterie zum Einfüllen in die Polarisationszelle, denn die Zellsäure ist eine ganz andere als wie die Batteriesäure. Am zweckmäßigsten ist es, die Säure gleich fertig von der Lieferantin der Anlage zu beziehen und sich eine versiegelte Flasche voll vorrätig zu halten. Nach den bisherigen Erfahrungen genügt es, wenn der Säureinhalt nach Ablauf von zwei Jahren erneuert wird, sonst ist an der Zelle nichts zu tun, sie muß nur sauber gehalten werden, was durch Unterbringung in einem Schränkchen leicht möglich ist.

Zellsäure. Die Säure ist eine ziemlich gesättigte Lösung von borsaurem Ammonium in destilliertem Wasser. Auf einen Liter Wasser kommen ungefähr 25 g Salz. Das Salz muß in einem Glasgefäß mit eingeschliffenem Stöpsel aufbewahrt werden. Für das Herstellen der Säure nimmt man am besten eine Glasflasche, die zu keinem anderen Zwecke verwendet werden darf. Diese Hinweise gelten nur für die in

weit entfernten Ländern wohnenden Besitzer der windelektrischen Anlagen. Im Lande der Fabrikanten wird man dagegen die fertige Säure von der Fabrik beziehen. Das borsaure Ammonium und das destillierte Wasser kann man bei jedem Drogisten oder Apotheker bekommen.

In die Leitung zwischen Dynamo und Batterie darf kein Schalter irgendwelcher Art eingebaut werden, außer dem Automaten, weil die Betätigung eines solchen Schalters, während die Dynamo läuft, leicht zu Schädigungen der Anlage führen kann. (Es ist zu beachten, was auf Seite 59 hierüber gesagt wurde.) Ein Analogum hierzu bilden bei Wasserleitungen die in die Druckleitung, welche von der Pumpe nach dem Bassin führt, eingebauten Wasserschieber. Den Zweck, den der Wasserschieber hat, erreicht man sicher und gefahrlos mit einem Rückschlagventil. Trotzdem gibt es Wasserleitungsinstallateure, die unbedingt in jede Leitung Schieber einbauen müssen. Macht man sie darauf aufmerksam, daß Schieber in Druckleitungen eine ständige Gefahr bilden, so ist ihre Antwort: „Da muß aufgepaßt werden!“

Nachdem das Zwischenglied zwischen Dynamo und Akkumulator, die Schalttafel, beschrieben ist, wenden wir uns zu den Akkumulatoren oder Stromsammlern. Hinsichtlich der Bemessung der Größe der für windelektrische Anlagen bestimmten Akkumulatoren herrscht vielfach Unklarheit. Der Projektteur muß sich in erster Linie darüber im klaren sein, welche der einzelnen Kraftbetriebe zu jeder Stunde, also unabhängig davon, ob Wind weht oder nicht, vorgenommen werden müssen. Die Wasserleitung wird man gewöhnlich mit einem Reservoir ausstatten und in diesem Reservoir den für Windbetrieb erforderlichen Vorrat halten. Ist es nicht möglich, ein Reservoir von genügend großen Abmessungen irgendwo unterzubringen, so wird man einen kleinen Druckbehälter aufstellen und für den nötigen Energievorrat im Akkumulator sorgen müssen. Gewöhnlich genügt $\frac{1}{2}$ —1 Kilowattstunde Verbrauch pro Tag für die Wasserversorgung, und man hätte also, wenn man beispielsweise nur für einen Tag Vorrat im Wasserbehälter halten kann, noch vier Tage Aufspeicherung im Akkumulator, d. h. zum Beispiel 4 Kilowattstunden vorzusehen. 4 Kilowattstunden Stromaufspeicherung im Akkumulator entsprechen bei 110 Volt Betriebsspannung: $4000 \text{ Watt} : 110 \text{ Volt} = 37 \text{ Ampere}$

stunden. Für die Beleuchtung ist für fünftägige Energieaufspeicherung im Akkumulator zu sorgen. Es ist für die windelektrischen Anlagen ein günstiges Betriebsmoment, daß Wasserversorgung und elektrisches Licht nur geringe Betriebskräfte erfordern, und daß gerade die geringen Betriebskräfte für diese Zwecke vorrätig gehalten werden müssen. Für andere landwirtschaftliche Kraftbetriebe, besonders für die Futtermaschinen, braucht man keinen Energievorrat im Akkumulator zu halten, denn kein praktischer Landwirt wird die Futtermittel von einer Fütterung zur anderen vorbereiten. Vielmehr wird er stets ungeachtet dessen, welcher Art sein Kraftbetrieb ist, das zubereitete Futter, wie Häcksel und Schrot, vorrätig halten. Für den Rübenschneider kann dagegen die Energie aus dem Akkumulator entnommen werden. Mit einer Kilowattstunde Energie kann man aber einen großen Posten Rüben schneiden. Die Holzsäge wird man ohne Zuhilfenahme der Elektrizität direkt von der Windturbine antreiben. Solche Arbeiten läßt der Landwirt von seinen Arbeitern dann ausführen, wenn es draußen wettert und stürmt, und er die Leute deshalb nicht aufs Feld schicken kann. Kleinere und mittlere Dreschmaschinen treibt man immer direkt von der Windturbine an. Ist eine große Dreschmaschine vorhanden, dann handelt es sich um einen großen Landwirtschaftsbetrieb, und dann ist auch bereits eine Dampfmaschine oder irgendeine andere größere Kraft vorhanden. Bei windelektrischen Anlagen für ganze Dörfer oder Genossenschaften wird man, um keinen zu großen Akkumulator aufstellen zu müssen, einen Reservemotor, wozu man am besten einen Benzolmotor wählt, aufstellen, der aber erfahrungsgemäß nur selten in Benutzung kommt. Im Herbst, während der Dreschperiode, wenn viel Energie verbraucht wird, leistet er gute Dienste. Es ist noch darauf hinzuweisen, daß für kleinere windelektrische Stationen, im besonderen für Hausbeleuchtungsanlagen, eine Reservekraft nicht erforderlich ist. Das ist ein Vorzug der neuen windelektrischen Anlagen, die sehr leicht auch schon bei schwachem Winde laufen. Die vorstehenden Hinweise für die Bestimmung der Akkumulatorengröße finden eine Ergänzung durch die vom „Kaiser Wilhelms-Institut für Landwirtschaft“ gemachten Aufzeichnungen über Windstärken. Dieses Institut hat selbst eine „Herkules“-Windturbine im Betriebe.

Windmessungen des Kaiser Wilhelms-Instituts.

Jahr	Monat	Zahl der Monats- stunden	Windstunden mit Windstärken in Sekunden- metern von										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 bis 15
1909	Juni . . .	720	72	123	170	115	101	85	40	10	1	2	1
	Juli . . .	744	42	80	100	132	116	134	62	44	27	7	—
	August . .	744	87	148	178	116	84	61	42	14	8	6	—
	September	720	70	164	151	122	90	66	35	15	7	—	—
	Oktober .	744	89	210	217	122	50	28	21	7	—	—	—
	November	720	67	83	106	123	94	99	73	47	15	10	3
Dezember	744	27	78	168	129	116	115	46	45	14	5	1	
1910	Januar .	744	33	59	126	127	126	130	83	34	18	6	—
	Februar .	672	49	100	131	106	91	90	72	30	3	—	—
	März . . .	744	67	154	213	111	74	59	33	22	7	3	1
	April . . .	720	53	93	128	113	107	89	58	51	24	3	1
	Mai . . .	744	53	94	172	105	119	87	56	28	19	11	—
Stunden i. Jahre		8760	709	1386	1860	1421	1168	1043	621	347	143	53	7

für Wind-Elektrizität ausnützbar

Diese Tabelle liefert ein ausgezeichnetes Material zur Prüfung, in welcher Stärke und Häufigkeit der Wind auftritt. Wie sich zwischen die Windstunden die Windstillen einreihen, das kann man aus den Tabellen S. 66—77 ermitteln.

Die Fabrikanten haben das statistische Material für die Aufstellung ihrer Projektierungsnormen benutzt und sind zu dem Ergebnis gelangt, daß bei einer Energieaufspeicherung für etwa fünftägigen Lichtbedarf die Anlagen zuverlässig sind. Die Praxis hat diese Annahme auch bestätigt. Die ganz schwachen Winde von 1 und 2 m/sec lassen sich wohl für direkten Pumpenbetrieb, aber noch nicht für einen Kraftbetrieb verwenden, so auch nicht für Elektrizitätserzeugung. Es ist ein Vorzug der neuen Wind-Elektrizitätsanlagen, daß sie bereits bei der geringen Windstärke von 3 m/sec Strom in die Batterie liefern, was früher nicht möglich war. Daraus ergibt sich auch ganz von selbst, daß für die neuen Anlagen kleinere Akkumulatoren genügen.

Windstatistiken

des

Königlichen Meteorologischen Instituts in Berlin
vom Jahre 1910

(Unterlagen für Wind-Elektrizitätsanlagen.)

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind		
		von 24 Stunden		
Januar	1.	9 Stunden	15 Stunden	} 17 Std.
	2.	24 "	— "	
	3.	24 "	— "	
	4.	24 "	— "	
	5.	21 "	3 "	
	6.	12 "	12 "	
	7.	17 "	7 "	
	8.	24 "	— "	
	9.	24 "	— "	
	10.	24 "	— "	
	11.	24 "	— "	
	12.	24 "	— "	
	13.	24 "	— "	
	14.	24 "	— "	
	15.	24 "	— "	
	16.	24 "	— "	
	17.	24 "	— "	
	18.	24 "	— "	
	19.	24 "	— "	
	20.	24 "	— "	
	21.	21 "	3 "	} 14 "
	22.	3 "	21 "	
	23.	7 "	17 "	
	24.	21 "	3 "	} 21 "
	25.	24 "	— "	
	28.	24 "	— "	
	27.	24 "	— "	
	28.	22 "	2 "	
	29.	24 "	— "	
	30.	24 "	— "	
	31.	24 "	— "	
		661 Stunden	83 Stunden	

744 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 21 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind- stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter- brochen
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind		
Februar		von 24 Stunden		
	1.	12 Stunden	12 Stunden	
	2.	24 "	— "	
	3.	16 "	8 "	6 Std.
	4.	1 "	23 "	} 36 "
	5.	6 "	18 "	
	6.	24 "	— "	
	7.	24 "	— "	
	8.	20 "	4 "	
	9.	22 "	2 "	
	10.	20 "	4 "	
	11.	23 "	1 "	
	12.	24 "	— "	
	13.	3 "	21 "	21 "
	14.	24 "	— "	
	15.	24 "	— "	
	16.	24 "	— "	
	17.	24 "	— "	
	18.	24 "	— "	
	19.	24 "	— "	
	20.	24 "	— "	
	21.	24 "	— "	
	22.	22 "	2 "	
	23.	15 "	9 "	
	24.	22 "	2 "	
	25.	24 "	— "	
	26.	24 "	— "	
	27.	23 "	1 "	
28.	21 "	3 "		
		562 Stunden	110 Stunden	

672 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 36 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind		
März		von 24 Stunden		
	1.	18 Stunden	6 Stunden	
	2.	7 "	17 "	15 Std.
	3.	11 "	13 "	8 "
	4.	24 "	— "	
	5.	24 "	— "	
	6.	24 "	— "	
	7.	24 "	— "	
	8.	12 "	12 "	10 "
	9.	21 "	3 "	
	10.	24 "	— "	
	11.	24 "	— "	
	12.	20 "	4 "	
	13.	23 "	1 "	
	14.	23 "	1 "	
	15.	18 "	6 "	
	16.	20 "	4 "	
	17.	24 "	— "	
	18.	20 "	4 "	
	19.	12 "	12 "	4 "
	20.	10 "	14 "	6 "
	21.	11 "	13 "	6 "
	22.	24 "	— "	
	23.	24 "	— "	
	24.	23 "	1 "	
	25.	15 "	9 "	
	26.	11 "	13 "	11 "
	27.	14 "	10 "	6 "
	28.	18 "	6 "	
	29.	24 "	— "	
	30.	24 "	— "	
31.	24 "	— "		
		595 Stunden	149 Stunden	

744 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 15 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind		
April		von 24 Stunden		
	1.	23 Stunden	1 Stunden	
	2.	24	—	
	3.	24	—	
	4.	24	—	
	5.	18	6	
	6.	16	8	4 Stb.
	7.	16	8	6 "
	8.	5	19	} 15 "
	9.	16	8	
	10.	24	—	
	11.	18	6	
	12.	24	—	
	13.	24	—	
	14.	24	—	
	15.	22	2	
	16.	18	6	
	17.	24	—	
	18.	24	—	
	19.	24	—	
	20.	24	—	
	21.	23	1	
	22.	24	—	
	23.	24	—	
	24.	24	—	
	25.	23	1	
	26.	24	—	
	27.	23	1	
	28.	15	9	5 "
	29.	24	—	
30.	22	2		
		642 Stunden	78 Stunden	

720 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 15 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind		
Mai		von 24 Stunden		
	1.	19 Stunden	5 Stunden	
	2.	23 "	1 "	
	3.	24 "	— "	
	4.	23 "	1 "	} 9 Std.
	5.	16 "	8 "	
	6.	24 "	— "	
	7.	24 "	— "	
	8.	13 "	11 "	7 "
	9.	15 "	9 "	5 "
	10.	24 "	— "	
	11.	24 "	— "	
	12.	24 "	— "	
	13.	21 "	3 "	
	14.	21 "	3 "	
	15.	23 "	1 "	
	16.	14 "	10 "	6 "
	17.	15 "	9 "	
	18.	24 "	— "	
	19.	24 "	— "	
	20.	24 "	— "	
	21.	24 "	— "	
	22.	24 "	— "	
	23.	22 "	2 "	
	24.	6 "	18 "	18 "
	25.	14 "	10 "	8 "
	26.	18 "	6 "	
	27.	23 "	1 "	
	28.	19 "	5 "	
	29.	21 "	3 "	
	30.	24 "	— "	
31.	23 "	1 "		
		637 Stunden	107 Stunden	

744 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 18 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind		
Juni		von 24 Stunden		
	1.	20 Stunden	4 Stunden	
	2.	22 "	2 "	
	3.	19 "	5 "	
	4.	22 "	2 "	
	5.	24 "	— "	
	6.	24 "	— "	
	7.	24 "	— "	
	8.	18 "	6 "	
	9.	24 "	— "	
	10.	24 "	— "	
	11.	24 "	— "	
	12.	21 "	3 "	
	13.	18 "	11 "	7 Std.
	14.	20 "	4 "	
	15.	22 "	2 "	
	16.	21 "	3 "	
	17.	21 "	3 "	
	18.	18 "	6 "	
	19.	24 "	— "	
	20.	21 "	3 "	
	21.	17 "	7 "	
	22.	24 "	— "	
	23.	24 "	— "	
	24.	17 "	7 "	
	25.	21 "	3 "	
	26.	24 "	— "	
	27.	24 "	— "	
	28.	24 "	— "	
	29.	24 "	— "	
30.	22 "	2 "		
		647 Stunden	73 Stunden	

720 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 7 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind		
Juli		von 24 Stunden		
	1.	24 Stunden	— Stunden	
	2.	19 "	5 "	
	3.	23 "	1 "	
	4.	14 "	10 "	6 Std.
	5.	24 "	— "	
	6.	17 "	7 "	7 "
	7.	18 "	6 "	4 "
	8.	24 "	— "	
	9.	24 "	— "	
	10.	20 "	4 "	} 56 "
	11.	— "	24 "	
	12.	— "	24 "	
	13.	14 "	10 "	
	14.	22 "	2 "	
	15.	17 "	7 "	
	16.	23 "	1 "	
	17.	24 "	— "	
	18.	21 "	3 "	
	19.	21 "	3 "	
	20.	22 "	2 "	
	21.	24 "	— "	
	22.	20 "	4 "	
	23.	24 "	— "	
	24.	24 "	— "	
	25.	24 "	— "	
	26.	24 "	— "	
	27.	19 "	5 "	
	28.	9 "	15 "	15 "
	29.	24 "	— "	
	30.	13 "	11 "	11 "
31.	23 "	1 "		
		599 Stunden	145 Stunden	

744 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 56 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind		Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen	
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind				
August		von 24 Stunden				
	1.	12	Stunden	12	Stunden	7 Std
	2.	19	"	5	"	
	3.	15	"	9	"	
	4.	22	"	2	"	
	5.	21	"	3	"	
	6.	20	"	4	"	
	7.	24	"	—	"	
	8.	23	"	1	"	
	9.	18	"	6	"	
	10.	7	"	17	"	9 "
	11.	10	"	14	"	13 "
	12.	24	"	—	"	
	13.	24	"	—	"	
	14.	15	"	9	"	4 "
	15.	24	"	—	"	
	16.	24	"	—	"	
	17.	22	"	2	"	
	18.	24	"	—	"	
	19.	24	"	—	"	
	20.	24	"	—	"	
	21.	24	"	—	"	
	22.	21	"	3	"	
	23.	24	"	—	"	
	24.	7	"	17	"	17 "
	25.	16	"	8	"	
	26.	15	"	9	"	9 "
	27.	24	"	—	"	
	28.	12	"	12	"	8 "
	29.	24	"	—	"	
	30.	15	"	9	"	4 "
31.	19	"	5	"		
		597 Stunden		147 Stunden		

744 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 17 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind		
September		von 24 Stunden		
	1.	24 Stunden	— Stunden	
	2.	24	—	
	3.	23	1	
	4.	18	6	
	5.	8	16	11 Std.
	6.	10	14	14 "
	7.	21	3	
	8.	21	3	
	9.	1	23	
	10.	—	24	
	11.	3	21	66 "
	12.	6	18	
	13.	17	7	
	14.	24	—	
	15.	24	—	
	16.	8	16	13 "
	17.	21	3	
	18.	11	13	10 "
	19.	24	—	
	20.	22	2	
	21.	24	—	
	22.	22	2	
	23.	23	1	
	24.	24	—	
	25.	21	3	
	26.	24	—	
	27.	22	2	
	28.	15	9	
	29.	23	1	
	30.	24	—	
		532 Stunden	188 Stunden	

720 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 66 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen
		Betriebsbeginn bei ca. 3 m Wind		
		von 24 Stunden		
Oktober	1.	19 Stunden	5 Stunden	} 8 Std.
	2.	20	4	
	3.	24	—	
	4.	24	—	} 14 "
	5.	22	2	
	6.	18	6	} 10 "
	7.	10	14	
	8.	24	—	
	9.	24	—	} 10 "
	10.	15	9	
	11.	21	3	} 10 "
	12.	24	—	
	13.	24	—	} 10 "
	14.	24	—	
	15.	24	—	} 10 "
	16.	23	1	
	17.	24	—	} 10 "
	18.	22	2	
	19.	24	—	} 10 "
	20.	22	2	
	21.	24	—	} 10 "
	22.	24	—	
	23.	24	—	} 10 "
	24.	24	—	
	25.	24	—	} 10 "
	26.	24	—	
	27.	24	—	} 10 "
	28.	24	—	
	29.	17	7	} 10 "
	30.	18	6	
	31.	24	—	} 10 "
		683 Stunden	61 Stunden	

744 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 14 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit	Stunden: Wind=	Davon ununterbrochen	
		aus- setzbarem Wind	stillen und zu schwacher Wind		
		Betrieb beginnt bei ca. 3 m Wind			
		von 24 Stunden			
November	1.	24 Stunden	— Stunden	7 Std.	
	2.	24 "	— "		
	3.	24 "	— "		
	4.	21 "	3 "		
	5.	24 "	— "		
	6.	14 "	10 "		
	7.	24 "	— "		
	8.	24 "	— "		
	9.	24 "	— "		
	10.	24 "	— "		
	11.	24 "	— "		
	12.	23 "	1 "		
	13.	24 "	— "		
	14.	24 "	— "		
	15.	24 "	— "		
	16.	19 "	5 "		
	17.	24 "	— "		
	18.	21 "	3 "		
	19.	23 "	1 "		
	20.	24 "	— "		
	21.	24 "	— "		
	22.	23 "	1 "		
	23.	21 "	3 "		
	24.	21 "	3 "		
	25.	10 "	14 "		} 14 "
	26.	19 "	5 "		
	27.	9 "	15 "		} 20 "
	28.	24 "	— "		
	29.	18 "	6 "		
	30.	24 "	— "		
		650 Stunden	70 Stunden		

720 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 20 Stunden.

