

# Technik und Wirtschaft der Gemeinde- und Staatsbetriebe

Beilage zur „Gewerkschaft“  
Organ des Verbandes der Gemeinde- und Staatsarbeiter

3. Jahrgang

Berlin, den 3. Juni 1927

Nummer 6

## Die mechanische und chemische Veredlung der Kohle

Von Prof. Dr. Franz Fischer, Mülheim-Ruhr.

Die bergmännisch gewonnene Kohle besteht aus Stücken verschiedener Größe bis hinab zum feinsten Staub. Da Stückkohle im allgemeinen wertvoller ist als der sogenannte Grus, ist man bei der Kohलगewinnung bestrebt, eine zu weitgehende Zertrümmerung zu vermeiden. Die Auslese von Gesteinsbrocken auf dem Leseband bildet den ersten, primitivsten Schritt auf dem Wege zur Kohlenveredlung. Ihr folgt die Zerlegung der Kohle in die vom Verbraucher gewünschten Stückgrößen durch Siebung und da, wo es erforderlich ist, die Verminderung des Gehaltes an mineralischen Beimengungen durch die sogenannte Kohlenwäsche, die auf der größeren Fallgeschwindigkeit der mineralischen Beimengungen gegenüber der spezifisch leichteren Kohle im Wasser beruht. Die trockene Kohlenwäsche, die aber über das Versuchsstadium noch kaum hinausgekommen ist, benutzt statt des Wassers einen starken, aufsteigenden Luftstrom. Beide Methoden kann man als kinetische bezeichnen im Gegensatz zu einer statischen, bei welcher ein Schlamm aus Wasser und feinstem Eisenerzstaub von etwas höherem spezifischen Durchschnittsgewicht als Trennungsfüssigkeit benutzt wird. Kohle schwimmt auf ihm, während die mineralischen Beimengungen unter-sinken. Mit diesem Verfahren kann stückiges Material aufbereitet werden, während die sogenannte Flotation, die von der Metallurgie übernommen wurde, für feinen Kohlenschlamm geeignet ist. Die Flotation beruht auf der verschiedenen Benetzbarkeit der Kohle und mineralischen Beimengungen durch Oele, die in geringen Mengen dem aufgewirbelten Kohlenschlamm beigemischt werden.

Außer den mineralischen Beimengungen hat die Kohle aber noch einen anderen unnützen Ballast bei sich, nämlich die Feuchtigkeit. Ihre Beseitigung spielt vor allem bei der deutschen Braunkohle, die mit einem Wassergehalt von 50 bis 60 Proz. gewonnen wird, eine große Rolle, besonders als Vertrocknung vor der Verschwelung, vor der Brikettierung und der Vermahlung zu Kohlenstaub. Damit sind wir bereits bei der zweiten Art der mechanischen Kohlenveredlung angelangt, nämlich bei der Formgebung.

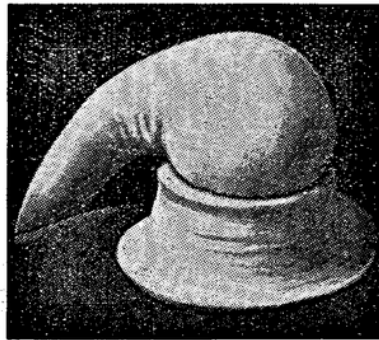
Zur Brikettierung von Steinkohlenklein wird Pech als Bindemittel zugesetzt, bei Braunkohle gelingt sie durch Anwendung von Wärme und Druck allein. Ob dabei das schmelzbare Bitumen oder die Plastizität und kolloidale Beschaffenheit der Huminsubstanz die Hauptrolle spielt, darüber sind die Meinungen geteilt. Während die Herstellung von handlichen Einheitsgrößen durch Brikettierung sich bereits weitgehend eingebürgert hat, steht man offensichtlich mit der Herstellung und Verwendung von Kohlenstaub oder, besser gesagt, feinstem Kohlenmehl erst am Anfang einer aussichtsreichen Entwicklung. Das Ziel ist hier, Kohle auf billige Weise so fein zu vermahlen, daß der Kohlenstaub in innigster Mischung mit Luft abgebrannt werden kann wie ein Gemisch von Leuchtgas und Luft. Dieses würde vollkommen erreicht werden, wenn man Kohlenstaub auf atomare Feinheit vermahlen könnte, denn dann hätte er ohne weiteres die Eigenschaften eines Gases.

Dies ist natürlich nicht möglich, man nähert sich aber diesen Verhältnissen durch äußerst feine Vermahlung. Angeblich sind in letzter Zeit hier durch eine elektrische Vibrationsmühle neue Fortschritte gemacht worden. Der Transport von Kohle in Staubform durch Rohrleitungen erinnert bereits stark an den Transport von Flüssigkeiten und wird vielleicht noch einmal eine große Rolle spielen.

Im Auslande hat man bereits damit begonnen, die Gasfabrikation zu intensivieren, indem man durch hohe senkrechte Retorten hochoberhitze Gasströme aufsteigen läßt, denen der Kohlenstaub entgegenregnet, wobei er unter Gasabgabe fast momentan verkocht. Man ist auch dabei, auf analogem Wege Kohlenstaub in einem glühenden Strom von Luft und Dampf zu Generatorgas zu vergasen, und es wird wohl nicht mehr lange dauern, bis auch die Wassergasherstellung aus Kohlenstaub oder Koksstaub und Wasserdampf in Angriff genommen wird. Da der Wassergasprozeß Zusatzwärme benötigt, so wird man dadurch vielleicht zum Ziele kommen, daß man in elektrisch beheizten Schachtofen vorerhitzten Wasserdampf aufsteigen läßt, während ihm Kohlenstaub entgegenregnet. Ob dabei die Widerstandsbeheizung oder der Lichtbogen in Frage kommt, wird sich zeigen; auf alle Fälle müßte die elektrische Energie billig sein. Wie man sieht, eröffnen sich dem Kohlenstaub weite Perspektiven, von denen ich nur einen Teil angedeutet habe; auf seine Bedeutung für die Metallurgie kann ich hier nicht eingehen. Wenn wir auf die anderen Wege der Kohlenveredlung übergehen, so betreten wir damit das Gebiet der Chemie.

Die altbekannten Prozesse der Herstellung von Koks und Leuchtgas aus Steinkohle mit den Nebenprodukten Teer, Benzol und Ammoniak, ferner die Braunkohlenschwelerei sind zwar chemischer Natur, sie werden aber nur mit physikalischen Mitteln, nämlich mit Hilfe von Hitze, ausgeführt. Dabei zersetzen sich die Substanzen, aus denen die Kohlen bestehen, weil sie bei der angewendeten Temperatur nicht mehr beständig sind, unter Bildung von nichtflüchtigem Koks und flüchtigen Zersetzungsprodukten, deren Charakter von der Temperatur abhängt, der sie ausgesetzt waren. So wird die Kohle zu Koks (z. B. für hüttenmännische Zwecke), zu Halbkoks bzw. Grudekoks (rauchloser Hausbrand) veredelt, es wird Leuchtgas erzeugt und es werden bei der Steinkohle die oben genannten Nebenprodukte, ferner bei niedrigerer Temperatur Urteer und Benzin erzeugt, während bei der Braunkohle Motoröle, Gasöl und Hartparaffin die Produkte sind, die den Prozeß bezahlt machen.

Das mengenmäßig Wichtigste aller dieser Produkte ist der Steinkohlenkoks, der in erster Linie der Eisenindustrie an Stelle der früher verwendeten Holzkohle dient. Er muß in einer bestimmten Qualität erzeugt werden, und damit sind die Arbeitsbedingungen bei seiner Herstellung festgelegt. Quantität und Qualität von Gas und Nebenprodukten sind dabei ebenfalls festgelegt. Dieser Koks ist nun keineswegs reiner Kohlenstoff, er enthält im Gegensatz zu der früher benutzten Holzkohle recht unangenehme Verunreinigungen, insbesondere Schwefel, wovon

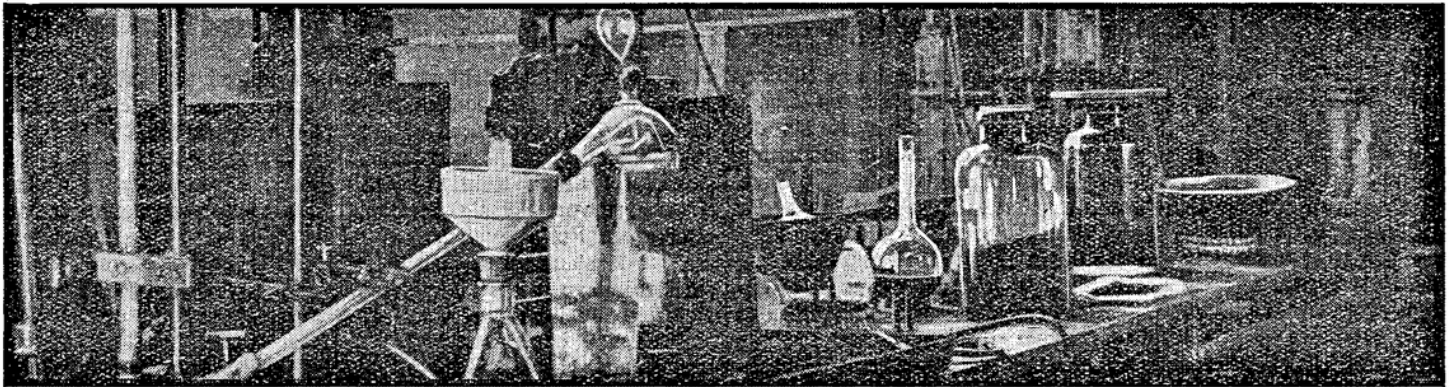


man ihn trotz aller Versuche bis heute nicht völlig befreien kann. Ja die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung haben eigentlich klar gezeigt, daß seine weitere Veredlung auf den bis heute beschrittenen Wegen ausgeschlossen ist. Anscheinend kommt hier nur der Weg über das Kohlenoxyd in Frage, das heißt Vergasung des Kokes zu Kohlenoxyd, Reinigung des letzteren von allen Schwefelverbindungen und dann katalytische Regeneration des Kohlenstoffs. Ich will damit nur sagen, daß es sich hier ähnlich verhält wie mit der restlosen Gewinnung des im Koks enthaltenen Stickstoffs in Form von Ammoniak. Auch da ist kein anderer Weg als restlose Auflösung des Kokes.