Windstatistiken (Fortsetzung).

Monat	Tag	Stunden mit ausnützbarem Wind	Stunden: Wind= stillen und zu schwacher Wind	Davon ununter= brochen
		Betriebsbeginn bei ca 3 m Wind		
Dezember		von 24 Stunden		
	1.	24 Stunden	— Stunden	
	2.	23 " "	1 " "	
	3.	24 " "	— " "	
	4.	24 " "	— " "	
	5.	24 " "	— " "	
	6.	24 " "	— " "	
	7.	19 " "	5 " "	
	8.	20 " "	4 " "	
	9.	24 " "	— " "	
	10.	23 " "	1 " "	
	11.	24 " "	— " "	
	12.	24 " "	— " "	
	13.	24 " "	— " "	
	14.	19 " "	5 " "	
	15.	24 " "	— " "	
	16.	24 " "	— " "	
	17.	24 " "	— " "	
	18.	24 " "	— " "	
	19.	24 " "	— " "	
	20.	24 " "	— " "	
	21.	14 " "	10 " "	10 Std.
	22.	24 " "	— " "	
	23.	24 " "	— " "	
	24.	24 " "	— " "	
	25.	24 " "	— " "	
	26.	24 " "	— " "	
	27.	23 " "	1 " "	
	28.	23 " "	1 " "	
	29.	24 " "	— " "	
	30.	24 " "	— " "	
31.	23 " "	1 " "		
		715 Stunden	29 Stunden	

744 Stunden

Längste Betriebsunterbrechung: 10 Stunden.

Tabelle der Dunkelstunden

bezogen auf den Meridian von Berlin 13° 23' 44" östlich von Greenwich.
(Nach Angaben der A. G.-G. zur Beurteilung des Lichtbedarfs.)

Zeitdauer	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Im Jahre
Von Sonnen- untergang bis 4 Uhr abends	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	7	9
" 5 " "	18	2	—	—	—	—	—	—	—	4	27	38	89
" 6 " "	49	24	3	—	—	—	—	—	2	29	57	69	233
" 7 " "	80	52	29	4	—	—	—	1	23	60	87	100	436
" 8 " "	111	80	60	32	7	—	1	20	53	91	117	131	703
" 9 " "	142	108	91	62	37	20	24	51	83	122	147	162	1049
" 10 " "	173	136	122	92	68	50	55	82	113	153	177	193	1414
" 11 " "	204	164	153	122	99	80	86	113	143	184	207	224	1779
" 12 " "	235	192	184	152	130	110	117	144	173	215	237	255	2144
" Sonnenaufgang	485	397	378	304	257	220	241	292	341	416	459	506	4296
Bis Sonnen- aufgang von Mitternacht	250	205	194	152	127	110	124	148	168	201	222	251	2152
" 1 Uhr morgens	219	177	163	122	96	80	93	117	138	170	192	220	1787
" 2 " "	188	149	132	92	65	50	62	86	108	139	162	189	1422
" 3 " "	157	121	101	62	34	20	31	55	78	108	132	158	1057
" 4 " "	126	93	70	32	5	—	2	24	48	77	102	127	706
" 5 " "	95	65	39	6	—	—	—	1	18	46	72	96	438
" 6 " "	64	37	10	—	—	—	—	—	—	15	42	65	233
" 7 " "	33	10	—	—	—	—	—	—	—	—	12	34	89
" 8 " "	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7

Der Akkumulator einer elektrischen Anlage hat denselben Zweck, den der Wasserbehälter, das Reservoir, bei einer Wasserleitung hat, genau so wie man in einen Wasserbehälter Wasser pumpen und zugleich aus ihm Wasser abzapfen kann, ebenso kann man bei einer elektrischen Anlage zu gleicher Zeit Strom in den Akkumulator laden und Strom am Verteilungsnetz verbrauchen. Es ist eine irrige Annahme vieler Leute, zu glauben, daß der gesamte von der Dynamomaschine produzierte Strom erst durch den Akkumulator laufen muß, bevor er zur Verteilung kommen kann. Man kann vielmehr, und tut es bei praktisch angelegten Einrichtungen auch immer, auf Netz und Batterie parallel arbeiten, so daß immer nur die von

der Dynamomaschine über den Verbrauch hinaus erzeugte Strommenge vom Akkumulator aufgenommen wird bzw. liefert der Akkumulator bei Minderproduktion der Maschine den fehlenden Rest aus seinen Vorräten in das Verbrauchsnetz. Der Akkumulator wirkt auch Spannung regulierend, man kann ihn sich wie einen Puffer vorstellen. Das Licht ist trotz der viel gescholtenen Unbeständigkeit des Windes genau so schön und ruhig wie von irgendeiner anderen Betriebsmaschine geliefert. Eine windelektrische Lichtanlage muß unbedingt einen Akkumulator haben, nicht allein um einen Spannungsausgleicher zu haben, sondern auch um elektrische Energie für windstille Stunden oder Tage vorrätig zu haben. Das ist nun nicht etwa eine Absonderlichkeit der windelektrischen Anlagen, vielmehr hat jede elektrische Lichtanlage von ähnlichem Umfange, auch wenn sie mit anderer Betriebskraft arbeitet, einen Akkumulator. Die Wirkungsweise der Akkumulatoren beruht auf folgendem Vorgang: Wenn man zwei Bleiplatten in verdünnte Schwefelsäure taucht und die beiden Platten mit je einem Pol einer Stromquelle verbindet, so verändert die Wirkung, welche der von der einen Platte durch die Flüssigkeit hindurch zur anderen Platte fließende Strom auf die Flüssigkeit ausübt, das Blei an der Oberfläche der positiven Platte. Es wird in dunkelbraunes Bleisuperoxyd verwandelt. Das auf diese Weise mit Elektrizität geladene Element besitzt nun eine gewisse elektromotorische Kraft, und wenn man die geladenen Platten mit einem Draht verbindet, so erhält man einen elektrischen Strom, den sogenannten Polarisationsstrom. Es wird nicht die gesamte in das Element hineingesandte elektrische Energie wieder zurückgewonnen, sondern nur ein gewisser Prozentsatz davon. Das Verhältnis zwischen hineingesandter und wieder zurückgewonnener Energiemenge nennt man das Güteverhältnis der Akkumulatoren. Es ist bei Tudor-Akkumulatoren, wenn die Ladung durch Benzinmotor usw. mit voller Stromstärke erfolgt, etwa 70—80 %, bei Windturbinenbetrieb günstiger. In jeder Zelle hängen eine Anzahl der erwähnten Bleiplatten. Das Gefäß der Zelle ist gewöhnlich aus Glas. Eine positive Platte hängt immer zwischen zwei negativen, so daß in jeder Zelle eine negative Platte mehr hängt. Die Bleiplatten werden oben mittels angegossener Nasen auf den Rand des Glas-

gefäßes aufgestützt. Sie dürfen nicht bis hinunter auf den Boden des Gefäßes reichen, es soll vielmehr im unteren Teile des Glasgefäßes Raum für etwa abfallende Metallteilchen bleiben, damit diese nicht mit den Platten in direkte Berührung kommen und so eine Verbindung zwischen ihnen herstellen können, denn diese Verbindung wäre ein Kurzschluß. Die Ausführung guter Elemente ist so, daß solche Vorichtsmaßnahmen in weitgehender Weise getroffen sind. Innerhalb eines Glasgefäßes werden alle negativen Platten durch eine Bleileiste miteinander verbunden, auf der anderen Seite des Elementes verbindet eine zweite Bleileiste alle positiven Platten. Jedes einzelne Element hat eine elektromotorische Kraft von im Mittel 2 Volt, dagegen ist die Kapazität nach Amperestunden je nach Größe und Anzahl der Platten verschieden. Es gibt z. B. Elemente von 73, von 109, von 140 Amperestunden usw., aber alle Elemente haben im Mittel eine elektromotorische Kraft von 2 Volt. Die niedrigste elektromotorische Kraft, bis zu der die Elemente entladen werden dürfen beträgt 1,83 Volt. Die höchste elektromotorische Kraft bei geladener Batterie und gleichzeitigen Ladebetrieb beträgt pro Element 2,7 Volt. Man hat sich bei elektrischen Lichtanlagen auf gewisse Normalspannungen geeinigt, und zwar gibt es elektrische Lichtanlagen mit z. B. 65, 110 und 220 Volt Betriebsspannung. Um diese Spannungen mit Akkumulatoren herbeizuführen, braucht man nur so viel Elemente hintereinander zu schalten, daß sich die Betriebsspannung ergibt, und zwar ist hierbei die niedrigste Elementspannung anzunehmen, also 1,83 Volt. Es ergibt sich hieraus für die verschiedenen Gebrauchsspannungen folgende Tabelle:

für 65 Volt	(65 : 1,83) =	36 Elemente,
" 110 "	(110 : 1,83) =	60 "
" 220 "	(220 : 1,83) =	120 "

Für die windelektrischen Anlagen werden vorwiegend Akkumulatorenbatterien von 60 Elementen mit 110 Volt Gebrauchsspannung angewendet, nur für kleine Einrichtungen wählt man 18 Zellen für 32 Volt oder 36 Zellen für 65 Volt Spannung und für große Anlagen mit weit verzweigtem Leitungsnetz, z. B. bei Ortszentralen, 120 Zellen mit 220 Volt Spannung. Die Aufstellung der Akkumulatoren wird gewöhnlich von einem Monteur der Akkumulatorenfabrik vorgenommen. Aber auch

für die Leute, die ganz abseits der Weltverkehrsstraßen liegen, für die aber gerade die Windkraftanlagen so außerordentlich wichtig sind, haben die Akkumulatorenfabriken Fürsorge getroffen. Sie liefern nämlich sogenannte „Fertig verlötete stationäre Elemente in Glasgefäßen“. Für die Aufstellung werden leicht verständliche Instruktionen gegeben, und es wird bei der Aufstellung kein Handgriff verlangt, der nur von geschulten Leuten ausgeführt werden könnte, so werden z. B. die Verbindungen durch Verschraubung und nicht durch Lötung vorgenommen.

Der Akkumulatorenraum muß trocken, hell und so groß sein, daß alle Elemente gut zugänglich und übersichtlich angeordnet werden können. Die erforderliche Mindesthöhe des Raumes beträgt, wenn die Batterie auf Bodengestellen aufgestellt wird, zirka 2 m oder wenn Stagengestell verwendet wird, wie die nachfolgende Figur zeigt, zirka 2¹/₂ m.

Die Abmessungen für Akkumulatorenräume zeigt nachstehende Tabelle; die angegebenen Raummaße sind die erforderlichen Mindestmaße, wenn der Raum etwas größer ist, schadet das nichts.

Akkumulatorenräume.

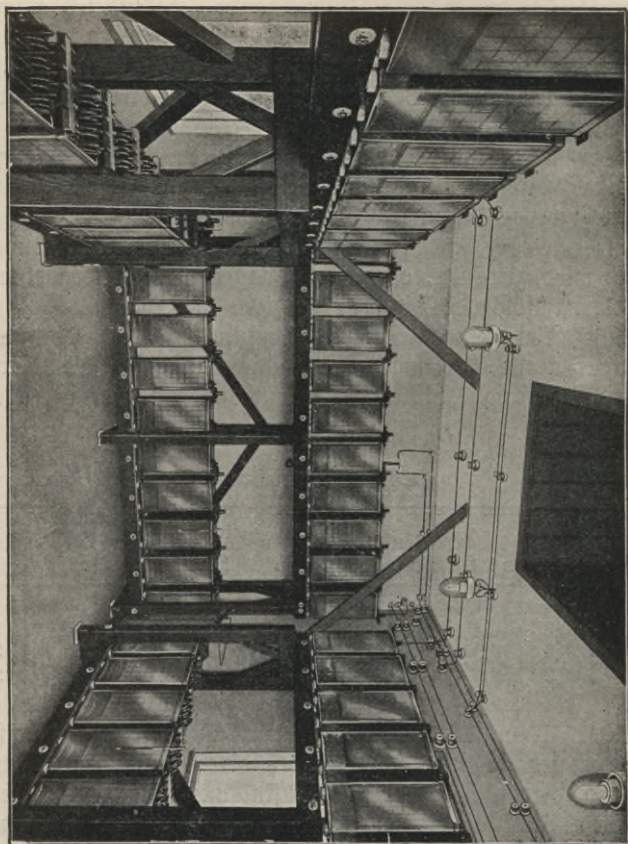
Raum	für 60 Zellen								
	3. 2	3. 3	3. 4	3. 6	3. 8	3. 10	3. 12	3. 14	3. 16
Länge	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Breite	3,3	4,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Höhe	1,9	1,9	1,8	1,7	1,8	1,9	2	3,6	3,6
	2,2	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Der Akkumulatorenraum soll dem Tageslicht zugänglich sein, ohne daß jedoch die Sonnenstrahlen direkt hineinfallen können. Läßt sich dies nicht vermeiden, so sind mattierte Fensterscheiben zu verwenden oder die vorhandenen mit einem durchscheinenden Anstrich zu versehen. Der Raum muß unbedingt eine gute, beständige Lüftung haben, es muß dafür gesorgt werden, daß kein Staub, keine Dämpfe oder Gase (z. B. von Viehställen) eindringen können.

Maschinen und Apparate dürfen in dem Akkumulatorenraum selbst keine Aufstellung finden.

Die Akkumulatoren sind also immer von der übrigen Maschinenanlage getrennt aufzustellen. Die Batterie-Drahtleitungen und die zu ihrer Verlegung etwa verwendeten Eisenteile müssen mit einem säurefesten Anstrich versehen werden;

Fig. 40. Akkumulatoren bei der Anlage auf der königl. Technischen Hochschule, Dresden.



dafür fertigt die Akkumulatorenfabrik einen sehr geeigneten Emaillack an. Ein Verputzen der Wände und der Decke des Raumes ist nicht notwendig. Es ist jedoch zweckmäßig, einen säurefesten, hellen Farbansrich aufzubringen.

Die Füllung der Batterie. Nachdem die positiven und

die negativen Platten in die Glasgefäße eingehängt und die Verbindungen durch Verlötung oder Verschraubung je nach Art der gekauften Batterie fertiggestellt sind, kann die Säure in die Glasgefäße eingegossen werden. Für die Beschaffenheit dieser verdünnten Schwefelsäure gibt die Akkumulatorenfabrik genaue Vorschriften, und es ist zweckmäßig, von der Fabrik gleich fertige Säure samt destilliertem Wasser zu beziehen. Wenn aber mit Rücksicht auf hohe Transportspesen sich der Bezug des destillierten Wassers von der Fabrik nicht empfiehlt, so kann man das destillierte Wasser auch anderswo kaufen oder mittels eines Destillierapparates herstellen. Wenn die Aufstellung der Batterie durch einen Monteur der Fabrik erfolgt, so hat sich der Kunde um die Beachtung der Fabrikvorschriften weniger zu kümmern, weil der Monteur dann für sachgemäße Ausführung aller Arbeiten sorgt.

Die erstmalige Ladung der Batterie. In der Abhandlung „Fertig verlötete stationäre Elemente in Glasgefäßen“ schreibt die Akkumulatorenfabrik A.-G.: „Unsere Batterien dürfen nach Einfüllung der Säure kurze Zeit, jedoch höchstens etwa drei Wochen in ungeladenem Zustande stehen bleiben. Dieser Umstand erleichtert die Inbetriebsetzung einer Batterie.“ Auf eine Anfrage der Vereinigten Windturbinenwerke hat sich die Akkumulatorenfabrik bezüglich dieses Punktes noch wie folgt geäußert: „Bei Windbetrieb läßt es sich nicht vermeiden, daß die erste Ladung, die Formierung der Platten, einige Male unterbrochen wird, wenn Windstille eintritt. Es macht dieses aber nichts aus, wenn nur mit der ersten Ladung nicht früher begonnen wird, bis lebhafter Wind vorhanden ist. Das läßt sich immer erreichen, da man mit der Einfüllung der Säure, die in einigen Stunden erfolgen kann, warten kann, bis lebhafter Wind eintritt. Wenn dann nach einigen Stunden Windstille eintritt, tut dies nichts zur Sache, nur ist dafür zu sorgen, daß, sobald Wind da ist, die Ladung sogleich fortgesetzt wird.“ Dies bezieht sich, wie oben erwähnt, nur auf die erste Ladung.

Sehr sorgfältig ist darauf zu achten, daß der positive Pol der Ladedynamomaschine mit dem positiven Pol der Akkumulatorenbatterie, d. h. mit den feingerippten, braunen Platten, der negative Pol der Maschine mit dem negativen Pol der Batterie, also den hellgrauen Bleiblechplatten, verbunden wird.

Es darf keinesfalls eine verkehrte Verbindung hergestellt werden. Man vergewissert sich am besten durch Anwendung von Polreagenzpapier. Dieses Papier ist in jeder Drogerie zu erhalten. Man feuchtet ein Stückchen von diesem Papier an und überbrückt damit die beiden Pole der Maschine. Am negativen Pole wird das Papier dann eine rötliche Färbung aufweisen. Während der ersten Ladung darf der Zellschalter nicht betätigt werden, ebenso ist während dieser Zeit noch kein Strom in das Verbrauchsnetz zu leiten. Wie lange die erstmalige Ladung anzuhalten hat, darüber gibt die Instruktion der Fabrik genaue Auskunft; gewöhnlich ist in einigen Tagen die Formierung der Platten erfolgt, und die Batterie kann dann in Benutzung genommen werden. Für die Ladung in normalem Betriebe ist nichts Besonderes erforderlich als was in vorliegendem Werke bereits erläutert wurde. Es ist darauf zu achten, daß die Batterie nicht überentladen wird, was man leicht am Voltmeter erkennt, und ebenso soll ein häufiges Überladen vermieden werden. Daß die Batterie geladen ist, kann man leicht am Säuremesser erkennen und im übrigen an der Höhe der Spannung, die man am Voltmeter ablesen kann. Ein Überladen der Batterie in Zeitabschnitten von etwa einem Monat ist für die Haltbarkeit der Batterie sehr wichtig, und in den Instruktionen der Fabrik wird darauf hingewiesen, daß man die Batterie etwa jeden Monat einmal überladen soll. Man versteht darunter ein etwas länger anhaltendes Laden, als wie man es sonst im normalen Betriebe zu tun pflegt.

Der Zellschalter. Wir haben auf Seite 80 erfahren, daß die niedrigste elektromotorische Kraft einer Akkumulatorenzelle 1,83 Volt und die höchste elektromotorische Kraft 2,7 Volt beträgt. Bei einer Batterie von 60 Zellen würde die niedrigste Spannung sonach betragen $1,83 \times 60 = 110$ Volt und die höchste Spannung $2,7 \times 60 = 162$ Volt. Es würde also ein Spannungsunterschied je nach dem Ladezustand der Batterie bis zu 52 Volt auftreten können. Für die modernen Stromsparenden Metalldrahtlampen gilt nun, daß die Spannung möglichst konstant gehalten werde, weil man sonst von heute auf morgen verschieden starke Lichteffekte hätte und die Lampen leiden würden. Es gibt in den Spannungsschwankungen Werte, die von dem menschlichen Auge nicht wahrgenommen werden

können am Lichteffect der Lampen. 5 Volt Spannungsunterschied zum Beispiel wird man nicht bemerken, wohl aber die höheren Spannungsunterschiede. Es ist nun offenbar ein Apparat erforderlich, mittels welchem man es in der Hand hat, die Lichtnetzspannung immer auf demselben Wert zu halten. Da das Voltmeter genau die Spannung anzeigt, ist die Handhabung des betreffenden Apparates kein Kunststück. Der Apparat ist der sogenannte Zellenwechsler. Man findet ihn gewöhnlich bei einer elektrischen Lichtanlage mit Akkumulatorenbetrieb. Der Zellenwechsler ist in Figur 41 zu erkennen.

Es gibt Einfach- und Doppelzellenwechsler. Erstere lassen eine gleichzeitige Ladung und Entladung nicht zu. Bei Anwendung des letzteren dagegen kann man zugleich laden und auch Strom entnehmen. Bei den windelektrischen Anlagen kommen nur Doppelzellenwechsler in Anwendung. Die Handhabung des Zellenwechslers ist so einfach, daß es sich erübrigt, hier näher darauf einzugehen;

es sind einfach die Handhebel unter gleichzeitiger Betrachtung des Voltmeters zu verstellen. Beim Doppelzellenwechsler sind die Zellen während der Ladung an das Verbrauchsnetz angeschlossen. Daher ist bei Bestimmung der Zahl der nicht abschaltbaren Zellen (Stammatterie) mit einer Einzelladespannung von 2,7 Volt zu rechnen, und demgemäß bei einer Lichtnetzspannung von 110 Volt ergeben sich $110 : 2,7 = 41$ Zellen Stammatterie. Die Anzahl der sämtlichen Akkumulatorenzellen, d. h.

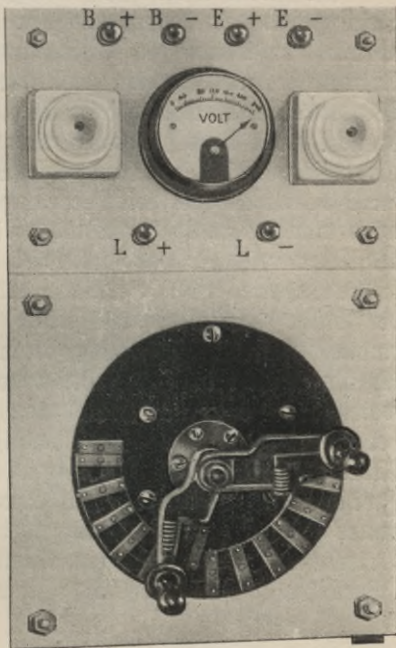


Fig. 41. Entlade-Schalttafel kleiner wind-elektrischer Anlagen.

Stambatterie plus Schaltzellen ergibt sich dagegen, wenn man die niedrigste Zellenspannung zu je 1,83 Volt annimmt. Die Gesamtzellenzahl ist bei 110 Volt Lichtnetzspannung sonach $110 : 1,83 = 60$ Zellen. Die Schaltzellen müssen durch Schaltleitungen mit dem Zellenhalter verbunden werden, wie die Schaltungsfigur auf Seite 54 zeigt.

Bei windelektrischen Anlagen kann der Akkumulator gleich neben der Dynamomaschine, aber in einem besonderen Raum, unterhalb des Windturbinenturmes stehen. Diese Anordnung wendet man an, wenn der Aufstellungsplatz der Windturbine, d. h. der Betriebsanlage, in der Nähe der Verbrauchsstellen liegt. Oftmals aber stellt man mit Rücksicht auf die bessere Windeinwirkung die Windturbine samt Dynamomaschine etwas von den Verbrauchsstellen entfernt auf. Dann wird man unterhalb der Windturbine nur die Dynamomaschine aufstellen und die Ladeschalttafel, während man die Akkumulatorenbatterie nebst Entladeschalttafel in einem Räume in der Nähe der Verbrauchsstellen (vielfach in einem Keller-raume) aufstellt. Wie schon betont wurde, darf die Entladeschalttafel nicht im Akkumulatorenraum stehen, aber auch nicht weit davon entfernt, damit man kurze Zellenhalterleitungen bekommt. Zwischen der eigentlichen Kraftstation und der Akkumulatorenbatterie besteht in diesem Falle kein anderes Zwischenglied als die beiden Speisedrähte, die in ganz normaler Weise als Freileitungen installiert werden. Für die Berechnung der Leitungsquerschnitte sind im Schlußkapitel „Verteilung der Elektrizität“ Hinweise gegeben.

4. Die Verteilung der Elektrizität.

Die Verteilungsleitungen. Das Bindeglied zwischen der Stromquelle und den Stromverbrauchern bildet die elektrische Leitung. Unter Stromverbrauchern kann man verstehen: elektrische Lampen, die Elektromotoren, elektrische Heiz- und Kochapparate. Bei den Leitungen kommen im wesentlichen in Betracht: der Widerstand und die Isolation. Der Widerstand soll so gering wie möglich sein, weil durch den Widerstand elektrische Energie in Wärme umgesetzt wird und jede Wärmebildung Kraftverlust bedeutet. Die elektrischen Leitungen müssen genau nach den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker ausgeführt sein. Der Verband hat Vorschriften erlassen, bis zu welcher Stromstärke die Leitungen im Höchsthalle belastet werden dürfen. Auch sind Vorschriften für die Stärke der Schmelzsicherungen gegeben. Nach diesen Vorschriften muß sich jeder Installateur richten, und wenn er sich genau danach richtet, wird die von ihm installierte Anlage eine Muster-einrichtung. Es empfiehlt sich, zunächst noch einmal durchzulesen, was auf Seite 8 über den elektrischen Widerstand gesagt wurde.

Die Isolation der Leitungen soll verhindern, daß der Strom einen anderen Weg als durch die Leitungen findet, zum Beispiel an feuchten Wänden herunter nach der Erde usw. Die Isolation muß sehr sorgfältig sein, wenn man nicht Stromverluste und Störung des Betriebes haben will. Als Leitungsmaterial wird fast nur Kupfer verwendet, weil es von den unedlen Metallen die höchste Leitungsfähigkeit bzw. den kleinsten spezifischen Widerstand aufweist. Der spezifische Widerstand für Kupfer beträgt 0,0175. Ich setze voraus, daß der Begriff „spezifisch“ jedermann geläufig ist; ich verweise hier auf den Begriff „spezifisches Gewicht“. Auf Seite 9 wurde gesagt, daß die Größe des Widerstandes abhängig ist vom Querschnitte

und von der Länge der Leitung. Der Widerstand wird nach folgender Formel ermittelt:

$$w = 0,0175 \frac{\text{Länge}}{\text{Querschnitt}}$$

Das bedeutet: Widerstand = 0,0175 mal Länge (in Meter) dividiert durch Querschnitt (in Quadratmillimeter).

Berechnungsbeispiel: Welcher Widerstand entsteht in einer Leitung von 100 m einfacher Länge (oder 200 m der beiden Drähte), wenn der Querschnitt 25 qmm beträgt?

$$w = \frac{200}{25} \times 0,0175 = 0,14 \text{ Ohm.}$$

Berechnung des Leitungsquerschnittes. Den Querschnitt der Leitungen berechnet man nach dem zulässigen Spannungsverluste, der vom Widerstand abhängig ist. Außer dem Widerstande hat man also zunächst den Spannungsverlust oder Spannungsabfall zu ermitteln. Es sei hier erwähnt, daß man für die Speiseleitungen folgende Spannungsverluste zulassen kann:

für	65 Voltanlagen	zirka	3 Volt
"	110	"	5 "
"	220	"	10 "

In Lichtleitungsnetzen dagegen soll der Spannungsabfall nicht mehr als 1—1½ % betragen.

Der Spannungsabfall wird berechnet nach der Formel:

$$\text{Spannungsabfall} = \text{Stromstärke} \times \text{Widerstand.}$$

Berechnungsbeispiel: In unserem ersten Berechnungsbeispiel hatten wir den Widerstand einer Leitung mit 0,14 Ohm berechnet. Der Spannungsabfall ist bei einer Stromstärke von 40 Ampere $40 \times 0,14 = 5,6$ Volt.

Der Querschnitt der Kupferleitungen wird berechnet:

$$\text{Querschnitt} = \frac{\text{Stromstärke} \times \text{Länge}}{\text{Spannungsverlust}} \times 0,0175.$$

Berechnungsbeispiel: Querschnitt = 40 mal 200 dividiert durch 5,6 mal 0,0175 = 25 qmm.

Sorgfältig zu beachten ist, daß bei allen Leitungsberechnungen die Länge der Leitung für Hin- und Rückleitungen zusammen, also der einfache Abstand doppelt zu rechnen ist. Um der Arbeit enthoben zu sein, für jede Leitung die Querschnitts-

Tabelle der Meterampere für verschiedene Querschnitte und Spannungsverluste.

Querschnitt in qmm	Spannungsverlust in Volt			
	1,5 ×	3 :	5 =	9,5 §
0,75	64,125	128,25	213,75	406,125
1	85,50	171,00	285,00	541,50
1,5	128,25	256,50	427,50	812,25
2,5	213,75	427,50	712,50	1 353,75
4	342,00	684,00	1 140,00	2 166,00
6	513,00	1 026,00	1 710,00	3 249,00
10	855,00	1 710,00	2 850,00	5 415,00
16	1 368,00	2 736,00	4 560,00	8 664,00
25	2 137,50	4 275,00	7 125,00	13 537,50
35	2 992,50	5 985,00	9 975,00	18 952,50
50	4 275,00	8 550,00	14 250,00	27 075,00
70	5 985,00	11 970,00	19 950,00	37 905,00
95	8 122,50	16 245,00	27 075,00	51 442,50
120	10 260,00	20 520,00	34 200,00	64 980,00
150	12 825,00	25 650,00	42 750,00	81 225,00
185	15 817,50	31 635,00	52 725,00	100 177,50
240	20 520,00	41 040,00	68 400,00	129 960,00
310	26 505,00	53 010,00	88 350,00	167 865,00
400	34 200,00	68 400,00	114 000,00	216 600,00
500	42 750,00	85 500,00	142 500,00	270 750,00
625	53 437,50	106 875,00	178 125,00	338 437,50
800	68 400,00	136 800,00	228 000,00	433 200,00
1000	85 500,00	171 000,00	285 000,00	541 500,00

Meterampere = Länge der Leitung (hin und zurück, also doppelte Länge) mal Ampere.

× = Verteilungsneze (Nichtleitungen).

= = Speiseleitungen 110 Volt (zwischen Dynamo und Batterie)

: = " 65 " " " " "

§ = " 220 " " " " " "

Berechnung durchzuführen, kann man Tabellen benutzen. Für die Berechnung der Speiseleitungen zwischen Dynamo und Akkumulator sowohl als auch für die Nichtleitungsneze gilt vorstehende Tabelle. Für die Nichtleitung darf nur die erste Rubrik, also diejenige für 1,5 % Spannungsabfall benutzt werden. In der Tabelle sind die Ampere gleich mit der Länge der Hin- und Rückleitung multipliziert. Sollen beispielsweise

10 Ampere von einer Leitung von 50 m einfacher Länge oder 100 m Doppellänge übertragen werden, so findet man den erforderlichen Querschnitt der Leitung unter $(10 \times 100) 1000$ Meterampere. Wenn die Tabelle einen geringeren Querschnitt anzeigt, als wie für die Übertragung nach den Verbandsvorschriften zulässig ist, so wählt man den von dem Verband vorgeschriebenen größeren Querschnitt. Zu diesem Zwecke sind nachstehend zwei Normalientabellen, eine für blanke Leitungen und eine für isolierte Leitungen gegeben.

Normalien-Tabelle der blanken Kupferdrähte.

Querschnitt qmm	Durchmesser mm	Höchst zulässige Belastung Ampere	Gewicht von 1000 m Draht kg	Querschnitt qmm	Durchmesser mm	Höchst zulässige Belastung Ampere	Gewicht von 1000 m Draht kg
1	1,13	6	9	25	5,7	80	225
1,5	1,38	10	13,5	35	6,7	100	315
2,5	1,78	15	22	50	8	125	450
4	2,26	20	36	70	9,5	160	630
6	2,8	25	54	95	11	190	855
10	3,6	35	90	120	12,5	225	1080
16	4,5	60	144				

Normalien-Tabelle der isolierten Leitungen.

Querschnitt qmm	Durchmesser mm	Höchst zulässige Belastung Ampere	Sicherung Ampere	Gewicht von 1000 m Draht kg
0,75	1	9	6	6,6
1	1,12	11	6	8,9
1,5	1,38	14	10	13,4
2,5	1,8	20	15	22
4	2,2	25	20	35
6	2,8	31	25	53
10	3,6	43	35	89
16	4,5	75	60	142
25	5,7	100	80	222

Nach den Verbandsvorschriften ist der geringste zulässige Querschnitt:

für Leitungen an Beleuchtungskörpern . . .	0,75 qmm	
„ isolierte Leitungen bei Verlegung in Rohr oder auf Isolierkörpern, deren Abstand nicht mehr als 1 m beträgt	1	„
„ blanke Leitungen in Gebäuden sowie für isolierte Leitungen in Gebäuden und im Freien, bei denen der Abstand der Befestigungspunkte mehr als 1 m beträgt .	4	„
„ Freileitungen für Niederspannung (bis 250 Volt)	6	„

Die Querschnitte der Leitungen können erst berechnet werden, wenn für jede Leitungsstrecke die Länge, und zwar Hin- und Rückleitung und die zu speisende Lampenzahl bzw. die dafür erforderliche Stromstärke ermittelt sind. Maßgebend sind für die Querschnittsberechnung die auftretende maximale Stromstärke und der Spannungsabfall und ferner die für die Leitungsquerschnitte zulässige maximale Stromstärke laut Verbandsvorschriften (siehe Tabellen S. 90). Bei Anschluß von Elektromotoren empfiehlt es sich, das Einundeinhalbfache des errechneten Querschnittes zu verwenden.

Bevor man an die Berechnung des Leitungsnetzes herangeht, ist es erforderlich, eine Gebäude Skizze anzufertigen und darin die Leitungen und die Stromverbraucher unter Anwendung der einfachen Merkzeichen laut Tafel Seite 92—93 anzudeuten.

Die Isolation der Leitungen hat den Zweck, den Strom zu zwingen, keinen anderen Weg zu nehmen als durch die Leitungen. Die Leitungen müssen also von anderen Gegenständen, die den Strom gut weiterleiten könnten, durch Isolatoren getrennt, d. h. isoliert werden. Die Isolierung kann je nach dem Orte, wo die Leitung liegt, verschieden sein. Im Freien wird man blanke Kupferdrähte verlegen und diese an den bekannten Porzellanisolatoren befestigen. Diese Isolatoren sind jedermann bekannt von den Telegraphen- und Telephonleitungen her; es sind die kleinen Porzellanlocken, die an den Masten befestigt sind. Die Leitungen, die aus blankem Kupferdraht hergestellt sind, müssen so hoch liegen, daß kein Mensch mit ihnen in Berührung kommen kann. Sie werden deshalb auf

Bezeichnungen für Skizzen und Pläne.