Wenn wir die Kohlenveredlung auch weiterhin wie bisher als eine Umwandlung der rohen Kohle in andere, für die speziellen Zwecke geeignetere Brennstoffformen auffassen, so müssen wir bekennen, daß trotz der aussichtsreichen Kohlenstauberzeugung damit kein Brennstoff erzeugt ist, der aschefrei ist, und keiner, der alle Vorzüge einer wirklichen Flüssigkeit besitzt. Wir

welchem der beiden Hochdruckverfahren sie nun tatsächlich in der im Bau befindlichen Fabrik arbeiten will, ist nicht bekannt. Nach einer Mitteilung in der Presse soll ihr Verfahren nur teilweise auf dem Bergiuschen beruhen, aber selbständig entwickelt worden sein und im Gegensatz zu jenem wirtschaftlich sein.

Das Studium der Hochdruckhydrierung des Kohlenoxyds, das wir im Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung in Mülheim-Ruhr neben anderen Arbeiten eingehend betrieben haben, hat meinen Mitarbeiter Dr. Tropsch und mich vor etwa eineinhalb Jahren zu dem Ergebnis geführt, daß es nicht nötig ist, die Hydrierung durch Hochdruck von über hundert Atmosphären zu erzwingen, daß sie vielmehr, ähnlich wie die Methansynthese von Sabatier, auch ohne jede Anwendung von Ueberdruck, und zwar bei Temperaturen zwischen 200 und 300°, ausgeführt werden kann. Dabei lassen sich alle Produkte des pennsylvanischen Erdöls, Benzin, Petroleum und Paraffin, wasserklar bzw. schneeweiß direkt aus Wassergas herstellen.



müssen uns auch darüber klar sein, daß die Teere oder Teeröle und das Benzol doch immer nur Nebenprodukte von Prozessen sind, die in der Hauptsache andere Erzeugnisse, Koks und Gas, liefern, und daß man deshalb Teer- und Benzolproduktion nicht steigern kann, wenn man für die Hauptprodukte keinen Absatz hat.

Auswege aus dieser Schwierigkeit sind aus der Hochdrucktechnik, die durch das Haber-Bosch-Verfahren der Hochdrucksynthese des Ammoniaks sich zu bewundernswerter Leistungsfähigkeit entwickelte, hervorgegangen. Die häufig sich einstellende Duplizität der Ereignisse zeigte sich wieder einmal in zwei deutschen Patenten, beide aus dem Jahre 1913. Dr. Bergius erzwang die Vereinigung von Wasserstoff mit Kohle durch Anwendung von Drucken von 200 Atmosphären bei etwa 450° und der Badischen Anilin- und Sodafabrik gelang ebenfalls bei Drucken von mehr als 100 Atmosphären und ähnlichen Temperaturen die katalytische Einwirkung von Wasserstoff auf Kohlenoxyd unter Bildung brennbarer, ölhaltiger Flüssigkeiten. Als Ausgangsstoff zu letzterem Verfahren kann Wassergas benutzt werden, das sich bekanntlich leicht durch Einwirkung von Wasserdampf auf glühenden Koks erzielen läßt. Die heutige I. G. Farbenindustrie A.-G. hat das Bergius-Verfahren erworben, zu dessen Ausbildung laut Bergius zwölf Jahre Arbeit und ebenso viele Millionen Goldmark verbraucht worden sind. Nach

Voraussetzung ist allerdings äußerste Reinigung des Gases von allen Schwefelverbindungen und exakte Einhaltung der optimalen Temperatur, was beides keine Schwierigkeiten macht.

Durch die Hydrierung der Kohle und des Kohlenoxyds sind zahlreiche neue Möglichkeiten der Kohlenveredlung eröffnet worden. So wird die Hochdrucksynthese des Methylalkohols von der I. G. Farbenindustrie A.-G. schon seit einigen Jahren technisch durchgeführt, anscheinend auch die Herstellung von Blausäure aus Kohlenoxyd und Ammoniak über das Formamid. Wenn man bedenkt, was alles sich aus anderen Anfängen entwickelt hat, so kann man auf diesem neuen Gebiete der Kohlenveredlung noch vieles von Bedeutung erwarten.

Die technische Ausnutzung der flammenlosen Oxydation der Kohlen bei niedrigen Temperaturen, worüber schon viel wissenschaftliches Material vorliegt, ist noch gar nicht in Angriff genommen, ebensowenig wie andere Möglichkeiten der chemischen Ausnutzung des Rohstoffes Kohle. Schon jetzt hat die Kohle ihren reinen Brennstoffcharakter verloren und ist teilweise chemischer Rohstoff geworden und wird letzteres immer mehr werden, eine Entwicklung, die beschleunigt werden wird, wenn erst durch billigere, überall erhältliche Energiequellen, wie beispielsweise durch eine fortgeschrittene Tiefbohrtechnik, die Ausnutzung der Erdwärme der Menschheit ermöglicht wird.

(„Frankfurter Zeitung“.)

## Neuzeitliche Wasserwerke

Von Regierungsbaumeister E. Link, Wasserwerksdirektor in Stuttgart.

### II. (Schluß.)

Hilfsmittel zum Aufsuchen des unsichtbaren Wassers und zur Erforschung der Untergrundverhältnisse im allgemeinen.

Für das Aufsuchen unterirdischen, nicht zutage tretenden Wassers und von Klüften und Spalten, an die das Wasservorkommen gebunden ist, oder die für die Gründung von Talsperren von Bedeutung sind, scheint die angewandte Geophysik in neuester Zeit besondere Bedeutung zu gewinnen. Bisher war man darauf angewiesen, den Vermutungen, die auf Grund der geologischen Untersuchungen aufgestellt werden mußten, durch teure und in ihrem Erfolg ungewisse Schürfungen und Bohrungen nachzugehen. Auch das uralte Mittel der Wünschelrute hat sich trotz aller Bemühungen zu einem technisch zuverlässigen Hilfsmittel nicht entwickeln

können. Die Rutenausschläge sind an die Persönlichkeit des Rutengängers gebunden und bei diesem selbst von seinem augenblicklichen Nervenzustand abhängig. Hier geht nun die Geophysik davon aus, unter Verwendung bekannter physikalischer Gesetze Apparate zu schaffen, die von der Persönlichkeit des Handhabenden unabhängig sind. Durch Messungen der Aenderungen der Schwerkraft mit Pendel und Drehwaage, durch Messung magnetischer Felder, mit Hilfe beweglich angeordneter Magneten oder bewegter Spulen, durch Bestimmung des Gehaltes an radioaktiver Luft im Untergrund, durch Ausnutzung der verschiedenen elektrischen Leitfähigkeit einiger Bodenschichten, durch Feststellung der bei künstlichen Sprengungen erzeugten Erschütterungswellen usw. sucht man die Wünschelrute durch wissenschaftliche Verfahren zu ersetzen. Als Beispiele seien angeführt die radioaktiven Bodenluftmessungen, die vom



Wasserwerk Stuttgart im Schwarzwald als Vorarbeiten für die Erstellung einer Talsperre vorgenommen wurden und durch die es gelang, vorhandene unsichtbare Verwerfungen unter einer bis zu 12 m mächtigen Schuttüberdeckung festzustellen. Wenn sich die Meldungen aus England bestätigen sollten, daß wünschelrutenähnliche Instrumente erprobt worden seien, die durch ein System von Spulen ähnlich der bei Radioempfängern verwendeten eine freiaufgehängte Magnetonadel beeinflussen und Quellenadern und unterirdische Wasserhorizonte angeben, so läge diese Entwicklung in der gleichen Linie des Ersatzes subjektiv beeinflusster Rutenausschläge durch physikalische Apparate.

Wenden wir uns der Zuleitung des Wassers zu dem Verbrauchsgebiet, so sind nur wenige Städte in der glücklichen Lage, ergiebige Fassungsgebiete in solcher Höhenlage zu besitzen, daß das Versorgungswasser im natürlichen Gefälle den Abnehmern zugeleitet werden kann. Dieser Idealfall ist beispielsweise in München gegeben, dessen Wassergewinnungsanlage in dem 45 km entfernten Mangfallgebiet über der Stadt liegt, so daß München vor dem Krieg den beneidenswert billigen Wasserpreis von nur 5 Pf. für den Kubikmeter seinen Abnehmern abzuverlangen brauchte. Wo künstliche Wasserhebung durchgeführt werden muß, ist die unter Berücksichtigung aller örtlichen Faktoren zu treffende richtige Wahl der Fördermaschinen die Grundbedingung für eine zweckmäßige Gestaltung des Betriebs. Es kann nicht Aufgabe dieses kurzen Ueberblicks sein, auf die verschiedenen Arten der Fördermaschinen und ihre Vorteile und Nachteile im einzelnen einzugehen.

Zweifellos hat sich mit der zunehmenden Elektrisierung die elektrisch angetriebene Kreiselpumpe ein ungeahntes Anwendungsgebiet erobert. Die größte derartige Anlage ist das Förderwerk der württembergischen Landeswasserversorgung, dessen Einrichtungen aus der Abb. ersichtlich sind. In neuerer Zeit treten als Konkurrenten auf den Plan der kompressorlose Dieselmotor, nachdem er sich zur vollen Betriebssicherheit entwickelt hat und die Dampfurbopumpe, wobei diese ebenfalls wieder in Wettbewerb steht mit der Dampfkolbenpumpe, stehender und liegender Bauart mit dreifacher Expansionsmaschine. Während die Kolbenpumpe über 90 Proz. der ihr zugeführten Energie in Arbeit umsetzt, erreichen Kreiselpumpen bester Ausführung einen Wirkungsgrad von 80 bis 83 Proz. Diesen Mehrkosten an Brennstoffverbrauch bei Verwendung von Turbopumpen stehen aber deren geringere Anschaffungskosten gegenüber, so daß mit dieser Fördermaschine in vielen Fällen Vorteile zu erzielen sein werden, wenn Maschinen mit geringer jährlicher Benutzungszeit, also Zusatzmaschinen, zur Bewältigung der sommerlichen Verbrauchsspitzen benötigt werden.

Unbestritten wird das Anwendungsgebiet der elektrisch angetriebenen Kreiselpumpe auch in Zukunft bleiben für die immer mehr in Aufnahme kommenden automatischen Pumpwerke zur Versorgung entfernt gelegener Außenbezirke, zur Druckverbesserung von schwachen Stellen im Verteilungsrohrnetz und überall da, wo mit geringem Bedienungsaufwand eine bequeme und sichere Wasserversorgung, insbesondere auch für den

Brandfall, geschaffen werden will. — Eine beachtenswerte Weiterentwicklung des mit den automatischen Pumpwerken verbundenen Vorteils bildet deren gruppenweise Zusammenfassung durch Fernsteuereinrichtungen, wie sie bei den Dresdener Wasserwerken durchgeführt wurde. Die von der Zentrale aus bedienten einzelnen Außenpumpwerke melden fortlaufend durch schreibende Wasserstandsanzeiger den Behältervorrat, so daß der diensttuende Wärter in der Zentrale durch Knopfsteuerung die Maschinensätze der abgelegenen Außenpumpwerke in Gang setzen kann. Hierdurch ist es möglich, mit einer einzigen Bedienung für eine Reihe von Anlagen durchzukommen. Da hierbei nur elektrischer Pumpenantrieb in Frage kommen kann, so wird diese Zentralisierung vor allem in solchen Verbrauchsgebieten in Erwägung gezogen werden können, wo Wasserwerk und Elektrizitätswerk in derselben Hand sind.

**Wasserverteilung und Rohrnetz.** Der größte Teil der Anlagewerte der Wasserwerke steckt in dem Verteilungsrohrnetz. Für die Wirtschaftlichkeit der Werke ist somit der Zustand des Rohrnetzes von besonderer Bedeutung einmal im Hinblick auf eine möglichst lange Lebensdauer der einzelnen Rohrstränge und dann deswegen, weil ein mangelhaft gebautes, unterhaltenes und betriebenes Rohrnetz zu Wasserverlusten und damit zu starker finanzieller Belastung des Werkes führt. Gleich die Frage des für die Röhren zu verwendenden Materials, ob Gußeisen- oder

Stahlröhren, ist von großer Wichtigkeit. Letztere haben den Vorteil großer Widerstandsfähigkeit gegen Bodensetzungen, sind aber bezüglich Haltbarkeit im Boden den Gußröhren gegenüber unterlegen, wenn die schützende Juteummüllung bei der Verlegung beschädigt wird. Die frühere Streitfrage, welcher Röhrenart der Vorzug zu geben wäre, ist wohl in dem Sinne gelöst, daß nur im Einzelfall nach sorgfältiger Prüfung der örtlichen Verhältnisse entschieden werden kann. In den letzten Jahren ist zu den Gußröhren üblicher Ausführung die Gußröhrenherstellung nach dem Schleudergußverfahren hinzugekommen, wobei neben einer Vereinfachung in der Herstellung eine Qualitätsverbesserung des Rohmaterials durch Erhöhung der Zugfestigkeit des fertigen Rohres erreicht werden soll. Man wird abzuwarten haben, welchen Gang diese Entwicklung weiterhin nimmt und wie weit es gelingt, die statischen Eigenschaften der Gußröhren auf dem angedeuteten Wege denen der Stahlröhren anzunähern. Wichtig bleibt stets ein guter Schutz der Röhren durch Asphaltierung und Bejutung und die Auswahl

geeigneter Röhrenverbindungen. In letzterer Hinsicht wurden im Anwendungsgebiet der Stahlröhren durch die Vervollkommenung des Schweißverfahrens erhebliche Vorteile erzielt, mit der die Gußrohrtechnik bis jetzt nicht Schritt halten konnte. Es ist noch nicht gelungen, für Wasserleitungszwecke Gußröhren der üblichen Lichtweiten im Rohrgraben betriebssicher zu schweißen als Ersatz für die gebräuchlichen Muffen- und Flanschenverbindungen. Auch die wiederholt versuchten Lötverfahren zur Herstellung von Rohrverbindungen scheinen zwar aussichtsreich, aber noch nicht zum endgültigen Abschluß gekommen zu sein.

Dem fertig verlegten Rohrstrang droht die Zerstörung von außen durch Bodensetzungen, durch Anfrassung der Leitungen

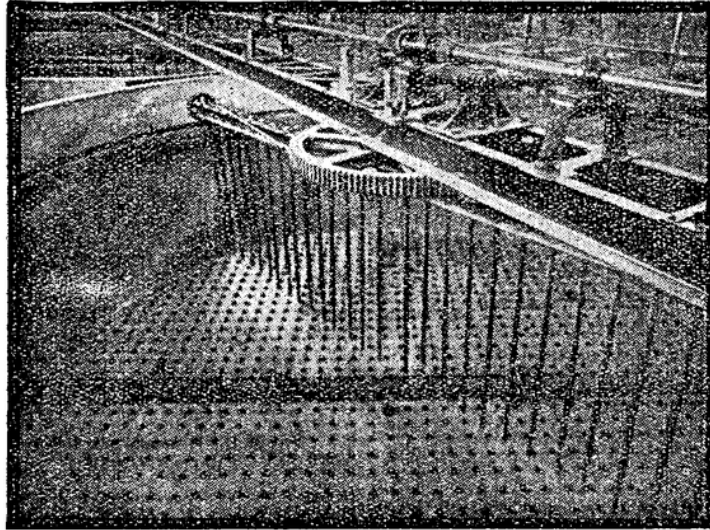


Abb. 5. Filterboden und Rührwerk eines Schnellfilters

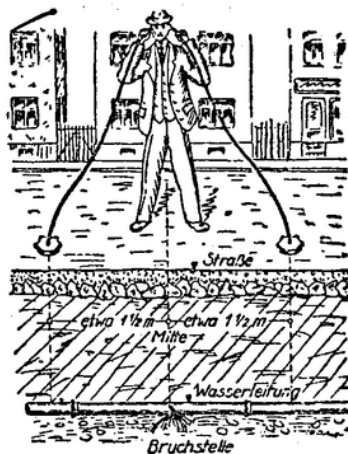
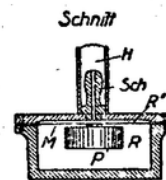


Abb. 6. Geophon nach Prof. Dr. Mainka zum Aufsuchen von Wasserleitungsschäden



Schnitt  
 H = Horschlauch  
 M = Membrane  
 P = Gewicht  
 R, R' = Räume luftdicht abgeschlossen  
 Sch = Ansatz für Horschlauch.

durch Bodensäure und abirrende elektrische Ströme. Von innen heraus werden dem Rohrmaterial eisenangreifende Wässer gefährlich oder es kann der Rohrquerschnitt durch Kalkablagerungen aus dem Leitungswasser verengt und versetzt werden. Wie oft schon hat man die Erfahrung gemacht, daß beispielsweise in gipshaltigem Lehm und in huminsäurehaltigem Boden schon nach wenigen Jahren das Rohrmaterial graphitartig zersetzt und zerfressen wurde. Auf alle diese Dinge muß schon bei der Projektierung, spätestens aber im Lauf der Ausführung der Leitung Rücksicht genommen — und zweckentsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Kohlensäurehaltiges, sauerstoffreiches Leitungswasser löst das metallische Eisen des Rohrstranges auf, wobei die Löslichkeit bis zu 1000 m pro Liter betragen kann. Bei Hinzutritt von Sauerstoff, der in den meisten Versorgungswässern mechanisch gebunden enthalten ist, scheidet sich dieses Eisen im Rohrnetz als Eisenerz wieder aus und bildet die bekannten Ansätze. Diesem Mißstand sowie der Verkalkung des Rohrnetzes durch harte Wässer kann durch Entsäuerung und Desaktivierung des Wassers, also durch entsprechende Vorbehandlung vor der Einleitung in das Verteilungsrohrnetz entgegengewirkt werden. Ein derartiges Verfahren für automatisch einstellbaren Betrieb zur Bekämpfung der Zerstörung von Wasserleitungsröhren von innen heraus wurde bei der Wasserversorgung von Wiesbaden entwickelt.