⊙ Dynamo oder Elektromotor

⊙ Gleichstrom-Dynamo mit Erzeugwicklung
 ~~~~~ " " " " " " " " " " " "

||| Akkumulatoren

||| Akkumulatoren  
 mit Doppelschalter

○ Messinstrument

Ⓐ Strommesser (Ampèremeter)

Ⓢ Spannungsmesser (Voltmeter)

Ⓒ Elektrizitätszähler

⊕ Stromrichtungsanzeiger

⊏ Sicherung

⊕ zweipolige Sicherung

⚡ Erdung } Schutz gegen Berührung  
 ⚡ Blitzableiter }

(e) Schutz durch Erdung

(m) Schutz durch metallisch leitende Teckleidung

(i) " " isolierende Teckleidung

⚡ Blitzschutzvorrichtung  
 ↑

(v) Schutzrohr

○ Mast

● Holzmast

● Eisenmast


(g) Teilung auf Isolierglocken


(r) " " Rollen oder Ringen


(k) " " Klemmen


(o) " " in Röhren


Bezeichnungen für Skizzen und Pläne.


 nicht regulierbarer Widerstand

 regulierbarer Widerstand


 regulierbarer Widerstand mit Kurzschlusskontakt


 Dosenausschalter

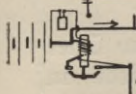
 zweipoliger Dosenausschalter

 einpoliger " "

} mit Angabe der  
darauf bezeichneten  
Stromstärken

 Sebelausschalter

 zweipoliger Sebelausschalter ohne Unterbrechung

 automatischer Schalter für  
windelektrische Anlagen

— Leitung

BC blanker Kupferdraht

BE " Eisendraht

S. B. Summibandleitung

S. A. Summiaderleitung

SSA Spezial " "

PA Panzeraderleitung

Pr. A. Profildraht

SA Summiaderschneur

FA Fassungsader


PL Pendelschneur

x feste Lampe


x bewegliche Lampe

⊗<sub>5</sub> Lampenträger mit  
Lampenzahl

⊙<sub>6</sub> Bogenlampe mit  
Angabe der Stromstärke

 Drosselapparat, Relais  
oder Auflösungsmagnet.

— zwei Leitungen

 Sammelschienen 2-polig  
mit 2 Abzweigen

--- Mehrfachleitung

~ bewegl. Leitung

T Leitungsanschluss

+ Leitungs Kreuzung

↓ von oben kommende Ltg.

↓ " unten " " "


↓ nach oben führende "

↓ " unten " " "

KB blanker Kabel

KA abspaltende "

KE armierte " " "

 Kabelendverschluss

genügend hohen Masten aufgezogen. Alle Leitungen, die so niedrig liegen, daß sie mit der Hand berührt werden können, dürfen nicht blank sein, sondern müssen auf ihrer ganzen Länge eine Umhüllung aus Isolierstoff haben. Derartige

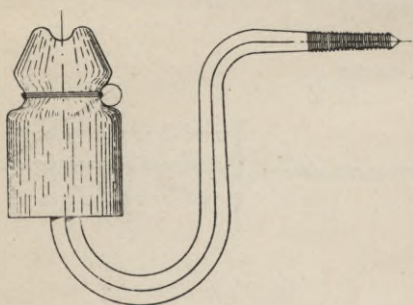


Fig. 42. Isolator.

Leitungen nennt man isolierte Leitungen. Man kann sonach die elektrischen Leitungen in zwei Hauptabteilungen teilen, nämlich in blanke Leitungen und isolierte Leitungen.

#### Blanke Leitungen.

Für windelektrische Anlagen werden blanke Leitungen nur als Freileitungen angewendet.

**Freileitungen.** Zur Auswahl der passenden Querschnitte dient die Tabelle auf Seite 89 und die Tabelle auf Seite 90. Der geringste zulässige Querschnitt für Niederspannungs-Freileitungen ist 6 qmm. Die Stangen zur Aufnahme der Leitungen können entweder aus Holz, aus Eisen oder aus Beton sein. Für die windelektrischen Anlagen kommen hauptsächlich Holzmasten zur Verwendung. Es empfiehlt sich, imprägnierte Masten zu verwenden. Die Holzmasten sollen am Kopfende eine Stärke von zirka 15 cm haben und zirka 10 m lang sein. Sie werden 1,50—2 m in den Boden eingegraben und wo es erforderlich ist, verstrebt und verankert. Die Verstrebung ist besonders da anzuwenden, wo die Leitung eine Richtungsveränderung erleidet, also in Kurven und an Ecken. Die Leitungen müssen bei Niederspannung 5 m vom Boden entfernt sein, es ist dabei aber zu berücksichtigen, daß die Leitungen etwas durchhängen, und deshalb müssen die Isolatoren noch höher als 5 m am Mast angebracht sein. Wenn die Leitung einen Weg kreuzt, muß sie mindestens 6 m über dem Erdboden hängen. Die Masten stellt man am besten in Entfernungen von zirka 30—40 m voneinander auf, in Kurven werden sie etwas enger gestellt. Die Leitungen sollen so verlegt sein, daß eine mutwillige, eine zufällige oder durch

Unachtsamkeit geschehende Verbindung oder Berührung zwischen zwei Leitungen ausgeschlossen ist. Daher ist erforderlich, daß die beiden Leitungen genügenden Abstand voneinander haben und daß sie sorgfältig an den Isolatoren befestigt sind. Die Entfernung des einen Drahtes vom anderen soll mindestens 40 cm betragen, wenn sie übereinander geführt sind, und mindestens zirka 30 cm, wenn die Leitungen horizontal nebeneinander liegen. Wenn die blanken Leitungen an Gebäuden hingeführt werden, so kann man sie auch auf eisernen Auslegern oder auf Dachstützen anbringen; zu beachten ist aber, daß die Freileitungen so zu verlegen sind, daß sie von den Fenstern aus mit der Hand nicht erreicht werden können, der Abstand muß also mindestens 1,5 m betragen. Die Leitungen werden an den an den Masten angebrachten Porzellanisolatoren festgebunden, die Porzellanlocken werden auf Eisenstützen aufgeschraubt, wobei man Hanf und Mennige um das Gewinde streicht. Die Isolatoren müssen nach den Vorschriften gewählt, d. h. es muß die Betriebsspannung beachtet und dementsprechend eine geeignete Form der Isolatoren ausgewählt werden. Die Leitungen werden auf den Isolatoren mittels 3 mm starkem, verzinktem Kupferbindedraht festgebunden. Bei Kurven ist zu beachten, daß der Leitungsdraht auf den Isolator drückt, also sein seitlicher Zug nicht vom Bindedraht auszuhalten ist.

**Leitungsverlegung.** Der Leitungskupferdraht wird in Rollen angeliefert. Der Draht muß durch Vorwärtsdrehen der Drahtringe von außen abgewickelt werden. Niemals soll man die Ringe von der Seite abnehmen, weil sich der Draht hierbei verwickelt und sich Schlingen bilden. Der Draht soll nicht über rauhen, steinigen Boden hinweggeschleift werden.

**Leitungsverbindung.** Eine Rolle Leitungsdraht wird nicht immer ausreichen für eine ununterbrochen durchgeführte Leitung, es wird viel-

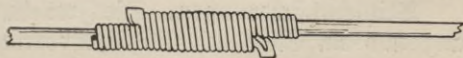


Fig. 43. Leitungsverbindung.

mehr vorkommen, daß man auch zwei Leitungsenden miteinander verbinden muß. Eine solche Leitungsverbindung soll sehr sorgfältig ausgeführt werden. Die Drahtenden werden rechtwinklig umgebogen und das umgebogene

Stück wird bis auf eine Nocke von 2 mm Höhe abgefeilt. Die beiden Drahtenden legt man dann auf eine Länge von etwa 7—10 cm nebeneinander und umwickelt sie mit 2 mm starkem Bindedraht, und zwar wickelt man auf jeder Seite noch ein Ende über die Verbindungsstelle hinaus, so daß auf jeder Seite noch etwa acht Windungen des Bindedrahtes auf dem einfachen Leitungsdraht aufliegen. Die in dieser Weise hergestellte Verbindungsstelle wird mit Lötwasser bestrichen und in flüssiges Lötzinn eingetaucht. Durch diese Verlötung wird eine metallisch reine Oberfläche hergestellt. Die Leitungen sollen so gleichmäßig wie möglich verlegt werden. Der Draht muß einen Durchhang haben mit Rücksicht auf die bei Temperaturschwankungen eintretenden Längenveränderungen.

**Leitungsabzweigungen.** Diese werden in ähnlicher Weise hergestellt wie die Leitungsverbindungen. Man windet den Abzweigdraht etwa zehnmal um den Hauptdraht und verlötet die Stelle in der bereits angegebenen Weise.

**Einführung von Freileitungen in Gebäude.** Bei Niederspannungsanlagen, wie sie für die windelektrischen Ein-

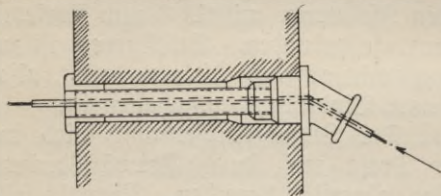


Fig. 44. Leitungseinführung.

richtungen in Betracht kommen, werden die Abzweigungen gewöhnlich mittels isolierten Drahtes vorgenommen. Die isolierten Drähte werden durch die Mauer hindurchgeführt, indem man durch die Mauer

Hartgummirohr legt und den Draht hindurchzieht. An der Außenseite erhält das Hartgummirohr zum Schutz gegen Feuchtigkeit einen pfeifenartigen Ansatz und im Innern des Gebäudes eine Porzellantülle (siehe Figur 44).

**Blitzschutzsicherungen.** Die Freileitungen müssen am Anfang und am Ende mit Blitzschutzvorrichtungen versehen sein. Eine zweckmäßige derartige Einrichtung ist auf Seite 97 dargestellt. Da die Blitzableiter einpolig sind, muß jede Leitung durch einen solchen geschützt werden. Es ist zweckmäßig, die Erdplatten in das Grundwasser zu versenken, um eine gute Ableitung zu ermöglichen. Wenn das Grundwasser nicht zu

erreichen ist, soll man um die Erdplatte eine Kofschicht stampfen. Zwischen Erdplatte und Blitzableiter wird eine Leitung aus Kupferdraht von nicht unter 25 qmm Querschnitt gelegt. Bei der Verlegung der Blitzableiterleitungen sollen scharfe Ecken und Spitzen vermieden werden.

**Hartgummirohre.** Für die Einführung von Leitungen in Gebäude, also zur Durchführung durch Mauern, verwendet man Hartgummirohr ohne Muffen, welches in Fabrikationslängen von 1 m bezogen wird. Bei Leitungskreuzungen schiebt man gleichfalls über die Leitungen Hartgummirohr.

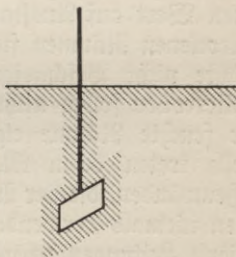
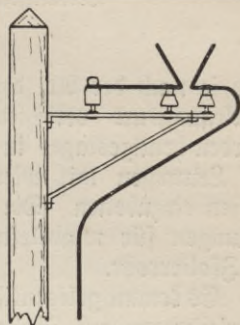


Fig. 45. Blitzschutz.

| Draht-<br>quer-<br>schnitt<br>in<br>qmm | Äußerer<br>Durch-<br>messer<br>des<br>Rohres | Anzahl der<br>Gummiaderdrähte |          |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|----------|
|                                         |                                              | 1                             | 2        |
|                                         |                                              | lichte Rohrweite in mm        |          |
| 1,5                                     | 12/20                                        | 9                             | 16       |
| 2,5                                     | 12/20                                        | 9                             | 16       |
| 4                                       | 14/14                                        | 11                            | 2 à 11   |
| 6                                       | 17,5/17,5                                    | 13,5                          | 2 à 13,5 |

**Isolierte Leitungen.** Zu diesen gehören:

- Gummibandleitungen (GB),
- Gummiaderleitungen (GA),
- Litzenförmige Gummiaderleitungen (GAS),
- Gummiader-Zweifachleitungen (ZGA),
- Fassungader,
- Gummiaderschnüre usw.

Gummibandleitungen verwendet man für die hier besprochenen Anlagen nicht, sondern Gummiaderleitungen.

**Innenleitungen** werden bis zu 16 qmm Querschnitt aus massivem Kupfer ausgeführt. Stärkere Drähte sind zu steif, und ihre Verlegung ist daher schwierig. Man verwendet an ihrer Stelle Leitungen mit aus mehreren Drähten bestehenden

Kupferlitzen wegen ihrer größeren Biegsamkeit. Litzen sind etwas teurer als massive Drähte von gleichem Querschnitt. Bei Innenleitungen unterscheidet man zwischen:

Leitungen in trockenen Räumen,

„ „ feuchten „

„ „ nassen „

und je nach der Art der Räume muß die Isolierung und die Verlegungsart verschieden sein. Fast alle Innenleitungen werden heutzutage in Isolierrohren verlegt. Verboten ist es, die Leitungen mit Metallkrampen anzuhängen oder in Holzleisten einzubetten. Die übliche Art der Verlegung von Innenleitungen für windelektrische Anlagen ist: Gummiaderleitung in Isolierrohr.

Es kommt gelegentlich auch „offene Verlegung“ von Gummiaderleitungen auf Isolierrollen vor, und zwar dort, wo man keinen Wert auf Ausstattung legt. Diese offene Verlegung ist in trockenen Räumen statthaft und empfiehlt sich da, wo die Drähte nicht Beschädigungen ausgesetzt sind. Die einzelnen Isolierrollen sollen nicht über 80 cm voneinander entfernt sein. Für feuchte Räume eignen sich Isolierrollen nicht; an ihre Stelle treten dann Mantelrollen resp. Kellerisolatoren. An Außenwänden, die der Witterung ausgesetzt sind, dürfen Isolierrollen niemals verwendet werden, auch nicht, wenn man gute isolierte Leitungen verwendet, sondern nur die auf Seite 94 abgebildeten Isolierglocken (Isolatoren).

**Rohrverlegung.** Die Firma Bergmann Elektrizitäts-A.-G. in Berlin hat dieses Installationsystem in Deutschland zuerst eingeführt, nachdem man es zuvor schon in Nordamerika angewendet hatte. Der Zweck dieser Installationsart ist, die Leitungen möglichst unauffällig zu machen und sie gegen mechanische Verletzungen zu schützen. Die Isolierrohre bestehen aus imprägnierter Papiermasse. Die Röhren werden in folgenden Lichtweiten hergestellt: 7, 9, 11, 13,5, 16, 21, 23, 29, 36 mm.

Die Lichtweite der Röhren soll so gewählt werden, daß das Einziehen oder Herausnehmen der Drähte nach erfolgter Verlegung der Röhren leicht möglich ist. Für kleinere Drahtquerschnitte genügen die Rohrdurchmesser laut nachstehender Tabelle:



| Draht-<br>querschnitt<br>in qmm | Anzahl der Gummiaderdrähte bei |          |                               |                         |
|---------------------------------|--------------------------------|----------|-------------------------------|-------------------------|
|                                 | Verlegung auf Fuß              |          | Verlegung unter Fuß           |                         |
|                                 | Einfach<br>lichte Weite in mm  | Zweifach | Einfach<br>lichte Weite in mm | Zweifach                |
| 1                               | 11                             | 11       | 11                            | 11                      |
| 1,5                             | 11                             | 13,5     | 11                            | 13,5                    |
| 2,5                             | 11                             | 13,5     | 11                            | 16                      |
| 4                               | 11                             | 16       | 11                            | 2 à 11 oder<br>1 à 16   |
| 6                               | 11                             | 21       | 13,5                          | 2 à 13,5 oder<br>1 à 21 |

Das Einziehen der Drähte in die Isolierrohre geschieht nach erfolgter Verlegung der Röhren — mittels Stahlband, welches an dem einen Ende eine Kugel, am anderen eine Öse besitzt. An der Öse wird der Leitungsdraht nach erfolgtem Einschleiben des Stahlbandes befestigt. Die Verbandsvorschriften bestimmen für die Verlegung von Isolierrohr folgendes:

Isolierrohr muß einen Metallüberzug haben;

in ein und dasselbe Rohr dürfen nur Leitungen verlegt werden, die zum gleichen Stromkreis gehören;

die Rohre sind so zu verlegen, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann;

die Rohre sollen mit Tüllen versehen sein, so daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile oder scharfe Kanten nicht verletzt werden kann;

Drahtverbindungen innerhalb der Rohre sind unzulässig.

### Verschiedene Arten von Isolierrohr:

Isolierrohr mit Messingmantel eignet sich wegen seines eleganten Aussehens besonders für Wohnräume, Bureaus usw. Es eignet sich sowohl zur Verlegung über als auch zur Verlegung unter Fuß.

Isolierrohr mit verbleitem Eisenmantel ist billiger und fester und deshalb für Verlegung unter Fuß vorzuziehen. Zur Verlegung auf Fuß ist es geeignet für alle Räume.

Isolierrohr mit farbiglackiertem Eisenmantel verbindet die Festigkeit des verbleiten Eisenrohres mit dem gutem Aussehen des Messingrohres.

Stahlpanzerrohr wird überall dort verwendet, wo große mechanische Festigkeit und vollkommen wasserdichter Abschluß verlangt werden, also z. B. bei Verlegung auf oder im Fußboden, im Freien usw.

Peschelrohre (von den Siemens-Schuckert-Werken) sind geschlitzte Stahlrohre ohne Isolierauskleidung mit eingebrauntem Lacküberzug. Die Peschelrohre können zur Verlegung von Gummiaderleitungen auf und unter Fuß in allen vorkommenden Räumen benutzt werden.

In lange Leitungsstrecken sollen Durchgangsdosen eingebaut werden oder aufklappbare Muffen, wodurch die Drähte zugänglich gemacht werden. Damit an Krümmungen das Auswechseln von Drähten nicht erschwert wird, empfiehlt es sich, aufklappbare Winkel- und T-Stücke zu verwenden. Außer Winkel- und T-Stücken kommen noch folgende Fassonstücke zur Anwendung: Ellbogen, Übergangsbogen, Kröpfungsbogen, gerade und gebogene Tüllen, halbkreisförmige Einführungstüllen, Muffen, aufklappbare Muffen.

Zur Befestigung der Röhren an den Wänden verwendet man Rohrschellen und Dübel.

Von den Stromzuführungsleitungen sind Abzweige nach den Stromverbrauchern herzustellen. Dies erfolgt durch Abzweigdosen oder Abzweigklemmen. Letztere bieten sehr gute Isolation der Pole gegeneinander. Man sollte sie für alle Haupt- und Steigeleitungen anwenden. In die Isolierröhren werden Gummiaderleitungen eingezogen. Hin- und Rückleitung können in ein und dasselbe Rohr verlegt werden. Haupt- und Steigeleitungen sollen dagegen für die Hin- und die Rückleitung je ein getrenntes Rohr erhalten. Wenn in ein Rohr die Hin- und die Rückleitung eingezogen wird, so darf das Rohr nicht weniger als 11 mm lichte Weite haben.

**Gummiaderleitungen** bestehen aus verzinnem Kupferdraht, der mit Baumwolle besponnen ist, darüber liegt eine Gummihülle, umwickelt mit gummiertem Band, und über diesem eine Baumwollumflöppelung. Die Isolierhülle wird mit Imprägniermasse getränkt. Bis zu 16 qmm Querschnitt ist diese Leitung eindrätig, von 25 qmm an aufwärts sind die Leitungen mehrdrätig. Massiver Draht von 16 qmm ist allerdings auch schon recht steif, deshalb wird auch schon 10 qmm Draht

mehrdrähtig (7 Drähte) geliefert. Diese Drähte sind bei fester Verlegung für alle Zwecke und in Röhren über und unter Fuß zulässig.

**Gummiader-Zweifachleitungen** bestehen aus zwei Leitungen, welche eine gemeinsame ovale Baumwollumklöppelung erhalten. Verwendung wie bei Gummiaderleitungen. Diese Zweifachleitungen sind zu empfehlen bei Rohrinstallationen, da die äußere Stärke etwas geringer ist als diejenige von zwei Gummiaderleitungen und infolge der Biegsamkeit das Einziehen in die Rohre gut vonstatten geht.

**Installation in trockenen Räumen.** Unter trockenen Räumen sind zu verstehen: Wohnräume, Geschäftsräume, Restaurationsräume usw.

Verlegungsart: Gummiaderdraht in Isolierrohr mit Messingmantel oder in Isolierrohr mit verbleitem Eisenmantel.

**Installation in feuchten Räumen.** Als feuchte Räume sind anzusehen: Küche, Scheune, freie Hausgänge, Einfahrten, Speicher, Aborte.

Verlegungsart: Gummiaderdraht in vorher mit Emaillelack gestrichenen, verbleiten Eisenröhren oder offen auf Mantelrollen verlegt.

**Installation in nassen Räumen.** Als nasse Räume sind anzusehen: Ställe, Futtergangräume über den Ställen, Keller, Waschküche, Torbögen ohne genügende Überdachung.

Verlegungsart: Gummiaderdraht auf Mantelrollen oder Isolatoren mit Stützen oder Gummiaderleitung in Stahlpanzerrohr. In sehr hohen Räumen auch blanker Draht auf Isolatoren. Schalter wasserdicht. Porzellaneinführungen.

**Installation in Viehställen.** Die Drähte und Schalter werden von dem Stalldunst leicht zerstört, deshalb ist auf die Installation in Ställen größte Sorgfalt zu legen. Die beste Lösung ist die, die Leitungen und Schalter außerhalb der Stallräume anzubringen. Die Drähte können zum Beispiel teilweise an der Außenwand im Hofe verlegt werden, teilweise kann man sie durch Böden oder Dachräume führen. Wenn man den Schalter draußen im Hof an der Tür anbringt, so bleiben im Stalle nur noch die Lampen und das kurze Stück Draht, welches durch die Decke zu den Decken-Beleuchtungskörpern führt, übrig. Für den Fall, daß sich die eben geschilderte Art der Ausführung von Stallbeleuchtungen nicht

durchführen läßt, so wählt man folgende Verlegungsart: In hohen Stallräumen verzinnten Kupferdraht auf Isolatoren oder in niedrigen Räumen Gummiaderleitung in Stahlpanzerrohr.

**Installation in feinen Zimmern (Salons).** — Verlegungsart: Entweder verbleites Eisenrohr unter Putz oder Rohrdraht (Mantelleitung: System Kuhlo) über Putz. Die Rohrdrähte sind Einfach- oder Mehrfach-Gummiaderleitungen, welche von einem gefalzten, eng anschließenden Blechmantel umgeben sind. Die Leitungen sind nur für Installationen in trockenen Räumen zulässig und dürfen nicht unter Putz verwendet werden. Die Bildung von Kondenswasser ist unmöglich gemacht, da zwischen Mantel und Draht kein Zwischenraum vorhanden ist. Die Rohrdrähte werden auf der Wand mit Schellen befestigt. Eine sehr gute Eigenschaft der Rohrdrähte ist, daß der Durchmesser ein sehr geringer und daher die Leitungen nicht sehr ins Auge fallen, zudem ist es möglich, sie in der Farbe der Tapeten anzustreichen. Die Verlegung der Rohrdrähte ist sehr einfach; man legt sie entweder direkt auf die Wand oder in kleine Mauernuten. Unter Putz dürfen die Rohrdrähte nicht liegen, wohl aber ist es gestattet, sie mit Tapete zu überkleben. Die Verlegung ist auch deshalb sehr einfach, weil die Leitungen mit der Hand gebogen werden können und Bögen, Winkelstücke usw. fortfallen. Für windelektrische Anlagen verwendet man am besten Zweifachleitungen, so daß die Hin- und die Rückleitung in ein und derselben Hülle eingeschlossen sind. Für Umschalterleitungen gibt es auch Dreifachrohrdrähte.

**Zubehör zu den Leitungen.** Wenn Leitungen an Maschinen, Apparaten oder Schaltern befestigt werden sollen, so biegt man das Drahtende zu einer Dse um und schließt es mittels einer Klemmschraube an. Diese Art des Leitungsanschlusses ist für Leitungen bis zu 25 qmm, bei seilförmigen Leitungen dagegen nur bis 6 qmm Querschnitt zulässig; bei stärkeren Leitungen werden die Anschlüsse mittels Kabelschuhe bewerkstelligt. — Sicherungen: Wir haben bereits unter dem Kapitel „Kurzschluß“ Näheres über den Zweck von Sicherungen erfahren. Die Sicherungen sollen bei Überlastungen durch zu große Stromstärken die Leitungen stromlos machen. Zu diesem

Zwecke befindet sich in der Sicherung ein Stück leicht schmelzbaren Metalls. Die Sicherungen müssen so gebaut sein, daß die zu schützenden Leitungen sich nicht in gefährlicher Weise erwärmen können. Die Auswechselbarkeit der Sicherungen ist eine bequeme und das Auswechseln nur mit einer geringfügigen Ausgabe verbunden. Man unterscheidet zwischen Stöpselsicherungen und Streifensicherungen. Stöpselsicherungen werden für Stromstärken bis zu 60 Ampere verwendet; sie lassen sich unter Spannung auswechseln. Für Stromstärken über 60 Ampere werden dagegen Streifensicherungen oder Schmelzpatronen angewendet, letztere lassen sich unter Spannung auswechseln, da sie nach außen vollkommen abgeschlossen sind. Sicherungen sollen überall da angebracht werden, wo eine Leitungs-Querschnittveränderung eintritt. Wenn zum Beispiel von einer Leitung von 25 qmm eine andere Leitung von 10 qmm abzweigt wird, so muß an der Abzweigstelle eine Sicherung angebracht werden. Mitunter ist es nicht möglich, die abgezweigte Leitung unmittelbar an der Abzweigstelle zu sichern; in einem solchen Falle verlegt man die Abzweigleitung bis zu der Stelle, wo die Sicherung angebracht werden kann: im Querschnitte der Hauptleitung. Die Sicherungen einer Hausleitung sollen möglichst alle an einer Stelle angebracht, also zentralisiert werden, damit man sie alle in handlicher Höhe bequem beieinander hat. Es würde eine höchst verfehlte Disposition sein, wenn man zum Beispiel Sicherungen oben an der Decke anbringen wollte. Die Sicherung ist ein selbsttätiger Ausschalter von höchst einfacher Art; wenn nämlich die Stromstärke über einen gewissen Höchstwert hinaussteigt, so erwärmt sich das Schmelzstück der Sicherung schneller als die Kupferleitung und schmilzt durch, bevor die Stromstärke noch eine Höhe erreicht hat, die der Kupferleitung gefährlich werden würde. Die Verbandsvorschriften bestimmen die Größe der Schmelzsicherungen (vgl. S. 90). Die Sicherungen müssen so gebaut sein, daß es unmöglich ist, in eine Sicherung einen Schmelzstöpsel für größere Stromstärke einzusetzen, als wie die Stromstärke beträgt, für welche die Sicherung gebaut ist. Dieser Forderung entsprechen die Normalsicherungen. Wie eben erwähnt wurde, sollen die Sicherungen zentralisiert werden. man benützt hierfür sogenannte Verteilungstafeln, be-

stehend aus einer Schiefer- oder Marmorplatte, auf welche die Sicherungen montiert werden.

Zu dem Zubehör eines elektrischen Leitungsnetzes gehören auch die **Ausschalter**. Sie haben den Zweck, das Leitungsnetz oder einzelne Teile von diesem ganz nach Belieben an die Stromquelle anzuschließen oder abzuschalten. Mittels solcher Schalter kann man sowohl einzelne Lampen wie auch ganze Lampengruppen an- und abschalten. Die Schalter haben deshalb denselben Zweck, den bei Gas- und Wasseranlagen die Absperrhähne haben. Zu Anfang des ganzen Leitungsnetzes bringt man am besten an oder in der Nähe der Verteilungstafel einen Hauptauschalter an. Solche Hauptauschalter, die für größere Stromstärken berechnet sind, werden nicht, wie die kleinen Lampenausschalter, als Drehschalter ausgeführt, sondern als Hebelschalter. Nach den Verbandsvorschriften soll an den Ausschaltern beim Öffnen kein Lichtbogen entstehen; dies erreicht man dadurch, daß man die Schalter mit „Momentenschaltung“ versieht. Die Momentenschaltung ist bei den Hebelschaltern derartig ausgeführt, daß das bewegliche Kontaktstück (das Kontaktmesser) mit dem Handgriffe nicht fest verbunden ist, sondern beim Öffnen der Hebel ein Stück vorgezogen wird und erst dann mittels einer angebrachten Feder das Kontaktmesser zwischen den Kontaktflächen herauschnellt. Für diese Hauptauschalter verwendet man fast nur zweipolige Schalter, d. h. solche, welche zugleich beide Leitungen, die Hin- und die Rückleitung, unterbrechen. An Stelle der für größere Stromstärken berechneten Hebelauschalter verwendet man für kleine Energiemengen die sogenannten Installationschalter. In der Regel werden sie als Drehschalter ausgeführt. Sie bilden in der Elektrizitätsbranche einen Massenartikel. Auch diese kleinen Installationschalter müssen Momentenschalter sein. Man hat sich beim Einkauf der Schalter hierum keine Sorge zu machen, denn alle Fabrikate der bekannten großen Firmen entsprechen diesen Vorschriften. Die eben erwähnten kleinen Hand- oder Drehschalter müssen so gebaut sein, daß die stromführenden Teile durch eine Kappe abgedeckt sind. Die Kappe soll aus Isoliermaterial bestehen. Die Montage dieser Schalter ist einfach, die Drähte werden in die an den Schaltfedern befindlichen Metallbüchsen gesteckt und festgeschraubt. Es ist größte

Sorgfalt darauf zu legen, daß dieses Festschrauben sicher erfolgt und es keinen lockeren Kontakt gibt. Die Zahl der in eine Beleuchtungsanlage einzubauenden Schalter hängt hauptsächlich von der Anzahl der zu beleuchtenden Räume ab. Man wird zum Beispiel in jedem Zimmer mindestens einen Schalter an der Tür haben, um die in dem Zimmer befindlichen Lampen ein- und ausschalten zu können. Vielfach genügt ein einzelner Schalter aber nicht, denn in großen Zimmern will man die Möglichkeit haben, an verschiedenen Stellen dieses Ein- und Ausschalten vornehmen zu können. An Kronleuchtern sind gewöhnlich eine größere Anzahl Glühlampen angebracht, die aber nicht immer zusammen zu brennen brauchen. Man bringt deshalb sogenannte Umschalter an, die ermöglichen, daß entweder einzelne oder alle Lampen zusammen brennen. In Schlafzimmern wird gewöhnlich die Einrichtung so getroffen, daß man mittels eines Schalters an der Tür die Lampe einschaltet und mittels eines in der Nähe des Bettes angebrachten Schalters ausschaltet. Es ist nicht möglich, hier auf alle diese verschiedenen Schalterarten ausführlich einzugehen, es sei nur noch der sogenannte Steckkontakt erwähnt. Der Steckkontakt befindet sich an einem Stück biegsamer Leitungsschnur, an deren anderem Ende eine transportable Lampe angeschlossen ist. Man kann nun an beliebigen Stellen Anschlußdosen anbringen und den Steckkontakt einfach in diese Anschlußdose hineinstecken, wodurch die Möglichkeit geboten ist, eine transportable Lampe an verschiedenen Stellen zu benutzen. Zum Beispiel kann man auf diese Weise eine einzige Lampe sowohl am Schreibtisch benutzen als sie auch auf den Nachttisch stellen.

**Die elektrischen Lampen.** Für die windelektrischen Anlagen werden nur stromsparende Metalldrahtlampen verwendet, da sie folgende Vorteile gegenüber den Bogenlampen bieten: billigere Anschaffung, keine Bedienung, angenehmeres Licht. Als die Metalldrahtlampe noch nicht erfunden war, benutzte man Kohlefadenlampen. Der Stromverbrauch der Kohlefadenlampen war 3 Watt pro Kerze Lichtstärke, während die Metalldrahtlampe nur 1 Watt pro Kerze verbraucht. Metalldrahtlampen für große Kerzenstärken (von 100—3000 Kerzenstärken) werden heute bereits mit einem Stromverbrauch von  $\frac{1}{2}$  Watt pro Kerze gebaut. Es ist für die windelektrischen Anlagen von

großer Bedeutung, daß durch die Verbesserung der Glühlampen ihr Stromverbrauch so außerordentlich heruntergedrückt ist, denn hierdurch ist es möglich, jetzt wesentlich kleinere Akkumulatoren zu verwenden als früher bei Verwendung der Kohlefadenslampen. Die Glühlampe besteht aus einer luftleeren Glasbirne, in welcher ein schwer schmelzbarer Metallfaden befestigt ist. Durch diesen Metallfaden wird der elektrische Strom hindurchgeführt, und durch den Widerstand, den der Faden dem Strome entgegensetzt, kommt der Faden in Weißglut. Der Faden kann im luftleeren Raume nicht verbrennen, da für die Verbrennung Sauerstoff erforderlich wäre, der im luftleeren Raume aber nicht vorhanden ist. Die Metalldrahtlampen werden für folgende Lichtstärken gebaut: 10, 16, 25, 32, 50, 100, 200, 400, 600, 1000, 1500, 2000, 3000 Kerzen, und zwar für Gebrauchsspannungen von 65, 110, 220 Volt. Es empfiehlt sich, Lampen zu nehmen, auf deren Fuß eine um etwa 5 Volt höhere Spannung angegeben ist. Für kleinere Lichtstärken (bis zu 50 Kerzen) kann man auch Lampen für geringere Spannungen erhalten.

**Lampenfuß und Lampenfassung** dienen zum Anschluß des Glühfadens an das Leitungsnetz. An den beiden Enden des Glühdrahtes sind Platindrähte angelötet, welche durch die Glaswand hindurchgeführt werden; das eine Platinende wird an dem am Boden der Lampe eingegipften Metallstift und das andere an dem am Fuß der Lampe befestigten Gewinde angelegt. Dieser mit Metallgewinde versehene Lampenfuß braucht nun einfach nur in eine Lampenfassung, welche gleichfalls wieder ein Metallgewinde und ein Metallkontaktstück enthält, eingeschraubt zu werden, und die Lampe ist betriebsfertig. Wenn die Leitung unter Spannung steht, d. h. mittels des Schalters eingeschaltet ist, so wird die Lampe, wenn man sie in den Lampenfuß eindreht, sofort brennen. Man soll aber auf diese Weise, also durch das Hinein- und Herausdrehen der Lampe selbst, für gewöhnlich nicht das Ein- und Ausschalten vornehmen, sondern dies soll immer mit dem Schalter geschehen.

**Beleuchtungskörper.** Die Glühlampe und ihre Fassung kann man nicht einfach an die Leitung hängen, es sind vielmehr Lampenträger erforderlich, die je nach dem Raume, in welchem sie aufgehängt werden, ganz verschiedenartig gestaltet



sind. Es gibt für untergeordnete Räume billige, einfache Beleuchtungskörper und in tausenden verschiedenen Formen und Ausführungen Beleuchtungskörper bis zu den prächtigsten Stücken gewerblicher Kunst. Auch je nach dem, ob die Beleuchtungskörper in trockenen, in feuchten oder in nassen Räumen aufgehängt werden, muß ihre Ausführung verschieden sein, und man muß sich hierbei genau nach den Verbandsvorschriften richten. Man unterscheidet: Wandarme, Tischlampen, Deckenbeleuchtung, Pendel, Zugpendel, Kronen usw.

#### Die für ländliche Zwecke übliche Installationsausführung.

**Wohnzimmer:** Über dem Familientisch eine Zuglampe, die durch einen einfachen Ausschalter an der Tür ein- und ausgeschaltet werden kann. Wenn ein Schreibtisch im Zimmer steht, so wird neben diesem in der Wand ein Steckkontakt für eine transportable Tischlampe vorgesehen. Die Leitung aus Gummiaderdraht wird in Isolierrohr mit Messingmantel verlegt.

**Gute Stube.** Je nach Größe des Raumes wird ein Kronleuchter mit einer entsprechenden Anzahl Glühlampen vorgesehen. An der Tür wird ein Schalter zum Einschalten sämtlicher oder nur eines Teiles der Lampen angebracht. Ein solcher Schalter heißt Gruppenschalter. Wenn im Zimmer ein Klavier steht, so wird in der Nähe des Klaviers ein Steckkontakt vorgesehen zum Anschluß einer transportablen Lampe. Die Leitungen, bestehend aus Gummiaderdraht, werden in Isolierrohr mit Messingmantel verlegt. Handelt es sich um sehr feine Räume, sogenannte Salons, so installiert man die Leitung mit Rohrdraht.

**Küche.** In hohen Räumen Pendel, in niedrigen Räumen Deckenbeleuchtung mit einfachem Schalter an der Tür. Die Leitung aus Gummiaderdraht wird in vorher mit Emaillelack gestrichenen, verbleiten Eisenröhren verlegt.

**Schlafzimmer.** Deckenbeleuchtung, mit Ausschalter an der Tür und Ausschalter an der Wand in der Nähe des Bettes, eventuell Steckkontakt zum Anschluß einer transportablen Nachttischlampe. Die Leitung aus Gummiaderdraht wird in Isolierrohr mit Messing- oder verbleitem Eisenmantel verlegt.

**Kammern.** In hohen Räumen werden einfache Pendel verwendet, in niedrigen Räumen einfache Deckenbeleuchtungen

mit Ausschaltern an der Tür. Leitungen aus Gummiaderdraht in Isolierrohr mit Messing- oder verbleitem Eisenmantel.

Treppenbeleuchtung. Wandarme oder Deckenbeleuchtung. Lampen eventuell in Laternenform. Wechselschalter, so daß die Lampen von jeder Etage aus ein- und ausgeschaltet werden können. Leitung, bestehend aus Gummiaderdraht, verlegt in Isolierrohr mit Messing- oder verbleitem Eisenmantel.

Waschküche, Keller und andere feuchte Räume. Als Beleuchtungskörper können verwendet werden: Deckenbeleuchtung, Wandarme oder Pendel. Die Armaturen müssen wasserdicht sein, das ist eine besondere Ausführungsart mit einem um die Glühlampe herum angebrachten Schutzglas. Dieses Schutzglas versieht man mit einem kleinen Loch, so daß Kondenswasser abtropfen kann. Die Leitung aus Gummiaderdraht wird in niedrigen Räumen auf Mantelrollen (Kellerisolatoren) offen verlegt oder in Stahlpanzerrohr, in hohen Räumen kann blanker Draht auf Isolatoren mit eiserner Stütze verlegt werden.

Heuböden, Getreidekammern, Scheunen usw. Die Lampen können an einfachen Deckenbeleuchtungskörpern, an Wandarmen oder Pendeln befestigt werden. Die Armaturen müssen einen staubdichten Abschluß bekommen und mit Schutzgläsern versehen sein. Der Ausschalter wird an der Tür angebracht. Die Leitungen, bestehend aus Gummiaderdraht, werden in Isolierrohren mit verbleitem Eisenmantel verlegt.

Biehställe. Für Installationen in Viehställen gilt das auf Seite 101 Gesagte. Die Lampen werden gewöhnlich an einfachen Deckenbeleuchtungskörpern mit wasserdichtler Armatur angebracht; wenn der Ausschalter im Stall installiert wird, muß er wasserdicht sein.

Hof- und andere Außenbeleuchtung. Für Hofbeleuchtung eignen sich zur Aufnahme der Lampen am besten an Gebäudeecken angebrachte Wandarme mit Reflektorschirmen, welche das Licht weit verteilen. Die Armatur muß wasserdicht sein, und um die Lampe muß ein Schutzglas angebracht werden. Auf dem Warenmarkte der elektrischen Industrie erhält man die passende Ausrüstung für Hofbeleuchtungen unter der Bezeichnung „Außenarmaturen“. Die Leitungen werden,

soweit sie außer Handbereich, d. h. in genügender Höhe liegen, auf Isolatorglocken mit eisernen Stützen als blanke Freileitungen gespannt. Über Dächer hinweg führt man die Leitungen mittels Dachständer, die aus Gasrohr gebildet werden. Falls von dieser über das Dach führenden Leitung ein Anschluß ins Gebäude gemacht werden soll, erhält der Dachständer einen sogenannten Stromeinführungskopf. Soweit die Hofleitungen niedrig oder an Fenstern vorüber, d. h. in Handbereich gelegt werden, sind sie als isolierte Freileitungen zu verlegen, gewöhnlich wird Normal-Gummiaderleitung verwendet, die auf Isolatoren verlegt wird. Soweit die Außenleitungen an Mauern hingeführt werden, z. B. zum Anschluß eines Schalters, werden sie in Stahlpanzerrohr verlegt. Die Schaltung führt man zweckmäßig als Wechselschaltung aus, so daß man an verschiedenen Stellen des Hofes oder auch von einem mit seinen Fenstern nach dem Hof hinaus gelegenen Zimmer aus die Lampen ein- und ausschalten kann. Bei Kreuzungen von Telephonleitungen empfiehlt es sich, über die Leitung ein Hartgummirohr zu schieben.