Endlich ist zu beachten die pflegliche Wartung und Kontrolle des Rohrnetzes auf Leitungsschäden. Beim regelmäßigen periodischen Abhören der Rohrstränge zur Feststellung von Brüchen und Leckstellen hat sich als Ersatz der bisherigen Abhörtrommel das aus der Abbildung ersichtliche und mit einer sehr schallempfindlichen Membrane versehene Geophon nach Prof. Dr. Mainka bestens bewährt. Als besonders wertvoll für die Ueberwachung der Rohrnetzverluste hat sich die Unterteilung des Rohrnetzes in einzelne durch besondere Distriktswassermesser kontrollierte Zonen erwiesen, die durch elektrische Fernmeldeeinrichtungen den jeweiligen Wasserdurchfluß nach einem Zentralbureau übertragen. Abweichungen im Verlauf der auf der Registriertrommel aufgezeichneten Verbrauchskurven lassen alsbald Störungen im Rohrnetz z. B. durch Brüche erkennen, deren Feststellung im einzelnen dann durch Abhören erfolgt.

**Wassermessung.** Das Wasserwerk soll seinen Abnehmern nicht nur gutes Wasser in reichlicher Menge zur Verfügung stellen, sondern es soll dieses Wasser auch zu einem erschwingbaren Preis liefern können. Dies ist nur dann möglich, wenn durch sorgfältige Ausbildung des Wassermesserswesens einer zwecklosen Wasservergeudung durch den Abnehmer vorgebeugt, durch die Wassermessung ein gerechter Maßstab für die Kostenumlage geschaffen und verhindert wird, daß durch Nachzeigen mangelhaft unterhaltener Messer ein Teil der Abnehmer Wasser geschenkt bekommt, daß dann auf Kosten der Allgemeinheit wieder umgelegt werden muß. Diese Gesichtspunkte führen dazu, daß dem Wassermesserswesen von den Werken zunehmende Beachtung geschenkt werden muß. Hierbei kommt in erster Linie in Frage, daß die Hauswassermesser möglichst zuverlässig und möglichst empfindlich gebaut werden. Es hat sich dabei als zweckmäßig erwiesen, an Stelle von Metallen möglichst weitgehend Hartgummi zu verwenden, das gegen die Angriffe säurehaltigen Wassers unempfindlich ist. Die Durchflußempfindlichkeit der Wassermesser wurde stetig verbessert und in solchen Fällen, wo kleinste Wassermengen gemessen werden müssen, ist der Volumenwassermesser (Scheibenwassermesser) dem Flügelradwassermesser vorzuziehen.

Durch Schadensucher (Volumenwassermesser mit Registrierwerk) hat man die Möglichkeit, die Wasserverluste in den einzelnen Gebäuden festzustellen, um durch entsprechende Einwirkung auf die Abnehmer diese Verluste zu verringern. Alles in allem stellt das Wassermesserswesen ein außerordentlich umfangreiches und dankbares Arbeitsgebiet für die Wasserwerke dar, aus dem zugunsten der Allgemeinheit und einer gerechten Verteilung des dem Werk entstehenden Aufwands großer Nutzen gezogen werden kann.

Diese kurzen Ausführungen über die wichtigsten, bei neuzeitlichen Wasserwerken zur Erörterung stehenden Fragen sollen einen Ueberblick über dieses umfangreiche Gebiet geben. Sie sollen auch zeigen, wie wichtig und notwendig ein zweckentsprechendes Zusammenarbeiten zwischen allen Gliedern eines solchen Werkes ist und sie möchten endlich darauf hinweisen, welche Maßnahmen ins Auge gefaßt werden müssen, um der bevorstehenden Steigerung des Bedarfs an gutem Trink- und Versorgungswasser für die Zukunft gerecht zu werden.

## Großkraftwerk Klingenberg in Berlin

Am 14. Mai hat die Stadt Berlin ihr neu errichtetes Großkraftwerk in Rummelsburg in Betrieb genommen. Sein Schöpfer ist der leider verstorbene Ingenieur Klingenberg, der einer der Größten im Reiche der Technik war. Nach ihm hat die Stadt die neue Riesenanlage „Großkraftwerk Klingenberg“ benannt. Es ist das größte Kraftwerk Europas, ja der Welt.

Der erste Ausbau umfaßt drei Hauptturbinen mit einer Maximalleistung von je 80 000 Kilowatt, dazu treten drei Vorwärmerturbinen für den Hausbedarf mit einer Leistung von je 10 000 Kilowatt. Die Dampferzeugung geht in 16 Kesseln, sogenannten Großdampferzeugern vor sich, die 17 Meter hoch sind und über je eine Heizfläche von 1750 Quadratmeter, eine Dampfspannung von 37,5 Atmosphären und 425 Grad Ueberhitzung verfügen. Eine gesonderte Kohlenaufbereitungsanlage umfaßt sechs Pendelmühlen, in denen die Kohle zu feinstem Puder zermahlen wird. Per Schiff und Waggon wird die Staubkohle aus Oberschlesien, Rheinland und Westfalen, teilweise durch einen von der Spree aus angelegten Stichkanal, in die Vorbereitung geschafft, von wo sie durch Druckluft in die ungeheuer großen Oefen gepreßt und restlos ausgewertet wird. Der Heizer, auf den Name Handarbeiter nicht mehr zutrifft, ist ein Mann, der an einem Tisch sitzt und auf Grund optischer Signale, von einem 200 Meter entfernten Raum gegeben, die Oefen reguliert. Erforderlich ist nur ein Heizer je Schicht.

Während in Zschornowitz, das annähernd nur 50 Proz. der in Klingenberg erzeugten Energie liefert, früher noch 1200 Mann Bedienung erforderlich waren und jetzt, nach der Umstellung, immer noch 750 Mann Bedienung notwendig sind, kommt man in Rummelsburg mit 200 Mann aus. Allerdings dürfte es sich bei den dort Beschäftigten um die Elite der Groß-Berliner Arbeiterschaft handeln.

Ein Bild von dem gewaltigen Ausmaß von Klingenberg vermag in erster Linie nur die Erinnerung an die dort geleistete Arbeit zu geben. Im Bau und der Montage waren rund 4000 Arbeiter in je drei Schichten beschäftigt. In ungefähr 5000 Waggon = 150 Güterzüge zu je 60 Tonnen Inhalt wurde der Baumaterialienbedarf in einem Zeitraum von 15 Monaten dem Werk zugeführt. Ueber 30 000

Menschen haben in 90 verschiedenen Fabriken den Baubedarf für das Werk erzeugt und über 100 Firmen teilten sich in den Aufträgen für die Ausführung des Großkraftwerkes. Ein Wunderwerk der Technik ist entstanden und tatsächlich sind auch, sowohl was Technik

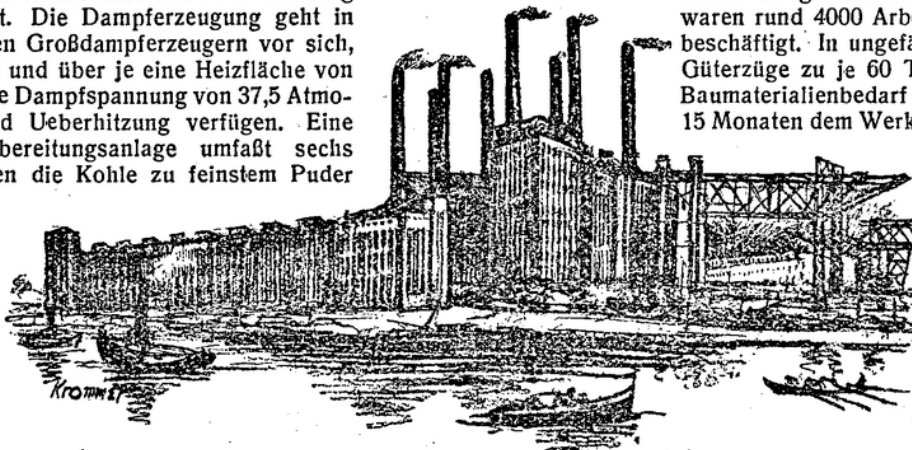


Abb. 1. Großkraftwerk Klingenberg

und Bauzeiten anbetrifft, die bisher als unerreichbar geltenden amerikanischen Leistungen glatt übertroffen worden. Zwei amerikanische Ingenieure, die eigens zur Besichtigung des Werks nach Berlin gekommen waren, stellten fest: „Das kann Amerika noch nicht“ und warfen die Frage auf: „Wie kann



Deutschland, das soeben erst einen großen Krieg verloren hat, so etwas bauen?“

Wie es möglich war? Zwei Kräfte kommen hier zum Ausdruck. Die eine ist der technische Impuls, der seit dem Zusammenbruch unserer Wirtschaft und Währung durch Deutschland geht. Der deutsche Techniker hat durch das Werk Klingenberg gezeigt, daß er noch konstruieren, und der deutsche Facharbeiter, daß er noch in die Höhe bauen kann. Man muß bedenken, daß das Hochhaus von Klingenberg mit 42 Metern die Spree weit überragt und die Riesenöfen, in denen Straßenzüge Platz finden können, in einer Höhe von rund 25 Metern liegen. Die Leistung ist insbesondere deshalb hoch zu veranschlagen, als der deutsche Arbeiter seit Ausbruch des Krieges nicht mehr auch nur in ähnlichen Hochausführungen tätig war. Teilweise mußten die verwendeten Monteure erst zu diesen Arbeiten ausgebildet werden. Andererseits ist es die Stadt Berlin mit ihrer Linksmehrheit, die den genialen Plan Klingengbergs verwirklichte, nicht weil Berlin einen technischen Rekord aufstellen wollte, sondern weil es durch seine Wirtschaftsverhältnisse zu diesem Riesenbau gezwungen war. Eingefleischte Privatwirtschaftler gestehen, daß in den Jahren 1923 und 1924, wo sich Berlin für den Plan Klingengbergs entschloß, kein privatwirtschaftliches Unternehmen an die Ausführung eines solchen gigantischen Werkes denken konnte.