**Werkstätten.** Außer einer zur Allgemeinbeleuchtung dienenden Deckenbeleuchtung sind noch Lampen für die Arbeitstische erforderlich. Es empfehlen sich da transportable Handlampen, welche mit einem Stück Leitungsschnur und einem Steckkontakt angeschlossen werden. Soweit große Staubbildung in der Werkstatt herrscht, wie z. B. in Tischlereien, empfiehlt es sich, staubdichte Armaturen mit Schutzgläsern zu verwenden. Leitungen, bestehend aus Gummiaderdraht, werden in Isolierrohr mit verbleitem Eisenmantel verlegt.

**Lichtbedarf.** Es wurde bereits früher darauf hingewiesen, daß man die Sicherungen zentralisieren, d. h. auf sogenannten Verteilungstafeln anbringen soll. Es empfiehlt sich, an einen einzelnen Stromkreis nicht mehr als 12 Lampen anzuhängen; sind z. B. 40 Lampen an das ganze Lichtnetz angeschlossen, so sind von der Verteilungstafel drei bis vier Stromkreise für die Beleuchtungsanlage abzuzweigen. Zur flüchtigen Beurteilung der Stärke der Lichtquellen sei angegeben, daß eine normale Petroleum-Tischlampe durch eine 16 kerzige elektrische Glühlampe ersetzt wird. Die 16 kerzige elektrische Lampe ist die auf dem Lande in der größten Zahl verbreitete. Mit einer

16 kerzigen Glühlampe kann man in Wohnräumen einen Raum von 6—8 qm Bodenfläche gut beleuchten, zum Lesen und Schreiben zieht man entweder ein Zugpendel herunter oder setzt sich eine transportable Lampe auf den Tisch. Auf Treppen, Korridoren und Vorzimmern beleuchtet eine 16 kerzige Lampe einen Raum von 15—20 qm Bodenfläche. In sehr eleganten Salons rechnet man auf eine 16 kerzige Lampe etwa 5 qm Bodenfläche. Dementsprechend kann man die Anzahl der 16 kerzigen oder die Anzahl der stärkeren Glühlampen bestimmen. In Viehställen kann man eine 16 kerzige Glühlampe auf etwa 12—15 qm Bodenfläche rechnen, in Scheunen, Heuböden, Getreidespeichern usw. das gleiche.

**Wärmebildung des elektrischen Stromes.** Wir haben bereits früher erfahren, daß der in Widerständen vernichtete elektrische Strom sich in Wärme umsetzt. Diesen Vorgang haben wir bei der elektrischen Glühlampe in höchster Vollendung gesehen, indem ein Widerstand — der Metalldraht — durch den elektrischen Strom in Weißglut gebracht wird. Die Wärmebildung des elektrischen Stromes kann nun auch für den Betrieb von Heiz- und Kochapparaten benutzt werden. Es gibt da: elektrische Wasserkocher, Kessel und Kannen, Teekannen, Teekessel, Kaffeemaschinen, Küchenapparate, und zwar: Kaffeemöhlen, Eierpfannen, Grills, Speisewärmer, Milchkocher, Bratpfannen, Wärmeschränke, ferner Werkstatt- und Laboratoriumsapparate, weiter Fußwärmer, Leibwärmer, Bettwärmer, Sorghletkessel, Sterilisierapparate, Bügel- und Plätteisen, Brennscherenwärmer. Für die Zimmerbeheizung ist zu großer Energieaufwand erforderlich, und deshalb eignet sich die Elektrizität für diesen Zweck nur in ganz beschränktem Maße. In den Übergangszeiten, zum Beispiel wenn die Zentralheizung noch nicht oder nicht mehr im Betriebe ist und gelegentlich einmal ein kühler Tag kommt, kann man einen kleinen elektrischen Ofen in einem Zimmer aufstellen und ihn eine kurze Zeit in Betrieb lassen und so die Zimmertemperatur etwas erhöhen. Solche kleine elektrische Öfen werden aus einem Kupfer- oder Eisenblechgehäuse gebildet, in welchem 2—4 große Glühlampen brennen und ihre Wärme in den Raum ausstrahlen. Über den Betrieb der Heiz- und Kochapparate schreiben die Prometheuswerke:

„Alle Apparate dürfen nur bei derjenigen Spannung in Betrieb gesetzt werden, für welche sie bestimmt und angefertigt sind. Alle Apparate, welche dazu bestimmt sind, an andere Gegenstände Wärme abzuliefern, was in erster Linie der Zweck der Kochapparate ist, muß folgender Betriebsgrundsatz unbedingt eingehalten werden: Erst nach Füllung des Gefäßes Strom einschalten, aber vor Entleerung des Gefäßes den Strom ausschalten. Auch Bügeleisen, Brennscherenwärmer, Heizplatten und dergleichen dürfen nach dem Anwärmen, das einige Minuten erfordert, nicht längere Zeit ohne entsprechenden Gebrauch unter Strom stehen bleiben, da sie sonst durch Überhitzung Schaden nehmen können. Der Anschluß der Apparate erfordert keine andere Maßnahme als diejenige bei Beleuchtungskörpern; kleine Apparate können an jede Lichtleitung angeschlossen werden, das geschieht gewöhnlich durch eine Leitungsschnur und Steckkontakt.

Der Energieverbrauch beträgt:

|                                                |     |      |
|------------------------------------------------|-----|------|
| Wasserkocher, $\frac{1}{2}$ l Inhalt . . . . . | 385 | Watt |
| 1 l     "     . . . . .                        | 550 | "    |
| Teekessel,       1 l     "     . . . . .       | 440 | "    |
| Kochplatten, 200 mm Durchmesser . . . . .      | 800 | "    |
| Plättisen, 3,5 kg . . . . .                    | 440 | "    |
| Brennscherenwärmer . . . . .                   | 60  | "    |
| Fußwärmer . . . . .                            | 440 | "    |
| Haartrockner . . . . .                         | 550 | "    |

Bei der Berechnung des effektiven Stromverbrauches ist zu berücksichtigen: Es ist der Energieverbrauch in Watt oder Kilowatt nur dann pro Stunde zu rechnen, wenn ein Apparat stundenweise gebraucht wird. Wenn zum Beispiel eine Wärmeplatte 220 Watt verbraucht und nur 30 Minuten verwendet wird, so entspricht das ungefähr  $\frac{1}{10}$  Kilowattstunde. Zur Erwärmung von 1 l Wasser von 10 Grad auf 100 Grad sind theoretisch 90 Kalorien à 1,16 Wattstunde = 104 Wattstunden erforderlich. Da die direkt geheizten Kocher mit 90% Nutzeffekt arbeiten, erhöht sich diese Zahl auf praktisch 115 Wattstunden. Die Kochzeit ergibt sich nach obigem aus der in der Liste angegebenen Energieaufnahme eines Apparates.

Nimmt derselbe 5,5 Ampere bei 110 Volt = rund 600 Watt auf, so kocht 1 l Wasser in (1 Stunde = 60 Minuten)

$$60 \times \frac{115}{600} = 11,5 \text{ Minuten. Für schnelle überschlägige}$$

Rechnung bediene man sich der Faustregel: 1 l Wasser kocht mit 1 Ampere bei 110 Volt Spannung in einer Stunde; demnach: 1 l mit 5 Ampere in  $\frac{1}{5}$  Stunde.“

**Elektrische Kraftbetriebe.** Wenn man eine Dynamo durch eine Kraftmaschine in drehende Bewegung versetzt, so schiebt sie in einen geschlossenen Leiter hinein einen elektrischen Strom. Durch sie also wird mechanische Kraft in elektrische Energie umgewandelt. Wenn man hingegen aus einem äußeren Stromkreise in eine elektrische Maschine einen elektrischen Strom hineinleitet, so durchfließt er sowohl die Spulen des Ankers wie auch die Erregerwindungen der Magneten und magnetisiert beide in der Weise, daß durch die Anziehung entgegengesetzter Pole der Anker in drehende Bewegung kommt. Mittels einer Riemenscheibe und eines Treibriemens oder eines Zahnradvorgeleges kann man nun die drehende Bewegung der elektrischen Maschine auf andere Maschinen übertragen. Durch die Maschine wird also elektrische Energie in mechanische Kraft umgewandelt. In dieser Eigenschaft heißt die elektrische Maschine Elektromotor. Ebenso wie bei der Dynamomaschine ein Teil der auf sie übertragenen mechanischen Arbeitsleistung durch die Widerstände in Wärme umgesetzt wird und sonach einen Kraftverlust bildet, ebenso wird ein Teil der auf einen Elektromotor übertragenen elektrischen Energie in Wärme umgesetzt und geht verloren. Das Verhältnis zwischen hineingesandter und wieder zurückgewonnener Energie nennt man den Wirkungsgrad der Maschine. Im Durchschnitt gewinnt man 70—85 % der Kraft zurück. Es wird aber nicht der gesamte Energieverlust von der Anker- und Magnetwicklung verschluckt, sondern es wird davon ein Teil auch durch die äußeren Widerstände, wie zum Beispiel durch Lagerreibung verursacht. Ebenso wie bei den Dynamomaschinen unterscheidet man bei Elektromotoren verschiedene Arten der Magnetwicklung: Hauptstrom-, Neben- und Compoundwicklung.

Hauptstrommotoren kommen bei den hier beschriebenen windelektrischen Einrichtungen selten zur Anwendung; nur bei

einer später noch zu beschreibenden Spezialausführung eines elektrischen Pumpenantriebes ohne Akkumulator kommen sie in Frage. Auch die Compoundmotoren werden selten angewendet. Der am weitaus häufigsten angewendete Elektromotor ist der Nebenschlußmotor. Seinem inneren Aufbau nach ist er einer Nebenschluß-Dynamomaschine gleich. Seiner Wirkung nach ist er eine umgekehrte Nebenschluß-Dynamo. Je nach dem Raume, wo der Elektromotor zur Aufstellung kommt, unterscheidet man zwischen Motoren für trockene, feuchte und nasse Räume. Bei ersteren ist das Gehäuse an den Seiten offen, bei der zweiten Verwendungsart teilweise geschlossen, bei Motoren für nasse Räume dagegen vollständig geschlossen.

Bei einem Hauptstrommotor wird um die Magnetschenkel der gesamte dem Motor zugeführte elektrische Strom herumgeleitet. Der Elektromotor hat aus diesem Grunde eine hohe Anzugskraft, wechselt aber bei wechselnder Belastung in weiten Grenzen seine Umdrehungszahl. Beim Nebenschluß-Elektromotor wird vom Hauptstrom nur ein schwacher Teilstrom um die Magnetschenkel, aber in vielen Windungen eines dünnen Drahtes herumgeführt. Die Stromschwankungen übertragen sich deshalb auch nur so weit auf die Elektromagneten, als sie Spannungsschwankungen hervorrufen, und die Drehzahl wird bei wechselnder Belastung deshalb nur in geringem Maße beeinflusst.

Wenn man einen Motor in Betrieb setzt, darf man den elektrischen Strom nur gedämpft und abgestuft auf den Motor lassen, bis dieser sein magnetisches Feld erzeugt und sich auf die richtige Tourenzahl eingelaufen hat. Diese Maßnahme trifft man in einfacher Weise durch den Anlasser. Anlasser mit Widerständen sind deshalb fast immer für Elektromotoren erforderlich. Zur besseren Erläuterung sei hier ein Zahlenbeispiel angeführt. Der Widerstand der Ankerwicklung eines Elektromotors ist verhältnismäßig klein. Bei einem zehnpferdigen Elektromotor für 110 Volt Spannung beträgt er etwa 0,05 Ohm. 10 P. S. sind  $10 \times 736 = 7360$  Watt. Bei 110 Volt Spannung werden diese 7360 Watt mit einer Stromstärke von  $7360 : 110 = 67$  Ampere geleistet, respektive unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Maschine von rund 75 Ampere. Würde man nun plötzlich ohne einen Vorschaltwiderstand, also direkt, 110 Volt Spannung an den Anker des erwähnten Motors

anschalten, so ergibt sich nach dem Ohmschen Gesetz eine Stromstärke von  $110 \text{ Volt} : 0,05 \text{ Ohm} = 2200 \text{ Ampere}$  anstatt  $75 \text{ Ampere}$ , für welche der Motor gebaut wäre. Die große Stromstärke würde übermäßige Wärmebildung verursachen, und die Ankerspulen würden verbrennen. Hieraus ist zu erkennen, wie überaus wichtig es ist, einen Elektromotor mittels Anlaufwiderständen in Gang zu setzen. Die Art bzw. die Größe des Anlaffers ist danach verschieden, ob der Motor leer, mit halber oder mit voller Last anlauft. Wenn dem Lieferanten des Elektromotors die Art und die Betriebsweise der anzutreibenden Maschinen richtig angegeben werden, so wird er auch einen passenden Anlaffer liefern können.

Es bleibt noch zu erklären, weshalb der ruhende Motor, wenn er ohne Anlaufwiderstand in Gang gesetzt wird, eine so wesentlich höhere Stromstärke erhält als der in Betrieb befindliche, bei welchem die Anlaufwiderstände doch gleichfalls außer Wirksamkeit gesetzt sind. Wenn der Motoranker sich dreht, so wirkt er gleichzeitig wie der Anker einer Dynamomaschine; er erzeugt eine elektromotorische Kraft, welche aus der Maschine heraus in den äußeren Stromkreis strebt und somit auf die einströmenden elektrischen Massen einen Gegen- druck ausübt. Diese vom Motoranker induzierte, der in den Motor geleiteten Spannung entgegengerichtete elektromotorische Kraft, nennt man die elektromotorische Gegenkraft. Im stillstehenden Motor ist diese Gegenkraft selbstverständlich nicht vorhanden, und deshalb kann ein so übermäßig großer Strom auf den Motoranker stürzen, wenn man den Motor nicht durch vorgeschaltete Widerstände schützt. Unser früher erwähnter  $10 \text{ P. S.}$ -Motor nimmt  $10 \times 736 = 7360 \text{ Watt}$  auf, also bei  $110 \text{ Volt}$  Spannung  $7360 : 110 = 67 \text{ Ampere}$  Stromstärke. Bei einem Ankerwiderstand von  $0,05 \text{ Ohm}$  sind nach dem Ohmschen Gesetz zum Hindurchtreiben dieser  $67 \text{ Ampere}$   $67 \times 0,05 = 3,35 \text{ Volt}$  erforderlich. Von der Stromquelle werden aber  $110 \text{ Volt}$  Spannung zugeführt und an den Klemmen aufrechterhalten, mithin  $110 - 3,35 = 106,65 \text{ Volt}$  zu viel. Würde man dem Motor nur  $3,35 \text{ Volt}$  zuführen, so würde diese elektromotorische Kraft gerade ausreichen, um den Ankerwiderstand und die hierdurch bedingten Verluste zu decken; es würde aber noch kein Überschuß vorhanden sein, um (außer



den äußeren Widerständen, wie die Lagerreibung) das Drehmoment der anzutreibenden Maschine zu überwinden. Das Mehr an Spannung setzt der Motor in drehende Bewegung um, und es ist eine bekannte Tatsache, daß ein Motor um so schneller läuft, je höher die ihm zugeführte Spannung ist. Damit bei unserem 10 P.S.-Motor keine höhere Stromstärke als 67 Ampere auftritt, muß der Motoranker eine elektromotorische Gegenkraft von  $110 - 3,35 = 106,65$  Volt erzeugen. Wir haben bereits aus den früheren Abhandlungen erfahren, daß die Größe der induzierten elektromotorischen Kraft von der Stärke des magnetischen Feldes und diese von der Amperewindenzahl abhängt, ferner von der Anzahl der Kraftlinien, welche die Induktionspulen in der Zeiteinheit schneiden. Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß bei geringer Stromstärke und schwachem magnetischen Felde der Anker des Hauptstrommotors sich schneller drehen muß als bei größerer Stromstärke und entsprechend starkem magnetischen Felde, um die erforderliche elektromotorische Gegenkraft zu erzeugen. Wenn der Motor stark belastet ist und ihm deshalb eine große Stromstärke zufließt, so ist auch sein magnetisches Feld stark, und er braucht nur langsam zu laufen, um die erforderliche elektromotorische Gegenkraft zu erzeugen. Der Nebenschlußmotor verhält sich im Betriebe anders als der Hauptstrommotor. Die Größe des magnetischen Feldes hängt beim Hauptstrommotor von der Stromstärke ab, und da diese wieder von der Belastung abhängt, so ergibt sich, daß beim Hauptstrommotor mit wechselnder Belastung auch die Drehzahl sich ändert. Beim Nebenschlußmotor ist die Erregerwicklung in den Nebenschluß zur Ankerwicklung gelegt, also parallel zu dieser von der Netzspannung abgezweigt. Da die Netzspannung praktisch konstant bleibt, so wird auch die Stromstärke, die durch die Erregerwicklung fließt, praktisch die gleiche bleiben und damit auch die Amperewindungen sowie das dadurch bedingte Kraftfeld. Bei nahezu konstant bleibendem Kraftfeld bleibt aber auch die für die Erzeugung der erforderlichen elektromotorischen Gegenkraft notwendige Drehzahl nahezu konstant. Der Nebenschlußmotor ändert in der Tat bei wechselnder Belastung seine Drehzahl nur in ganz geringem Maße. Er nimmt bei steigender Belastung eine größere, bei fallender eine geringere Stromstärke

auf, aber die Stärke des magnetischen Feldes wird hierdurch nur in geringem Maße beeinflusst. Aus diesen Betriebseigenschaften der beiden Arten von Elektromotoren ergibt sich ihr Anwendungsgebiet; man kann zum Beispiel eine Wasserpumpe, bei deren Betrieb dafür gesorgt wird, daß es Entlastungen nicht gibt, sowohl mit Hauptstrom- wie auch mit Nebenschlußmotor antreiben. Eine Kreissäge dagegen kann man nur mit Nebenschlußmotor, nicht aber mit Hauptstrommotor antreiben, denn letzterer würde jedesmal, wenn der Schnitt beendet und er entlastet wäre, durchgehen. Beim Nebenschlußmotor dagegen würde die Drehzahl sich nicht ändern, ganz gleich ob die Säge arbeitet oder leer läuft. Aus den gleichen Gründen kann man auch für den Betrieb von Dreschmaschinen, Schrotmühlen und Häckselmaschinen nur Nebenschlußmotoren verwenden.

Einige landwirtschaftliche Maschinen sind für den Betrieb durch Elektromotoren nicht besonders gut geeignet. Walzenschrotmühlen zum Beispiel können zu argem Verdruß Anlaß geben. Nur dann, wenn der Landwirt den Aufbau, die Wirkungs- und Betriebsweise eines Elektromotors gut kennt, wird er auch die anzutreibende Maschine vor der Inangabe setzung sachgemäß herrichten. Wenn in der Walzenschrotmühle noch Mahlgut steckt, die Walzen versackt sind, so kann die Mühle unter Umständen den drei- bis vierfachen Kraftbedarf beanspruchen als im normalen Betriebe. Dementsprechend wird auch ganz von selbst die Stromstärke wachsen, die Sicherungen sind dafür nicht hinreichend und werden durchbrennen. Wenn von unkundiger Seite nun vollends der Versuch gemacht wird, das Durchbrennen der Sicherungen dadurch zu verhindern, daß man stärkere Sicherungen für höhere Stromstärke einbaut, so ist der Elektromotor nun nicht mehr geschützt und kann durch Verbrennen der Ankerspulen total unbrauchbar werden. Es kommen Fälle vor, wo bei dem Anlassen von Häckselmaschinen regelmäßig die Sicherungen durchschmelzen und vom Besitzer der elektrischen Anlage dem Lieferanten ungerechte Vorwürfe gemacht werden, während die Ursache für das Durchbrennen der Sicherungen durchaus nicht in einer unsachgemäßen Ausführung der elektrischen Anlage, sondern einzig und allein in der Ungeschicklichkeit des Arbeiters zu suchen ist. Es ist ein arger Fehler, der oft gemacht wird, daß man den Leuten weis-

macht, ein Elektromotor sei der einfachste Motor der Welt, seine Benützung erfordere keinerlei Überlegung, und der einfältigste Mensch könne damit umgehen. Das Ausmalen des elektrischen Kraftbetriebes in den rosigsten Farben ist ein Geschäftskniff; man spekuliert hierbei mit der modernen Erscheinung, daß sich jeder seine Berufsarbeit so angenehm und bequem wie möglich macht. Die Betriebsweise der Elektromotoren, im großen und ganzen betrachtet, ist allerdings eine ideale; wenn Ärger und Verdruß aber ferngehalten werden sollen, so ist es nötig, den Besitzer und Benutzer der Anlage darauf hinzuweisen, daß der Elektromotor kein Pflug ist und auch kein Schubkarren, also keine Einrichtung, die man aufs größte behandeln kann.

Wenn ein Landwirt sich eine windelektrische Anlage anschafft, handelt er klug, alle die Maschinen, die er nicht täglich und zur bestimmten Stunde in Betrieb setzen muß, wie zum Beispiel die Futtermaschinen, direkt an die Windturbinentransmission zu hängen und sie also nicht elektrisch zu betreiben. Einzelne Kraftbetriebe, wie zum Beispiel der Antrieb eines Milchseparators oder einer kleinen Eis- und Kühlmaschine kann dagegen nur windelektrisch erfolgen. Es ist vorteilhaft, die Leistung des Elektromotors reichlich zu wählen, damit er Überlastungen leicht gewachsen ist; der Nutzeffekt wird hierdurch nicht ungünstiger. Bei der Auswahl der Größe eines Elektromotors sei man deshalb vorsichtig und scheue eine kleine Mehrausgabe für einen genügend großen Motor nicht. Für die Größenbestimmung diene folgende Faustregel: Jedes an einen Göpel gespannte Pferd ersetzt man bei elektrischem Betrieb durch 2 P. S. Wenn beispielsweise eine Dreschmaschine von drei Pferden am Göpel gezogen wird, so wählt man für diese Maschine einen 6-P. S.-Elektromotor.

**Der Anlasser.** Den Zweck des Anlassers haben wir bereits kennen gelernt; er soll den Motor beim Anlassen vor zu großen Stromstärken schützen. Wir haben ferner erfahren, daß zu große Stromstärken dadurch verhindert werden, daß eine vom Motoranker induzierte elektromotorische Gegenkraft gegen die von außen wirkende Spannung drückt. Die elektromotorische Gegenkraft kann aber nur beim Vorhandensein eines magnetischen Feldes auftreten, und das bedingt wieder, daß die Magnet-

erregerspulen von einem Strom durchflossen werden. Hieraus ergibt sich von selbst, daß mit dem Anlasser zuerst die Magnetwicklung und dann erst die Ankerwicklung eingeschaltet werden muß. Praktische Anlasser sind nun tatsächlich so gebaut, daß diese Betriebsforderung auf die einfachste Weise und zwangsläufig bei der Betätigung des Schalters erfüllt wird. Beim Einschalten des Anlasses ist darauf zu achten, daß er immer nur entweder auf dem Anfangs- oder Endkontakt dauernd steht, während man den Anlaßhebel niemals auf einem Zwischenkontakt stehen lassen darf, weil die Widerstände zwar für kurzen Durchfluß starker Ströme, aber nicht für ihre dauernde Durchleitung gebaut sind. Man soll den Anlaßhebel langsam, aber ohne Unterbrechung von dem einen Endkontakt zum anderen herüberschieben: so wird der Motor angelassen. Beim Ausschalten tritt folgende Erscheinung auf: Auf Seite 19 haben wir erfahren, daß der Magnetismus der Elektromagneten eine Anhäufung potentieller Energie ist. Um dem Leser diesen Begriff ganz verständlich zu machen, sei erwähnt, daß zum Beispiel die Last eines gefüllten, auf einem Gerüst stehenden Wasserbehälters auch eine Anhäufung potentieller Energie ist, denn wenn das Gerüst plötzlich weggenommen oder zusammenbrechen würde, dann würden die Massen mit großer Kraft unten auf den Erdboden schlagen. Bei dem Magnetismus der Elektromagneten handelt es sich um einen ähnlichen Zustand; den Magnetismus kann man sich als die Last vorstellen, und das die Last stützende Gerüst könnte hier der Erregerstrom sein. Wenn man den Erregerstrom plötzlich wegschaltet, so wird die ganze potentielle Energie der Magnetisierung zurückgewonnen, und sie tritt in der Tat als starke Spannungserhöhung auf, welche die Isolation der Spulen durchschlagen kann. Um das zu vermeiden, dämpft man die Magnetisierung vor dem Ausschalten des Erregerstromes ab, indem man durch Einschalten von Widerständen den Erregerstrom stufenweise verkleinert, und beim letzten Kontakt wird die Erregerwicklung in sich selbst kurzgeschlossen, so daß tote Spannungen vermieden werden. Beim Ausschalten wird die Kurbel möglichst schnell von links nach rechts in die Ausschaltstellung gebracht.

#### **Hinweise für die Behandlung windelektrischer Anlagen.**

Die Windturbine ist in Zeiträumen von etwa 14 Tagen zu

schmieren. In der ersten Zeit des Betriebes empfiehlt es sich, die Öler jede Woche zu kontrollieren, ferner ist nachzusehen, ob sich nicht Schrauben gelockert haben. Man zieht solche Schrauben nach und gibt ihnen einen Schlag mit dem Hammer auf den Kopf, damit sich die Mutter nicht mehr lösen kann. Nach einigen Betriebswochen ist diese Vorsichtsmaßregel nicht mehr erforderlich. Es genügt dann, wenn die wenigen großen Öler oben alle 14 Tage aufgefüllt werden. Die Lager der Transmission müssen jede Woche nachgesehen und geölt werden. Die Dynamomaschine besitzt Ringschmierlager; diese Lager sind sauber zu halten, und man muß ab und zu kontrollieren, ob sich der Schmierring auch mit dreht. Das Schmieröl für die Ringschmierlager soll ein gutes, aber nicht dickes Öl sein. Die Dynamomaschine ist ab und zu mit einem weichen Lappen oder mit Putzwohle abzuwischen, desgleichen auch der Kollektor. Niemals aber darf der Kollektor eingeölt werden. Wenn sich im Innern der Maschine auf den Spulen Staub niedergelegt hat, so bläst man diesen gelegentlich mit einem Handblasebalg aus. Abgenützte Stromabnehmerbürsten sind durch neue zu ersetzen. Ein Satz Bürsten hält gewöhnlich jahrelang vor, und der Ersatz kostet immer nur wenige Mark. Gelegentlich sind auch die Lager der Dynamomaschine nachzusehen, um sich zu vergewissern, daß sie sich nicht etwa ausgelaufen haben, so daß der Maschinenanker an den Magnetpolen anschleifen könnte, weil dadurch die Isolation beschädigt und Kurzschluß in der Maschine auftreten würde. Wie die Schalttafel bzw. der automatische Schalter zu behandeln sind, ist auf Seite 61 gesagt worden. Vor Inbetriebnahme der Anlage ist der Weicheisenkern des Automaten herauszuziehen und mit einem öligen Lappen abzureiben. Der automatische Schalter darf niemals mit der Hand betätigt werden. Über die Behandlung der Akkumulatoren geben die Akkumulatorenfabriken bei Lieferung einer jeden Batterie eine verständliche Vorschrift. Für die Behandlung des Verteilungsnetzes gelte als oberster Grundsatz, daß alle Teile sauber zu halten sind. Die kleinen an der Wand angebrachten Drehschalter sind zum Ein- und Ausschalten von Glühlampen da, aber nicht zum Aufhängen von Kleidungsstücken.

### Durchschnittspreise für elektrische Hausinstallationen.

|                                                                                                                                                             |                    |                   |                 |      |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|------|-----|
| Leitungen für trockene Räume: Betriebsfertige Installation einer Leuchtstelle bei 12 m Länge der Zuleitung, aber ohne Schalter und ohne Glühlampe . . . . . |                    |                   |                 | 13,— | Mk. |
| Dieselbe Einrichtung für mehrere Lampen mit Gruppenschaltung . . . . .                                                                                      |                    |                   |                 | 20,— | "   |
| Dieselbe Brennstelle, aber mit Wechselschaltung . . . . .                                                                                                   |                    |                   |                 | 24,— | "   |
| Leitungen für feine Räume (Salons): Rohrdrahtinstallation. Eine Brennstelle mit einfacher Ausschaltung . . . . .                                            |                    |                   |                 | 20,— | "   |
| Dieselbe mit Gruppenschaltung . . . . .                                                                                                                     |                    |                   |                 | 26,— | "   |
| Dieselbe mit Wechselschaltung . . . . .                                                                                                                     |                    |                   |                 | 35,— | "   |
| Leitungen für feuchte Räume: Eine Brennstelle mit einfacher Ausschaltung . . . . .                                                                          |                    |                   |                 | 20,— | "   |
| Dieselbe mit Gruppenschaltung . . . . .                                                                                                                     |                    |                   |                 | 26,— | "   |
| Dieselbe mit Wechselschaltung . . . . .                                                                                                                     |                    |                   |                 | 30,— | "   |
| Leitungen für nasse Räume: Installation in Stahlpanzerrohr. Eine Brennstelle mit einfacher Ausschaltung . . . . .                                           |                    |                   |                 | 30,— | "   |
| Dieselbe mit Wechselschaltung . . . . .                                                                                                                     |                    |                   |                 | 40,— | "   |
| Sicherungstafeln: Verteilungstafeln zweipolig inkl. Stöpsel und Kontaktschrauben für Lichtanlagen mit 1 Stromkreis . . . . .                                |                    |                   |                 | 15,— | "   |
| " 2 Stromkreisen . . . . .                                                                                                                                  |                    |                   |                 | 22,— | "   |
| " 3 " . . . . .                                                                                                                                             |                    |                   |                 | 28,— | "   |
| " 4 " . . . . .                                                                                                                                             |                    |                   |                 | 35,— | "   |
| " 5 " . . . . .                                                                                                                                             |                    |                   |                 | 40,— | "   |
| " 6 " . . . . .                                                                                                                                             |                    |                   |                 | 45,— | "   |
| Apparate:                                                                                                                                                   | für trockene Räume | für feuchte Räume | für nasse Räume |      |     |
| Lichtauschalter . . . . .                                                                                                                                   | 1,50 Mk.           | 2,50 Mk.          | 3,50 Mk.        |      |     |
| Lichtumschalter . . . . .                                                                                                                                   | 2,— "              | 2,75 "            | 3,75 "          |      |     |
| Steckkontakt . . . . .                                                                                                                                      | 1,75 "             | 2,— "             | 5,50 "          |      |     |

Die Zuleitungsschnur hierfür extra.

### Metallfadenlampen (inkl. Reichssteuer):

|      |     |      |     |      |      |     |      |      |      |        |
|------|-----|------|-----|------|------|-----|------|------|------|--------|
| 10   | 16  | 25   | 32  | 50   | 100  | 200 | 400  | 600  | 1000 | Kerzen |
| 1,75 | 2,— | 2,50 | 3,— | 3,25 | 4,25 | 9,— | 15,— | 17,— | 25,— | Mk.    |

## Beleuchtungskörper:

|                                                                                                 |           |               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|-----|
| Für trockene Räume. Deckenbeleuchtung                                                           | (einfach) | 3,—           | Mf. |
| " " " " "                                                                                       | (solid)   | 6,—           | "   |
| " " " " "                                                                                       | (elegant) | 12,—          | "   |
| " " " Wandarme . . .                                                                            | (einfach) | 3,50          | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (solid)   | 6,50          | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (elegant) | 10,—          | "   |
| " " " Pendel . . .                                                                              | (einfach) | 4,—           | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (solid)   | 6,50          | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (elegant) | 10,50         | "   |
| " " " Zuglampen . . .                                                                           | (einfach) | 8,—           | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (solid)   | 10,—          | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (elegant) | 18,50         | "   |
| " " " Kronen . . .                                                                              | (einfach) | 30,—          | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (solid)   | 50,—          | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (elegant) | 75,—          | "   |
| " " " Tischlampen . . .                                                                         | (einfach) | 8,—           | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (solid)   | 10,—          | "   |
| " " " " . . .                                                                                   | (elegant) | 15,—          | "   |
| Für feuchte Räume. 1 armierte Lampe                                                             | (einfach) | 3,50          | "   |
| Für nasse Räume und Außenbeleuchtung, je nach Lichtstärke, mit wetterfesten Armaturen . . . . . |           | 10,— bis 20,— | "   |

## Heiz- und Kochapparate:

|                                              |       |   |
|----------------------------------------------|-------|---|
| Wasserkocher inkl. Zuleitung . . . . .       | 14,—  | " |
| Teekessel " " . . . . .                      | 22,—  | " |
| Kochplatten " " . . . . .                    | 17,—  | " |
| Blätteisen " " . . . . .                     | 12,50 | " |
| Brennscherenwärmer inkl. Zuleitung . . . . . | 12,50 | " |
| Haartrockner " " . . . . .                   | 39,—  | " |
| Kleiner elektr. Ofen " " . . . . .           | 58,—  | " |

## Elektromotoren ohne Zuleitung, aber einschl.

|                                             |        |   |
|---------------------------------------------|--------|---|
| Anlasser: 1 P. S. . . . .                   | 340,—  | " |
| 2 " . . . . .                               | 400,—  | " |
| 3 " . . . . .                               | 500,—  | " |
| 6 " . . . . .                               | 800,—  | " |
| 10 " . . . . .                              | 1200,— | " |
| Ein Motorwagen ohne elektrische Einrichtung | 250,—  | " |

1—3 P.S.-Motoren können bequem von zwei Leuten getragen werden. Motoren über 3 P.S. werden auf Wagen installiert, wenn man sie an mehreren Stellen gebrauchen will.

**Windelektrischer Pumpwerkantrieb mittels Hauptstrom-Dynamomaschine und Hauptstrom-Elektromotor.** Gewöhnlich leiden hochgelegene Ortschaften unter Wassermangel. Die Quellen liegen in Tälern oder Talkesseln oft so windgeschützt, daß sich die Aufstellung einer Windturbine in unmittelbarer Nähe der Wasserentnahmestelle nicht empfiehlt. Da bietet eine windelektrische Einrichtung die Möglichkeit, dennoch die billige Windkraft für die Förderung des Wassers zu benutzen. Man stellt oben auf der Höhe, wenn möglich, in der Nähe der Ortschaft die Windturbine mit einer Hauptstrom-Dynamomaschine auf und führt zwei Drähte — als normale Freileitung verlegt — hinunter ins Tal nach der Quelle, wo ein mit einem Hauptstrom-Elektromotor gekuppeltes Pumpwerk (meist Triplexpumpe) aufgestellt wird. Man wählt hierfür eine Spannung, wie sie gewöhnlich für Straßenbahnen angewendet wird, d. h. ungefähr 500 Volt, die als Hochspannung anzusehen ist. Die beiden elektrischen Maschinen müssen ganz gleich gebaut sein. Die Kraftanlage arbeitet dann so, als ob das Pumpwerk durch die Windturbine direkt angetrieben würde, d. h. mit konstantem Drehmoment. Die Regulierung der Windturbine wirkt bei solcher Anordnung besonders präzise. Man muß nur die elektrischen Maschinen in stabiler Bauart wählen und dafür sorgen, daß mittels eines Zahnradantriebes der Elektromotor immer fest mit der Pumpe verbunden bleibt, so daß er niemals während des Betriebes entlastet werden kann, weil er sonst durchgehen würde (siehe was hierüber auf S. 116 gesagt wurde). Eine lothringische Gemeinde wird seit Jahren auf diese Weise mit Wasser versorgt. Bei den Anlagen braucht man keinen Anlasser zu installieren. Sobald die Windturbine und mit ihr die Dynamomaschine sich langsam zu drehen beginnen, arbeitet sich auch der Elektromotor ein. Stromstöße treten nicht auf, weil es weder ein plötzliches, schnelles Anlaufen noch ein plötzliches Stillstehen gibt.

**Wind-Elektrizität für Telegraphie.** Drahtlose Telegraphiestationen, gespeist von Wind-Elektrizität, gibt es — soweit mir bekannt — auf der Erde vorläufig nur drei. Es sind



Einrichtungen, welche die holländische Regierung in ihren Kolonien errichtet hat. Die Einzelheiten der Ausführung sind mir nicht bekannt; die Krastanlagen sind Herkules-Windturbinen. Die drahtlosen Telegraphiestationen in Verbindung mit windelektrischen Anlagen können für die Kolonien von hohem strategischen Werte sein, da es einerseits kein Zerschneiden von Leitungen durch feindliche Elemente, andererseits keine Behinderung der Betriebsstoffzufuhr geben kann, denn den Wind kann niemand absperren. In den Tropen sind windelektrische Stationen auch für den Betrieb kleiner Eismaschinen sehr praktisch. Den Verwaltungsbeamten, den Schutz- und Polizeitruppen würde der Aufenthalt in den heißen Gebieten außerordentlich erleichtert, weil kleine Kühl- und Eisanlagen kühlen Trank und kühle Bäder schaffen; auch die Aufbewahrung der Nahrungsmittel wird erleichtert. Es gibt Eismaschinen, für deren Betrieb ein halbpferdiger Elektromotor schon genügt.