Die Stadt Berlin, die städtische Regie, die so oft totgesagte Gemeinwirtschaft, hat aber diese Kühnheit besessen. Sie stellte die Elektrizitätsversorgung der Millionenstadt

auf eine neue und vor allen Dingen rentable Grundlage. Die Berliner Bevölkerung kann stolz sein auf diesen Gemeindesozialismus, der sich im Wunderwerk an der Spree bei Rummelsburg verwirklicht.

Wenn das Werk heute vollendet ist, gilt es auch der Opfer der Arbeit zu gedenken. Klingenberg ist ein Schlachtfeld der Arbeit gewesen. Neben seinem Schöpfer Klingenberg, der trotz

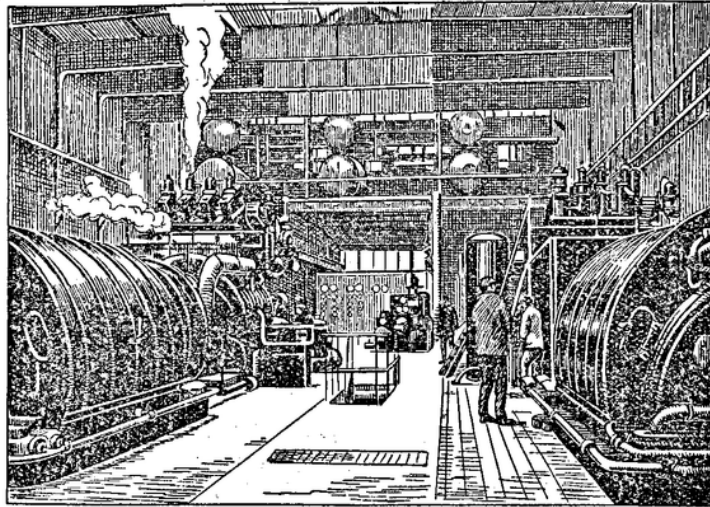


Abb. 2. Die Vorwärmeturbinen, die eine Leistung von je 10 000 kW haben

einer heftigen Lungenentzündung die Projektierung fortsetzte und dann in wenigen Tagen der Krankheit erlag, sind sechs Menschenleben zu beklagen. Dazu kommen vierzig Schwerverletzte, heute Krüppel, die kein Montagegerüst mehr besteigen werden und für die die Stadt Berlin eine besondere Unterstützung in die Wege geleitet hat. Zieht man ein anderes Riesenwerk der Nachkriegszeit, z. B. die Nilstaudämme, die Tausende von Menschenleben erforderten, zum Vergleich heran, so mag die Zahl der Opfer bei Klingenberg gering erscheinen. Sie ist auch niedriger als bei ähnlichen Bauten der Vorkriegszeit und liegt unter dem deutschen

Durchschnitt. Mancher Unglücksfall erklärt sich ohne Zweifel dadurch, daß der deutsche Techniker und Facharbeiter während des Krieges und während der Inflation der Arbeit in der Hochmontage fremd geworden ist. Sieht man aber die Unfallkatastrophe durch, so ergibt sich, daß manches Opfer bei besserem Arbeiterschutz hätte vermieden werden können. Das ragende Wunderwerk an der Spree soll deshalb nicht nur das Hohelied der Technik sein, sondern auch ein sozialpolitisches Wahrzeichen für den Schutz desjenigen, auf den sich die deutsche Technik gründet, des deutschen Arbeiters.

## Entwicklung der Gasturbine

Von A. C. Jebens.

Die ganze Entwicklung des heutigen Baues von Kraftmaschinen wird beherrscht von dem Gedanken einer Verringerung ihres Wärmebedarfs. Was aber heute unbedingt richtig ist, braucht in der Technik übermorgen nicht mehr zu stimmen. Schon heute haben wir große Eisenhüttenbetriebe mit Gasüberschuß. Setzt sich dieser Zustand fort, dann kann es einmal wichtiger werden, auf einige Prozent Wärmeeinsparung zu verzichten und dafür die Betriebssicherheit der Kraftmaschine zu erhöhen und ihre Anlagekosten zu verringern. Diesem Ziel hat Professor Stauber von der Charlottenburger Technischen Hochschule seine Lebensarbeit gewidmet und darüber vor dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute berichtet. Der Plan Staubers ist kurz umrissen folgender: eine Kraftmaschine zu bauen, die von der einfachsten Betriebssicherheit (z. B. wie die Wasserturbine) ist, höchstens ein Fünftel der Kolbengasmaschine kostet und einen Gesamtwirkungsgrad zwischen Wellenleistung und aufgewendeter Wärme von 20 Proz. aufweist. Auf diesem Wege hat sich Staubers Interesse einer bisher unbeachtet gebliebenen Maschinenart, der nassen Gasturbine, zugewandt.

Mancher wird bereits von der trockenen Gasturbine gehört haben. Sie ist im Grunde nichts anderes als eine Dampfturbine, nur daß die Radschaufeln an Stelle von Dampf durch die Explosionsgase eines Verbrennungsvorganges getrieben werden. Hierbei entstehen natürlich sehr hohe Temperaturen, man muß also entweder das Betriebsmittel oder die Laufschaufeln kühlen; das bedingt hohe Kraftverluste, die so hoch sind, daß von der in Lemale-Armengauds 1908 entstandenen Gasturbine aufgewendeten Wärme etwa 5 Proz. übrigbleiben, aber auch die nur auf dem Papier. Die Maschine brachte es mit Ach und Krach zum Leerlauf. Das ist nicht viel. Holzwarth erkannte erst, daß eine Gasturbine nur dann etwa 20 Proz. Leistung aufweisen wird, wenn die Feuergase ungekühlt wirken und an ihrer Stelle die Laufschaufeln gekühlt werden. Hierdurch

verschwinden die Kühlverluste vor der Expansion der Treibgase. Er baute die einzig brauchbare trockene Gasturbine. Der schlechte mechanische Wirkungsgrad von etwa 50 Proz. zwischen dem Arbeitsvermögen der Treibgase und der Wellenleistung verhinderte aber auch bei seiner Maschine eine Leistungssteigerung über 18 Proz. hinaus. Dabei konnte man am Radumfang einer Holzwarthturbine noch 25 Proz. Leistung messen. Es müssen also am Rad selbst Bremskräfte nach erfolgter Entlassung der Treibgase aus dem Schaufelkranz wirksam werden. Diese Hemmung liegt anscheinend in der Spilluft, die, um die Schaufeln wirksam kühlen zu können, langsam durch die Schaufeln streichen muß, viel langsamer als die Feuergase; hierdurch entsteht ein laufendes Wechselspiel von Antrieb und Bremsen, also Kraftverlust. Trotzdem erreicht die Holzwarthturbine annähernd bereits zwei der Stauberschen Forderungen: 18 Proz. Leistung und etwa ein Fünftel Anschaffungskosten der Kolbengasmaschine. Aber sie ist nicht einfach und betriebssicher genug.

Dies kann von der nassen Gasturbine erreicht werden, in der strömendes Wasser als Vermittler der Kraftübertragung aus dem Verbrennungsraum an die Maschinenwelle benutzt wird. Der hohe mechanische Wirkungsgrad (25 Proz.) des weit verbreiteten Föttinger Transformators beweist ja, daß Wasser ein ausgezeichnetes Triebwerk darstellen kann. Es läßt sich dort als Kupplungsmittel zwischen zwei Wellen verschiedener Umlaufzahl benutzen. Die Anwendung derartiger Gedanken auf eine Gasturbine erfordert zunächst die Übertragung der in den Verbrennungsgasen enthaltenen Energie mit möglichst geringem Wärmeverlust an das Triebwerk Wasser. Dahin führen zwei Wege. Entweder man überträgt die Gaskraft durch Einmischen der Gase in Blasenform an das Wasser, oder man läßt sie geschlossen auf die Wasseroberfläche einwirken. Die so angedeuteten Möglichkeiten sind, allerdings zu ganz anderen Zwecken, in der Mammutpumpe und in der Humphrey-

pumpe bereits verwirklicht worden. Bei der Humphreypumpe handelt es sich im Grunde darum, daß man eine Wasserpumpe und eine Kolbengasmaschine vereinigt hat. Vielleicht genügt die Vorstellung, daß in dem Arbeitszylinder eines Gasmotors die explodierenden Gase nicht gegen einen Kolben, sondern auf die Wasseroberfläche wirken. So kann man eine Wassersäule sozusagen fortschleudern und nach Expansion der Gase verhindern, daß sie zurückschlägt. Die Wirkung ist die einer Pumpe. Man kann eine solche Humphreypumpe erweitern und hat es auch getan, indem man das Wasser zur Speisung eines Windkessels benutzte und von diesem aus über eine Wasserturbine wieder zur Humphreypumpe zurückfließen ließ. Die Anlage würde an sich mit Leistung arbeiten, aber sie bedingt viel höhere Anschaffungskosten als die beste Kolbengasmaschine. Der Umweg des Wassers über Windkessel und Saugkasten ist zu weit und damit zu teuer.

Professor Prazil war der erste, der Gasdrücke auf sich drehende Wasserkolben wirken lassen wollte. Dieser Gedanke kommt in seiner Wasserring-Turbine zum Ausdruck. In dieser Turbine sollte Wasser unter dem Einfluß von Gasdrücken aus den Zellen eines Laufrades austreten und auf dem Umweg über einen Umleitkanal wieder in das gleiche Laufrad zurückkehren. Triebwerk, Wasserführung und Steuerung derartiger Wasserring-Turbinen sind verblüffend einfach. Demgegenüber steht der ungenügende mechanische Wirkungsgrad der Kraftentziehung aus dem pendelnden Wasser. Die Wasserumführung in einer Ebene bringt für den Wiedereintritt des umgeführten Wassers zu große Stoßverluste. Prazil hat den gesunden Grundgedanken seiner Turbine, die Oberflächen von pendelnd umlaufenden Wasserkolben zur Aufnahme und Abgabe von Gasarbeiten zu benutzen, abgeschreckt durch Mißerfolge, nicht weiter verfolgt. Stauber hat seine Arbeiten an die Gedankengänge Humphreys und Prazils angelehnt und weiter entwickelt. Dazu trat als weiteres Vorbild die Dunlopsche Pendelrohrturbinen, in der ein Wasserkolben von unveränderlicher Gesamtmasse und unveränderlichem Zusammenhang zwischen zwei ruhenden Verbrennungsräumen im Zweitakt durch eine bewegte Laufschaufelung hin und her pendeln sollte. Stauber drehte jedoch Dunlops Prinzip um und ließ in seiner Pendelringturbinen umlaufenden Wasserkolben durch einen festen Leitring hin und her pendeln.

Im Jahre 1920 entstand die Staubersche Pendelringturbinen, in der 1922 und 1923 die ersten Vorversuche mit Druckluft durchgeführt wurden. Es war dabei möglich, die Turbinen aus dem Leerlauf zu belasten. Der Nachweis war erbracht, daß mit Hilfe von pendelnd umlaufenden Wasserkolben positive Kraft aus Gasen an eine Turbinenwelle übertragen werden kann. Das ermutigte zum Uebergang zu expandierenden Verbrennungsgasen. Zuvor wurde manches an der Bauart der Turbinen verbessert, z. B. das Rad, das mit seinen drei Schaufelssystemen zu viel Bremsflächen geboten hatte. In wesentlich vereinfachter Form kam die Pendelringturbinen im Jahre 1925 wieder in Betrieb, und sogleich ergaben sich neue Erkenntnisse. Endlich war die — vorher nicht erzielte — ununterbrochene Zündung erreicht. Das war früher stets bezweifelt worden, man glaubte nicht, daß in den umlaufenden Verbrennungsräumen nasser Gasturbinen einfache Kerzen zuverlässig zünden würden. Nicht erreicht wurde die genügende Vergrößerung der Gasarbeit. Die Turbinen ließ sich bei geringer Umlaufzahl nicht vom Antrieb freimachen. Im wesentlichen hat diese zweite Turbinen die Aufgabe erfüllt, die Vorbedingungen für weitere Fortschritte zu klären. Das Ziel ist, die Unveränderlichkeit des Hubbereiches und die Sicherung der Ladung gegen Anfeuchtung zu erreichen, wie sie in der Humphreypumpe vorhanden sind. Der Weg dazu wird erfreulicherweise zu einer weiteren Vereinfachung der Turbinenbauart führen. Es wird die einfach wirkende Turbinen erreicht. Unlösbar ist jedenfalls das Problem nicht mehr, denn es ließ sich durch die bisherigen Versuche beweisen: die Möglichkeit spritzfreier Hübe von umlaufenden Doppelkolben, daß mit Hilfe solcher Wasserkolben Wellenarbeit zu erzielen ist, die Möglichkeit des Anlassens mit geringen Gasarbeiten und der Selbsteinstellung, des Ladens und Spülens, der Zündung, der Entbehrlichkeit von Dichtungen im Feuerbereich. All diese Möglichkeiten sind von Fachleuten noch nach dem Kriege geübt worden. Stauber ist ungeachtet der in Deutschland gewiß nicht zu kostspieligen Experimenten animierenden Wirtschaftslage nach dem Kriege einen abseits aller Erfahrung liegenden Weg gegangen. Noch ist das Ende dieses Weges nicht abzusehen. Aber man muß das bisher Erreichte freudig begrüßen und Anteil nehmen an deren weiteren wissenschaftlichen Arbeiten.

„Das Technische Blatt.“

## Schleifringloser Phasenläufer

Von Ingenieur Friedrich Lohauß, Chemnitz.

Für alle Betriebe, in denen einerseits kein geschultes Personal zum Bedienen der Antriebsmotoren vorhanden ist bzw. rentabel gsetzt werden kann und andererseits eine hinreichend schonende und stets zweckmäßige Behandlung fabrikationstechnisch nicht zu erreichen ist, hat sich der Drehstrommotor mit Schleifringläufer, namentlich für mittlere Leistungen, als eine Notwendigkeit mit oft recht unangenehmen Beigeschmack herangebildet. Gedacht ist hierbei in erster Linie an die Landwirtschaft, die vorwiegend Motoren von 1 bis 70 PS Nennleistung und nahezu die Hälfte aller Motoren verkonsumiert, ferner an das Kleinhandwerk, in dem der Elektromotor in steigendem Maße angewendet wird, z. B. Fleischereien, Bäckereien, Tischlereien, Schuhwerkstätten u. a., sowie in Entwässerungs- und sonstigen unter ungünstigsten Bedingungen arbeitenden Anlagen (Zechen usw.). Die am meisten zu verzeichnenden und nicht zu vermeidenden Störungen sind auf die Schleifringe und den mit ihnen verbundenen Flachbahnanlasser zurückzuführen. Infolge Abnutzung an diesen Teilen, zu welchen auch die Bürsten und die Kurzschluß- und Bürstenanhebevorrichtung gehören, wird die Lebensdauer herabgesetzt, treten Betriebsunterbrechungen und, auch als indirekte Folge, verhältnismäßig häufig Wicklungsschlüsse auf, so daß die Betriebssicherheit leidet und die Betriebskosten durch Wartung, Auswechslung und Reparaturen vermehrt werden. In Werkstätten mit vielen Einzelantrieben, die sich aus wirtschaftlichen Gründen immer mehr durchsetzen, treten diese Punkte in verstärktem Maße unerwünscht in Erscheinung und verursachen eine Minderung der Rentabilität. Mag der SL-Motor in Zentralen oder großen Industriewerken, welche zur Unterhaltung des gesamten Antriebsapparats eigens hierzu bestimmtes Personal und besondere Werkstätten besitzen, eine genügende Betriebssicherheit ermöglichen, so ist wohl in jedem anderen Fall ein Motor ohne Schleifringe, Läuferranlasser und Verbindungsleitungen zwischen diesen begehrter, weil er entschieden

den Betrieb sicherer gestalten läßt, und so gut wie keine Wartung oder Gewandtheit zu seiner Bedienung vonnöten sind. Leider konnte der Kurzschlußläufermotor bisher nur für kleine Leistungen Verwendung finden, da er trotz seiner großen Ueberlegenheit im Betriebszustand nur mit sehr geringem Drehmoment anlaufen darf, sollen merkbare Spannungsschwankungen im Netz verhütet werden. Diese können auch selbst in unseren heutigen großen und ausgedehnten Netzen auftreten, wenn eine größere Anzahl solcher Motoren angeschlossen ist, deren Anlaufspitzenströme sich praktisch doch wohl niemals gegenseitig ausgleichen werden, was, wie wenig beachtet wird, höchst un-

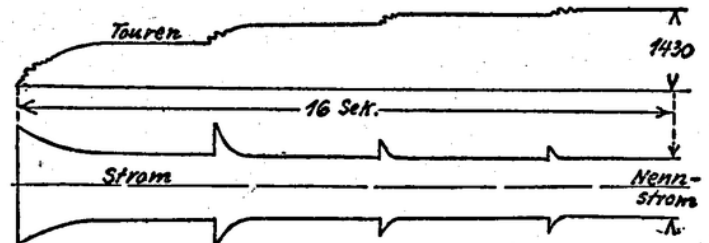


Abb. 1

wahrscheinlich sein würde. Es muß vielmehr damit gerechnet werden, daß, wenn tatsächlich, wie in Amerika, auch bei uns Kl-Motoren, z. B. bis 20 kW angeschlossen werden dürften, beim Umschalten auf Dreieck ganz erhebliche Lichtschwankungen und Tourenabfälle bei Motoren oder Umformern eintreten können.

Die beschränkte Drehmomententwicklung beim Anzug aufzuheben und dabei einen für den SL-Motor charakteristischen, günstigen Anlauf zu erlangen, war die Aufgabe für eine Neukonstruktion der Deutschen Werke Kiel A.-G., welche diese Bedingungen unter Umgehung von Schleifringen und Flachbahnanlasser auch einwandfrei erfüllt. Während einige andere, be-



reits früher in dieser Zeitschrift besprochene Bauarten mit denselben Zielen besondere Anlaufwicklungen im Ständer erfordern, ist hier ein vollkommen normaler Ständer beachtenswert, wodurch sich der Anschluß an das Netz und die Montage einfach und wie beim normalen Motor gestalten.