**Kleinere Eisenbahnhaltungen**, besonders an Kolonialbahnen, können durch windelektrische Stationen mit Licht und Wasser versorgt werden. Ob es schon Windkrastanlagen bei Bahnhöfen gibt, die zugleich die erwähnten beiden Aufgaben erfüllen, weiß ich nicht, wohl aber ist mir bekannt, daß es sehr viele Eisenbahn-Pumpstationen mit Windturbinen gibt. Deutsche Erzeugnisse sind besonders häufig in der Türkei angewendet worden. Man findet auch deutsche Windturbinen bei Eisenbahnen in Deutsch-Südwestafrika.



Fig. 46. Windelektrische Anlage auf dem Königl.  
lichen Josephs-Polytechnikum in Budapest.



Fig. 47. Windelektrische Anlage bei der  
Königlichen Technischen Hochschule in  
Dresden.

# Herkules-Wind-Elektrizitätsanlagen

für die  
**Beleuchtung ländlicher Grundstücke  
und für ländliche Kraftbetriebe,**



Windelektrische Dorfzentrale in Portugal.

in der patentierten, auf der Kgl. Technischen Hochschule in Dresden geprüften Bauart. Einfache, im Betrieb angenehme und überaus praktische Einrichtungen, die die Annehmlichkeit des elektrischen Lichtes, des elektrischen Kraftbetriebes und der automatischen Wasserversorgung ins Haus bringen. Selbsttätiger, kostenfreier Betrieb. In großer Anzahl ausgeführt. Vorzüglich geeignet für Schlösser, Villen, Landhäuser, Güter, Gastwirtschaften, Anstalten, Kleinindustrie, ferner für die Kolonien und Tropen zu Bewässerungen, für elektrischen Betrieb kleiner Eis- und Kühlmaschinen, Schafschermaschinen usw.

**Spezialität: Windelektrische Dorfzentralen.**

**Besonders wichtig** für drahtlose Telegraphiestationen in den Kolonien. Unabhängig von Betriebsstoffzufuhr. Drei Anlagen ausgeführt für die Holländische Regierung.

Projekte kostenfrei, Ortsbesichtigung durch eigene Spezial-Ingenieure.

**Vereinigte Windturbinenwerke**

G. m. b. H.

**Dresden-Niedersedlitz.**

(1)

Älteste und bedeutendste Windturbinenfabrik der Welt.

Gegründet 1859. ♦♦

3 Staatsmedaillen.  
68 hohe Auszeichnungen.

---

Verlag von Paul Parey in Berlin SW. 11, Hedemannstr. 10 u. 11.

---

**Engel-Schubert.**

Handbuch des  
**Landwirtschaftlichen Bauwesens**  
mit Einschluß der Gebäude für landwirtschaftliche Gewerbe.

**Neunte Auflage.**

Vollständig neubearbeitet von

**Alfred Schubert,**

Professor und Baumeister in Kassel.

*Mit 1466 Textabbildungen. Gebunden, Preis 20 M.*

---

Die

**Ausführung landwirtschaftlicher Bauten**  
in kleinen und mittleren landwirtschaftlichen Betrieben.

Im Auftrage der Landwirtschaftskammer für den Regierungsbezirk Wiesbaden

bearbeitet von

**Fr. Keiser,**

und

**K. Birlenbach,**

Landwirtschaftsinspektor, Abteilungsvorsteher der Landwirtschaftskammer,

Baumeister in Diez (Lahn).

Mit 157 Textabbildungen und 11 Tafeln.

*Kartonierte, Preis 3 M.*

---

**Leitfaden und Normalentwürfe**

für die

Aufstellung und Ausführung

von

**Wasserleitungsprojekten für Landgemeinden.**

Aus der Praxis entnommen und für die Praxis bearbeitet

von

**A. Heinemann,**

Königl. Wiesenbaumeister und Lehrer an der Wiesenbauschule zu Siegen in Westfalen.

**Zweite, neubearbeitete und vermehrte Auflage.**

Mit 107 Textabbildungen und 19 Tafeln.

*Kartonierte, Preis 7 M.*

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

---

## **Die Ausnutzung der Windkräfte**

unter besonderer Berücksichtigung

**der ländlichen Gemeinde-Wasser- und Elektrizitätsversorgung.**

Leitfaden für

Fachleute, Gewerbetreibende, Landwirte, Landgemeinden usw.,  
die sich mit der Nutzbarmachung der Windkräfte befassen.

Von **Ludwig Hammel,**

Zivilingenieur in Frankfurt a. M.

*Mit 104 Textabbildungen. Kartoniert, Preis 4 M.*

---

## **Die Windkraft**

und ihre Anwendung zum Antrieb von  
**Elektrizitäts-Werken.**

Von Professor **Paul la Cour,**

Dozent an der Hochschule und Vorsteher der Versuchsmühle zu Askov bei Vejen.

Aus dem dänischen Original «Die Versuchsmühle»

übersetzt von

**Dr. Johannes Kaufmann,**

Bonn am Rhein.

*Mit 14 Textabbildungen. Preis 2 M. 40 Pf.*

---

## **Leitfaden der Maschinen- und Elektro-Technik für Landwirte.**

Unter Mitwirkung von

Fachlehrern am Kyffhäuser-Technikum und im Auftrage des Königl.  
Preuß. Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten

herausgegeben von

**Ingenieur Huppert,**

Direktor des Kyffhäuser-Technikums in Frankenhausen.

*Mit 102 Textabbildungen. Kartoniert, Preis 3 M.*

---

## **Elektrotechnik der Landwirte.**

Leitfaden für landwirtschaftliche Lehranstalten und Landwirte  
mit besonderer Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Praxis.

Im Auftrage des

Königl. Preuß. Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten  
verfaßt von

**Rudolf Wotruba,**

Ingenieur am Polytechnischen Institute Frankenhausen am Kyffhäuser.

*Mit 43 Textabbildungen. Kartoniert, Preis 1 M. 80 Pf.*

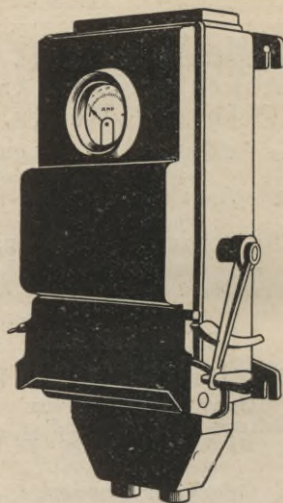
---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

**Dr. Paul Meyer A.-G.**

Spezialfabrik

**Berlin N 39**



**Schaltapparate  
Meß-Instrumente  
Schaltanlagen für Hoch- und  
Nieder-Spannung  
Eisengekapselte Schalt-  
anlagen**

(2)

S-96

S. 61

# Illustriertes Landwirtschafts-Lexikon.

Vierte, neubearbeitete Auflage.

Mit 1250 Textabbildungen. In Halbleder geb. Preis 23 M.  
Auch in 20 Lieferungen à 1 M. zu beziehen.

Das Landwirtschafts-Lexikon enthält Tausende einzelner Artikel und gibt — aufgeschlagen an der betreffenden Stelle des Alphabets — eine augenblickliche, klare und bündige Antwort auf alle Fragen, wie sie sich täglich im landwirtschaftlichen Betriebe aufwerfen.

## Schlipf's

### populäres Handbuch der Landwirtschaft.

Gekrönte Preisschrift.

Achtzehnte, neubearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 641 Textabbildungen und 18 Farbendrucktafeln.

Gebunden, Preis 7 M.

Wem es um ein Handbuch zu tun ist, das alle Zweige der Landwirtschaft auf Grund der neuesten Erfahrungen in besonders verständlicher Schreibweise behandelt, dem darf das bewährte Werk von Schlipf unbedingt empfohlen werden.

## Lehrbuch der Landwirtschaft

auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage.

Von Dr. Guido Krafft,

weil. Professor der Landwirtschaft an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

Mit 989 Textabbildungen und 26 Farbendrucktafeln.

Vier Bände. — Gebunden, Preis 20 M. 50 Pf.

Daraus einzeln:

- I. Ackerbaulehre.** Zehnte Aufl., vollständig neu bearbeitet von Prof. Dr. C. Fruwirth in Wien. Mit 336 Textabbildungen, 3 farbigen und 2 schwarzen Tafeln. Gebunden, Preis 5 M. 50 Pf.
- II. Pflanzenbaulehre.** Neunte Aufl., neubearbeitet v. Professor Dr. C. Fruwirth. Mit 275 Textabbild. und 12 Tafeln. Gebunden, Preis 5 M.

- III. Tierzuchtlehre.** Neunte Aufl., neubearbeitet von Prof. Dr. Falke, Leipzig. Mit 339 Textabbildungen und 13 Tafeln mit 57 farbigen Rassebildern. Gebunden, Preis 5 M.
- IV. Betriebslehre.** Neunte Aufl., neubearbeitet von Dr. Fr. Falke, Professor an der Universität Leipzig. Mit 39 Textabbildungen und 3 Tafeln. Gebunden, Preis 5 M.

Schwerlich dürfte ein anderes landwirtschaftliches Lehrbuch gleichen Anklang und gleiche Verbreitung in den Kreisen der lernenden wie ausübenden, der akademisch wie nichtakademisch vorgebildeten Landwirte gefunden haben wie Guido Kraffts „Lehrbuch der Landwirtschaft auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage“.

Es entspricht auch wieder in seinen neuesten Auflagen allen Anforderungen an ein modernes Handbuch der gesamten Landwirtschaft.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

# Landwirtschaftliche Unterrichtsbücher.

- Grundzüge der Landwirtschaft** von Direktor F. Gaul in Hildburghausen. Mit 64 Textabbildungen. Geb., Preis 2 M. 80 Pf.
- Ackerbau** einschl. Geräte- und Maschinenwesen v. Dir. Dr. Droysen u. Prof. Dr. Gisevius. Achte Aufl. Mit 195 Textabb. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Leitfaden der Ackerbaulehre** von Professor Dr. H. Biedenkopf in Gross-Umstadt. Vierte Auflage. Mit 74 Textabb. u. 8 Tafeln. Geb., Preis 2 M.
- Leitfaden für einfache landw. Untersuchungen.** Von Professor Dr. H. Biedenkopf in Gross-Umstadt. Zweite Auflage. Mit 38 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Düngerlehre** von Dir. A. Conradi in Hohenwestedt. Zweite Aufl. Preis 6J Pf.
- Grundzüge der Agrikulturchemie.** Bearbeitet von Dr. R. Otto in Proskau. Mit 44 Textabbildungen. Geb., Preis 4 M.
- Bodenkunde.** Von Dr. W. Lilienthal, Winterschul-Direktor in Genthin. Mit 13 Textabbildungen. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Bodenkunde** von Direktor A. Wirtz in Odenkirchen. Preis 50 Pf.
- Mineralogie und Gesteinslehre** v. V. Uhrmann, Direktor d. landw. Schule in Annaberg im Erzgeb. Dritte Auflage. Mit 26 Textabbild. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Mineralogie und Gesteinslehre** v. Dr. P. Teicke, Oberlehrer an der Landwirtschaftsschule in Salzwedel. Mit 23 Textabb. Geb., Preis 1 M.
- Pflanzenbau** von Dir. Dr. Birnbaum. Achte Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. Gisevius in Giessen. Mit 207 Textabb. u. 5 farbigen Tafeln. Geb. Preis 1 M. 80 Pf.
- Grundzüge der Pflanzenvermehrung** von Max Löbner, Garteninspektor in Dresden. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Wiesenbau** von H. Kutscher, Lehrer in Hohenwestedt. Dritte Auflage. Mit 87 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Lehrbuch der Botanik.** Von Prof. Dr. G. Meyer. Dritte Auflage. Mit 296 Textabbildungen. Geb., Preis 2 M.
- Leitfaden der Botanik** für landw. Winterschulen und Landwirte. Von Prof. Dr. G. Meyer. Dritte Auflage. Mit 243 Textabb. Geb., Preis 1 M. 70 Pf.
- Botanik** von Direktor F. Gaul, Hildburghausen. Mit 122 Textabbildungen. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.
- Botanik** von Dr. Wölfer, Dargun. Mit 192 Textabbildg. Geb. 2 M. 50 Pf.
- Lehrbuch der Botanik** von Dr. P. Teicke. 2. Aufl. Mit 98 Textabb. Geb., Preis 2 M.
- Pflanzliche und tierische Schädlinge der landw. Kulturpflanzen.** Von W. Tillmann in Ascheberg i. W. Zweite Auflage. Mit 50 Textabb. Geb. Preis 1 M. 20 Pf.
- Bakterienkunde** von Direktor P. Gordan und Tierarzt C. Bahr. Mit 23 Textabbildungen. Geb. Preis 1 M.
- Leitfaden der Zoologie** für niedere landw. Schulen. Von R. Hillmann und A. Wolschner. Zweite Auflage. Mit 134 Textabbild. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Lehrbuch der Tierzucht.** Von Dr. H. Biedenkopf, Professor in Gross-Umstadt. 7. Aufl. Mit 8 farbigen biolog. Rassebildern u. 127 Textabb. Geb., Preis 2 M. 80 Pf.
- Viehzucht** von V. Patzig, Professor in Marienburg. Achte Auflage. Mit 134 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Tierzuchtlehre** von Direktor A. Conradi in Hohenwestedt. Zweite Auflage. Mit 136 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Bau und Leben der landw. Haussäugetiere.** Von Dr. E. Laur. Vierte Auflage, bearb. von Dr. Käppeli in Rütli. Mit 102 Textabb. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.
- Der Körper der landwirtschaftlichen Haussäugetiere.** Von Dr. J. Becker in Rostock. Zweite Aufl. Mit 67 Textabb. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Fütterungslehre.** Von Dr. W. Kleberger, Giessen. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Milchwirtschaft** von Winterschuldirektor W. Tillmann in Ascheberg i. W. Mit 64 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.
- Landwirtschaftliche Betriebslehre,** bearbeitet von Professor Dr. R. Roth, vorm. Direktor der landw. Schule in Chemnitz. Zehnte Aufl. Geb., Preis 1 M. 70 Pf.
- Landwirtschaftliche Betriebslehre** von Dr. Luberg, Direktor der Landwirtschaftsschule in Bojanowo. Fünfte Auflage. Geb., Preis 1 M. 70 Pf.
- Grundzüge der Wirtschaftslehre** von Ok.-Rat Dr. V. Funk. Sechste Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Betriebslehre** von Dr. Wölfer, Landw. Lehrer in Dargun. Geb., Preis 2 M. 40 Pf.
- Betriebslehre** von Direktor A. Conradi in Hohenwestedt. Fünfte Auflage. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.
- Volkswirtschaftslehre** von C. Petri in Hohenwestedt. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.
- Taxationslehre** v. C. Petri in Hohenwestedt. Zweite Aufl. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Landwirtschaftsgeschichte** von Ok.-Rat Dr. V. Funk. Zweite Aufl. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Vaterländische Geschichte** von P. Knak. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Bürgerkunde** von Kreisschulinspektor H. Otto. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Landwirtschaftspolitik** von Ok.-Rat Dr. V. Funk. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.



# Landwirtschaftliche Unterrichtsbücher.

- Landmanns Buchführung.** Von Dr. H. Clausen, Direktor in Heide. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Einfache landwirtschaftliche Buchführung** von Winterschuldirektor Dr. P. Habernoll in Krefeld. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Tabellen zur einfachen landw. Buchführung** von Dr. P. Habernoll. Dritte Auflage. Preis 1 M.
- Selbstverwaltungsämter.** Von C. Petri, Lehrer in Hohenwestedt. Vierte Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Gesetzeskunde.** Von Dr. jur. Kollath. Zweite Auflage, Neubearbeitet von C. Petri. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.
- Schriftverkehr des Landwirts.** Von L. Lemke. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.
- Landw. Berechnungen.** Von Prof. Dr. R. Roth, vorm. Dir. der landw. Schule in Chemnitz. Dritte Auflage. Geb., Preis 1 M. 60 Pf. Lösungen. Preis 50 Pf.
- Landw. Berechnungen.** Von C. Petri in Hohenwestedt. Geb., Preis 2 M. 60 Pf. Lösungen 1 M. 20 Pf.
- Rechenbuch** für niedere u. mittl. landwirtschaftliche Lehranstalten v. L. Lemke, Lehrer i. Stargard i. P. I. Teil. Unterklassen. Vierte Aufl. Geb., Preis 1 M. 50 Pf. II. Teil. Mittel- u. Oberklassen. Dritte Aufl. Mit 112 Textabb. Geb., Preis 2 M. 20 Pf. Lösungen für den I. Teil 4. Aufl. Preis 1 M., für den II. Teil 3. Aufl. Preis 1 M.
- Rechenbuch** für Ackerbauschulen, landw. Winterschulen und ländl. Fortbildungsschulen von P. Knak, Lehrer in Wittstock. Achte Auflage. Geb., Preis 1 M. 40 Pf. Lösungen 1 M.
- Praktisches Rechen- und Nachschlagebuch.** Von Dr. J. P. Zanen in Eitelbrück. Mit 131 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Rechenbuch für mittlere und niedere landw. Lehranstalten** von H. Kutscher und C. Petri, Lehrer in Hohenwestedt. I. Teil: Grund- und angewandte Rechnungsarten. Geb. 1 M. 20 Pf. Lösungen 50 Pf. II. Teil: Landwirtschaftliche Berechnungen. Geb. 1 M. 50 Pf. Lösungen 60 Pf.
- Geometrie, Feldmessen u. Nivellieren** von H. Kutscher, Lehrer in Hohenwestedt. Dritte Aufl. Mit 163 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Planimetrie und Stereometrie für Landwirtschaftsschulen** von Prof. Chr. Nielsen u. Oberlehrer W. Langel. Mit 325 Textabb. Geb. 2 M. 50 Pf.
- Unterricht im Feldmessen** mit den einfachsten Messgeräten. Von Dr. G. Wilsdorf. Vierte Auflage. Mit 20 Textabb. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.
- Feldmess- und Nivellierkunde und das Drainieren** von Chr. Nielsen, Oberlehrer in Varel. Dritte Aufl. Mit 116 Textabb. u. 3 Tafeln. Geb., Preis 2 M.
- Physik** von Dr. P. Habernoll, Dir. in Krefeld. Mit 78 Textabb. Geb., Preis 1 M. 10 Pf.
- Physik** von M. Hollmann, Prof. in Danzig. Achte Auflage. Mit 164 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Lehrbuch der Physik** von Prof. Dr. Lautenschläger, vorm. Oberlehrer in Samter. Zweite Auflage. Mit 405 Textabbildungen. Geb., Preis 2 M. 80 Pf.
- Mechanik, Wärmelehre und Witterungskunde** von J. Bohn, Gymnasiallehrer zu Trier. Mit 178 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.
- Landw. Maschinenkunde** von Ingenieur H. Schwarzer in Frankenhäusen a. Kyffh. Mit 240 Textabbildungen. Geb., Preis 3 M. 60 Pf.
- Leitfaden für den Unterricht in der Chemie** von B. Marquardt, Direktor in Ragnit. Mit 25 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Chemie** von Oberlehrer O. Freybe zu Weilburg. I. Teil. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Lehrgang der Chemie für Land- und Gartenbauschulen.** Von Prof. Dr. John, Leipzig. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Chemie** von P. J. Mürzel, Direktor der landw. Winterschule in Saarlouis. Dritte Auflage. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Chemie** von A. Maas in Wittstock. Zweite Auflage. Mit 10 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Chemie** für Ackerbau- und landw. Winterschulen von W. Weillershaus, Winterschuldirektor. Zweite Aufl. I. Teil: Anorganische Chemie. Geb., Preis 70 Pf. II. Teil: Organische Chemie. Geb., Preis 70 Pf.
- Meyer's Forstwirtschaft.** Vierte Auflage, bearbeitet von Reg.- und Forsterrat Berlin in Arnberg. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Forstwirtschaft** von W. Radtke, Forstassessor. Mit 22 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Obst- und Gemüsebau** v. Otto Nattermüller. Fünfte Auflage. Bearbeitet v. Dr. A. Bode, Gartenbaulehrer i. Chemnitz. Mit 76 Textabb. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Obstbau.** Nebst ein. Anhang: Die Kultur der wichtigst. Gemüsepflanzen. Von Ernst Kümmerlen. Zweite Auflage. Mit 100 Textabb. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Deutsches Lesebuch** für Ackerbauschulen, landwirtsch. Winterschulen und ländliche Fortbildungsschulen, herausgegeben von M. Hollmann u. P. Knak. Fünfte Auflage. Geb., Preis 2 M.
- Lehr- und Lesebuch** für ländliche Fortbildungsschulen von K. Deissmann, H. Jung, Fr. Kolb, W. Scheid u. R. Wobig. Sechste Auflage. Geb., Preis 2 M.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296181