Die Dreiphasenentwicklung des Läufers wird beim SL-Motor bekanntlich mit Rücksicht auf das zu entwickelnde bzw. größt-erreichbare Drehmoment, d. i. das Kippmoment, bemessen, wo-

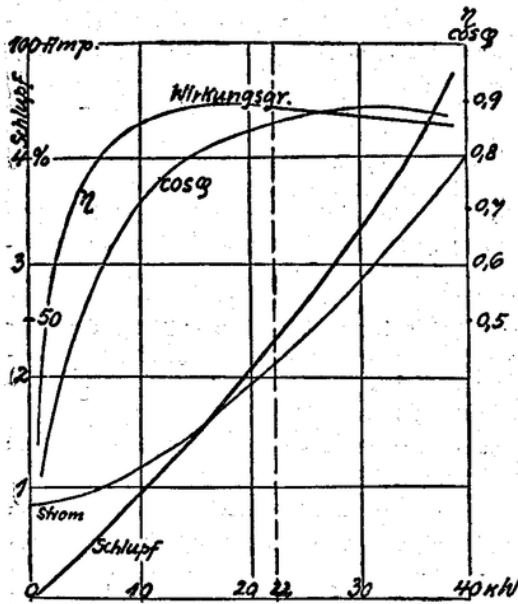


Abb. 2

Motor erreicht bei Sternschaltung max. ein Drittel des Nennmoments, da die Spannung auf die Hälfte reduziert ist. Viele Antriebe erfordern jedoch weit höhere Werte, vornehmlich Anlauf unter voller Belastung; die Anwendungsgebiete für den normalen Motor sind schon aus diesem Grunde außerordentlich begrenzt. — Kann der Anlasser, der Widerstand und Spannung

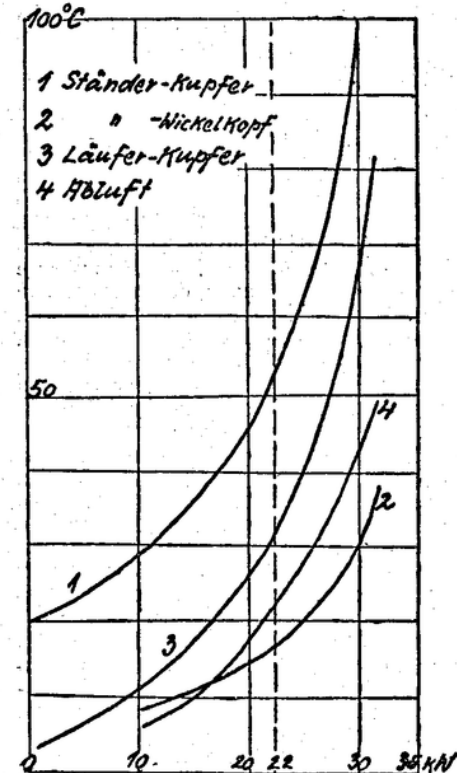


Abb. 3

beschleunigung des Läufers entsprechend wird nach erfolgtem Anzug die Phasenwicklung in drei Stufen eingeschaltet, also kurzgeschlossen, wobei die dritte Stufe den Betriebszustand bedeutet. Gleichzeitig erfolgt das Öffnen der Käfigwicklung, die ihre Aufgabe erledigt hat. Der Widerstand des gesamten Läufers wird nach und nach, mit abnehmendem Schlupf, auf den Nennwert bei Vollasttoren

gebracht. Der schleifringlose Phasenläufer mit Käfig-Hilfswicklung verleiht dem Motor den Vorzug des SL-Motors beim Anlaufen und nimmt ihm dessen Nachteile während des Betriebes. Das Verhalten des mit einem solchen Läufer ausgerüsteten Motors während der gesamten Anlaufperiode ist als günstig anzusehen und weicht von dem eines SL-Motors nicht ab, wie aus Abb. 1 hervorgeht. Die beiden Oszillogramme gelten für

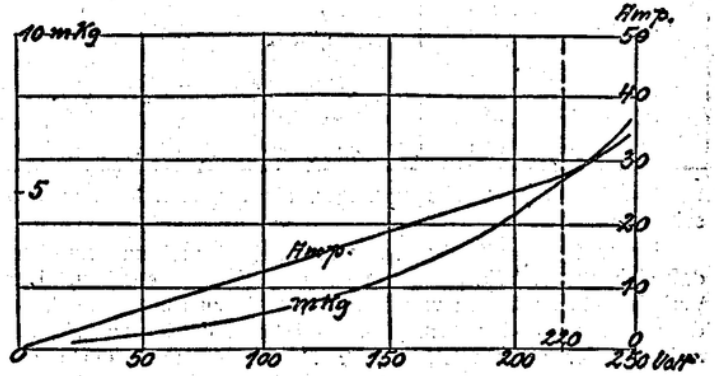


Abb. 4

einen unter Vollast angelassenen 7,5-PS-Motor mit  $n = 1430$  und veranschaulichen das gleichmäßige Steigen der Drehzahl sowie die bei den vier Schaltungen einsetzenden Stromstöße, die den zirka 1,7fachen Nennstrom nicht überschreiten, was durch die stufenweise Aenderung bzw. Herabsetzung des Läuferwiderstandes erzielt wird. Die Spitzenwerte dauern dabei nur äußerst kurzzeitig, namentlich in den Stufen 3 und 4. Das treppenförmige Bild gleicht dem eines SL-Motors. Der Anlauf ist nach etwa 14 Sekunden erfolgt und durch eine auffallende Gleichmäßigkeit in den einzelnen Stufen gekennzeichnet. Da keine unzulässig hohen Ströme zu befürchten sind, haben sämtliche Eltwerke die Motoren zum Anschluß freigegeben.

Zur Beurteilung der elektrischen Eigenschaften wurde ein 30 PS mit 960 Vollasttoren untersucht und sind die Prüfungsergebnisse in den Abb. 2 und 3 zusammengestellt. Die erstere

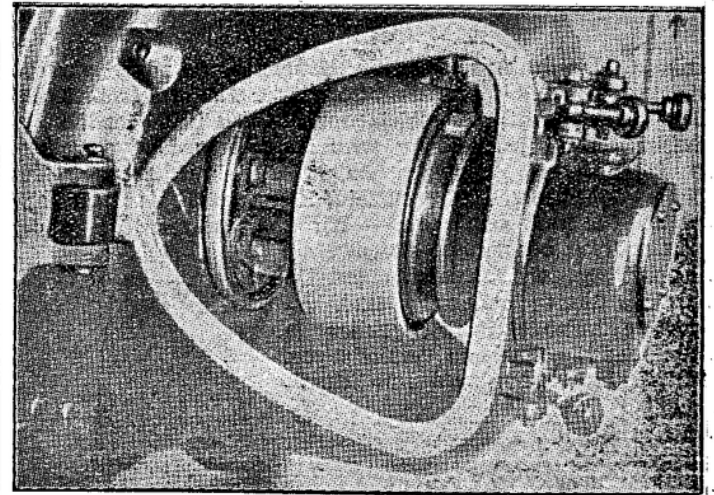


Abb. 5

läßt außer dem Stromverlauf bei Sternschaltung (380 Volt Klemmenspannung) und der Schlupfkurve die wichtigen Werte für Wirkungsgrad und Leistungsfaktor bei allen Teillasten und bis zu einer 80prozentigen Ueberlast erkennen; der Ständerwiderstand beträgt 0,1032 Ohm je Phase, der im Läufer 0,0239 bis 0,0126 Ohm, letzterer Wert gilt bei der 4. Anhaltstufe, gerechnet bei 15 Grad Celsius. Abb. 3 zeigt günstige Temperaturen, und zwar bis zirka 35 Proz. Ueberlast; die Grade bedeuten die Uebertemperatur (normal 15 Grad Celsius); die Spannung wurde dabei auf 380 Volt konstant gehalten. Aus Abb. 4 sind Stromstärke und Drehmoment des 7,5-PS-Motors ersichtlich, für den die Anlaufkurven (Abb. 1) gelten. Hier sind die Werte bei 220 Volt (Dreieckschaltung) gemessen, in Abhängigkeit von der Klemmspannung. Wie leicht erklärlich, konnte der DWK-Motor nur dann auf praktische Erfolge rechnen, wenn die günstigen Anlauferscheinungen nicht auf Kosten einer höheren Energieaufnahme erreicht werden. Aus den Kurvenbildern und nachstehender Uebersicht geht hervor, daß die betreffenden Größen tatsächlich genügend berücksichtigt sind und die Ver-

bandsnormen eingehalten werden, was in konstruktiven Eigenarten begründet ist.

Leistung (gesch. Bauart) kW	Nenn Drehzahl	Strom im Ständer bei 380 Volt in Amp.	in Proz.	cos und N'Last
4	1 430	8,6	85	0,84
7,5	1 435	14,5	86	0,86
15	1 440	30	87,5	0,87
3,5	940	8,4	81,5	0,78
6,5	950	14,5	84,5	0,82
12	955	25	86	0,86
22	960	44,5	87,5	0,86
30	960	59	88,5	0,87

Die Werte sind teils günstiger, als die VDE-Normen vorschreiben, und erreichen die für offene normale Motoren.

Ueber das spezifische Anzugsmoment ist noch zu bemerken, daß sich etwa fünffache Werte eines KL-Motors ergeben. Das Verhältnis in Prozenten von Anzugsmoment zu Nennmoment, bei diesem etwa 0,15 bis max. 0,25, beträgt hier 0,5 bis zu 0,7. Bei Anlauf unter einer Last, welche die Vollast noch um etwas übersteigt — durch Wirkung der Käfig-Hilfswicklung erreichbar —, verhält sich die Stromaufnahme zu dem Nennstrom wie das Anzugs- zum Nenn-

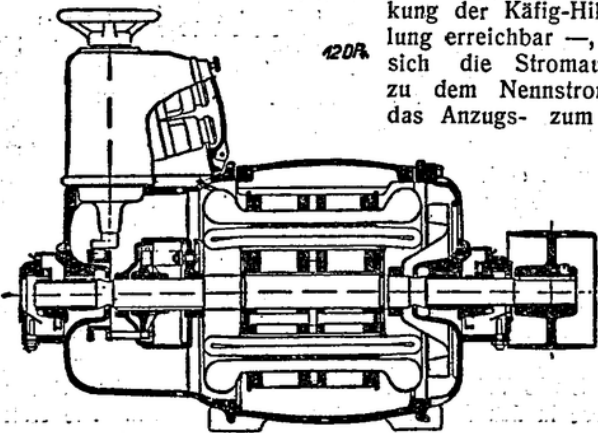


Abb. 6

moment. Da der Anzug von der Käfigwicklung allein herrührt, so ist sie beim KL-Motor die Stromstärke von dem Lastmoment nicht abhängig, d. h. bei kleinerem Moment tritt derselbe Anlaufstrom auf. Jeder Motor wird für Vollastanlauf ausgelegt, so daß also bei geringerem Anlauf die Beschleunigung des Läufers in entsprechender kürzerer Zeit verläuft und bei Leeranlauf sehr groß sein muß. — Wir kommen nunmehr zu der konstruktiven Lösung der stufenweisen Einschaltung der Läuferwicklungen. Da nur vier Stufen notwendig sind, erwachsen keinerlei Schwierigkeiten in bezug auf Kontakte und Verbindungen. Die Wicklungsenden werden an Schleifkontakte geführt, deren

Gegenstück neben dem eigentlichen Läuferkörper auf der Welle in einem staubdicht gekapselten Gehäuse rotieren. Die jeweilige Lage dieser

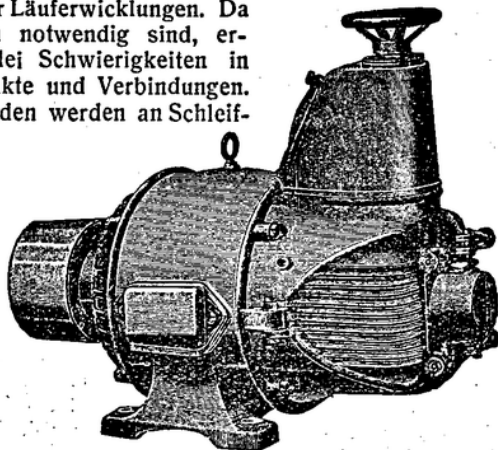


Abb. 7

Gegenkontakte, durch welche die vier Wicklungsschaltungen bestimmt werden, wird mittels einer Kurzschließeruffe, die um die Welle greift, erreicht; die Steuerung dieser Muffe erfolgt von der Welle eines Anlaßschalters, der mit ihr durch einen Gabelbolzen sinngemäß verbunden ist. (Abb. 5 zeigt diese Teile, die Kontakte liegen dabei frei.) Die vertikal geführte Schaltwelle, durch ein Handrad betätigt, wird in einem an den Motor angebauten Gehäuse geführt, das gleichzeitig die drei Anschlußsicherungen aufnimmt. Auf der ersten Schaltstufe wird der

Motor an das Netz geschlossen; ein besonderer Hebelschalter ist somit überflüssig, wodurch die Montage sehr vereinfacht erscheint und lediglich außer Aufstellung der Maschine auf den Anschluß der drei Leitungen beschränkt bleibt. Für Einzelantriebe stellt der Motor, auch betreffs Bedienung und Wartung, fast ein Ideal dar. Einer Lockerung der Sicherungspatronen kann in leichter Weise durch einfache Drahtschleifen begegnet werden, für welche geeignete Löcher vorgesehen sind; der die Sicherungen aufnehmende Gehäuseteil wird durch eine Bedienungsklappe verschlossen. Motor, Netzschalter, Sicherungen, Anlaßschalter bilden ein zweckmäßiges Ganze. Die Anordnung ist aus der Schnittzeichnung (Abb. 6) ersichtlich; die gekapselten Kurzschlußkontakte, deren starke Konstruktion eine lange Lebensdauer verbürgen, liegen links vom eigentlichen Läufer; Kurzschließeruffe und Gabelbolzen sind auch hier deutlich zu erkennen. In Abb. 7 ist ein vollkommener Motor in Ansicht wiedergegeben, der den Anschlußbedingungen in landwirtschaftlichen wie in allen durch Zündungen gefährdeten Betrieben genügt. Für alle Leistungen kommt die geschützte Bauart zur Anwendung. Allein bei solchen Antrieben, welche ein sehr häufiges Anlassen erfordern, dürfte der schleifringlose DWK-Typ wenig am Platz sein und wird wohl dem normalen SL-Motor noch den Vorrang einräumen müssen.

## RUNDSCHAU

Die staatlichen Großkraftwerke Bayerns im sechsten Geschäftsjahr. Die staatlichen Großkraftwerke Walchensee-Werk A.-G., Mittlere Isar A.-G. und Bayernwerk A.-G. hielten kürzlich in München ihre ordentliche Generalversammlung ab (1. Oktober 1925 bis 30. September 1926). Der Brutto-Energieumsatz stieg gegenüber dem Vorjahr von 230 Millionen Kilowattstunden auf 335 Millionen Kilowattstunden, also um rund 46 Proz., einer weiteren Steigerung, die auf Grund der Leistungsfähigkeit der Werke möglich gewesen wäre, stand die Wirtschaftskrise und die reichliche Energie-Darbietung in den eigenen Wasserkraftanlagen der Abnehmer während der regenreichen Sommermonate entgegen. Dazu kam, daß auch die Stromabnahme der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft entsprechend den getroffenen Vereinbarungen noch nicht die volle Höhe erreicht hat. Im einzelnen ist den Geschäftsberichten der drei Aktiengesellschaften folgendes zu entnehmen: Walchensee-Werk A.-G.: Größere Aufwendungen erforderten die Fortführung der Bauten für die Ufersicherungen usw. Auf Grund der vertraglichen Vereinbarung mit der Bayernwerk A.-G. erhielt die Gesellschaft Vergütung für 98,75 Millionen Kilowattstunden Drehstrom und 20 Millionen Kilowattstunden Einphasenstrom. Aus den Einnahmen von 1 031 338 Mk. wurden aufgewendet 56 438 Mark für Verwaltungskosten, 469 463 Mk. für Kapitaldienst, 488 323 Mk. für Abschreibungen, als Reingewinn, der vorgetragen wird, verbleiben somit 133 972 Mk. — Mittlere Isar A.-G.: Für diese Gesellschaft ist auch das abgelaufene Geschäftsjahr noch als Anlaufjahr zu betrachten, nachdem zwei Maschinensätze erst in diesem Jahr voll in Betrieb genommen wurden. Im Frühjahr 1926 wurden bekanntlich die Arbeiten für den zweiten Ausbau aufgenommen. Die Gesellschaft erhielt von der Bayernwerk A.-G. Vergütung für 172,14 Millionen Kilowattstunden Drehstrom und 27,22 Millionen Kilowattstunden Einphasenstrom. Der Stromerlös mit den sonstigen Einnahmen betrug 3 128 793 Mk. Dem stehen an Ausgaben gegenüber 1 263 980 Mk. für Verwaltung und Stromerzeugung, 1 182 254 Mk. für Kapitaldienst, 677 700 Mk. für Abschreibungen, so daß ein Reingewinn von 18 377 Mk. verbleibt. — Bayernwerk A.-G.: Im Berichtsjahr wurde die zweite 100 000-Volt-Leitung auf neuer Trasse vom Walchenseewerk nach Karlsfeld fertiggestellt, desgleichen auch die neue Leitung vom Kachlet-Kraftwerk nach Regensburg. Die Vorarbeiten für neue Leitungen nach Scharnitz und nach Bamberg-Schweinfurt wurden begonnen. Der Gesamtumsatz an Drehstrom-Energie betrug 248 Millionen Kilowattstunden, außerdem wurden 18,4 Millionen Kilowattstunden vom Kraftwerk Viereth nach Nürnberg und Würzburg transportiert. An die Reichsbahn wurden rund 49 Millionen Kilowattstunden verkauft. Aus dem Stromverkauf und Stromtransport wurden 7 536 926 Mk. erzielt, wozu noch 255 562 Mk. sonstige Einnahmen kommen. Ausgaben: 1 199 949 Mk. Verwaltungs- und Betriebsunkosten, 4 307 205 Mk. Stromerzeugungs- und Bezugskosten, 132 484 Mk. Versicherungen, 1 251 354 Mk. Kapitaldienst und 871 220 Mk. Abschreibungen. Als Reingewinn werden 64 620 Mk. vorgetragen. — Aus der ersten Amerikanleihe des bayerischen Staates flossen dem Walchenseewerk 5,9, der Mittleren Isar 16,3 und dem Bayernwerk 18,2 Millionen zu.