

**Mitteilungen**  
über  
**Forschungsarbeiten**

auf dem Gebiete des Ingenieurwesens

insbesondere aus den Laboratorien  
der technischen Hochschulen

Herausgegeben von

**Verein deutscher Ingenieure.**

**Heft 110 und 111.**

Untersuchungen an elektrisch und mit Dampf betriebenen Fördermaschinen.

**Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1911**

Eine Zusammenstellung des Inhaltes der Hefte 1 bis 107 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten zugleich mit einem Namen- und Sachverzeichnis wird auf Wunsch kostenfrei von der Redaktion der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin N.W., Charlottenstr. 43, abgegeben.  
**Heft 108 und 109:** Vogel: Ueber die Temperaturänderung von Luft und Sauerstoff beim Strömen durch eine Drosselstelle bei  $10^{\circ}\text{C}$  und Drücken bis zu 150 at.  
 Soennecken: Der Wärmeübergang von Rohrwänden an strömendes Wasser.  
 Knoblauch und Hilde Mollier: Die spezifische Wärme  $c_p$  des überhitzten Wasserdampfes für Drücke von 2 bis 8 kg/qcm und Temperaturen von 350 bis  $550^{\circ}\text{C}$ .

### Bezugsbedingungen:

Preis des Heftes 1 Mk;

zu beziehen durch Julius Springer, Berlin W. 9, Linkstr. 23/24;

**für Lehrer und Schüler technischer Schulen 50 Pfg.**

zu beziehen gegen Voreinsendung des Betrages vom Verein deutscher Ingenieure, Berlin N.W. 7, Charlottenstraße 43.

## Literarische Unternehmungen d. Vereines deutscher Ingenieure:

# ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

Redakteur: D. Meyer.

Berlin N.W., Charlottenstraße 43

Geschäftstunden 9 bis 4 Uhr.

Expedition und Kommissionsverlag: Julius Springer, Berlin W. 9, Link-Str. 23-24.

Die Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure erscheint wöchentlich Sonnabends. Je einmal im Monat liegt ihr die Zeitschrift „Technik und Wirtschaft“ bei. Preis bei Bezug durch Buchhandel und Post 40  $\mathcal{M}$  jährlich; einzelne Nummern werden gegen Einsendung von je 1.30  $\mathcal{M}$  — nach dem Ausland von je 1.60  $\mathcal{M}$  — portofrei geliefert.

#### Anzeigen:

Das Millimeter Höhe einer Spalte kostet 25 Pf.  
 Bei 6, 13, 26, 52 maliger Wiederholung im Laufe eines Jahres: 10, 20, 30, 40 vH Nachlaß.  
 Für Stellengesuche von Vereinsmitgliedern, die unmittelbar bei der Annahmestelle, Linkstraße 23-24, aufgegeben und vorausbezahlt werden, kostet das Millimeter Höhe einer Spalte nur 12 Pf.

#### Beilagen:

Preis und erforderliche Anzahl sind unter Einsendung eines Musters bei der Expedition zu erfragen. Die Beilagen sind frei Berlin zu liefern.

Den Einsendern von Ziffer-Anzeigen wird für Annahme und freie Zusendung einlaufender Angebote mindestens 1  $\mathcal{M}$  berechnet.

Bei Bewerbungen um Stellen, die ohne Namen ausgeschrieben sind, empfiehlt es sich nicht, Original-Zeugnisse beizufügen; die Expedition kann sich um die Wiedererlangung der beigefügten Zeugnisse, Zeugnis-Abschriften, Photographien, Zeichnungen usw. nicht bemühen und muß jede Verantwortung in dieser Beziehung ablehnen; ihre Tätigkeit beschränkt sich auf die Annahme und Weiterbeförderung der Angebote.

Schluß der Anzeigen-Annahme: Montag Vorm.; für Stellengesuche: Montag Abend 7 Uhr.

## TECHNIK UND WIRTSCHAFT.

MONATSSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

REDAKTEUR D. MEYER.

IN KOMMISSION BEI JULIUS SPRINGER BERLIN.

**Bezugsbedingungen:** Die »Technik und Wirtschaft« liegt der ganzen Auflage der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure (Preis des Jahrgangs 40  $\mathcal{M}$ ) allmonatlich bei. Sie ist außerdem für 8  $\mathcal{M}$  für den Jahrgang durch alle Buchhandlungen und Postanstalten sowie durch die Verlagsbuchhandlung von Julius Springer zu beziehen.

**Anzeigen:** Die ganze Seite 100  $\mathcal{M}$ ,  $\frac{1}{2}$  Seite 50  $\mathcal{M}$ ,  $\frac{1}{4}$  Seite 25  $\mathcal{M}$ ,  $\frac{1}{8}$  Seite 12,50  $\mathcal{M}$ . Ein kleinerer Raum als  $\frac{1}{8}$  Seite wird nicht abgegeben.  
 Bei 3 6 12 maliger Wiederholung im Jahre. **Beilagen:** Preis und erforderliche Anzahl sind unter Einsendung eines Musters bei der Verlagsbuchhandlung von Julius Springer zu erfragen. Auflage des Blattes 27000.

**Mitteilungen**  
über  
**Forschungsarbeiten**

auf dem Gebiete des Ingenieurwesens

insbesondere aus den Laboratorien  
der technischen Hochschulen

herausgegeben vom

**Verein deutscher Ingenieure.**

**Heft 110 und 111.**



**Berlin 1911**  
**Springer-Verlag Berlin Heidelberg**

ISBN 978-3-662-01703-6

ISBN 978-3-662-01998-6 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-01998-6

# Inhalt.

---

	Seite
Untersuchungen an elektrisch und mit Dampf betriebenen Fördermaschinen . . .	1

---

# Untersuchungen an elektrisch und mit Dampf betriebenen Fördermaschinen.

Bericht des Versuchsausschusses.

## Allgemeines.

Auf Anregung des Vereines deutscher Ingenieure beschlossen im Jahre 1907 der Verein für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund zu Essen und der Dampfkessel-Ueberwachungsverein der Zechen im Oberbergamtsbezirk Dortmund zu Essen, gemeinsam mit dem erstgenannten Verein umfassende Versuche über den Energiebedarf und die Wirtschaftlichkeit von elektrisch und von mit Dampf betriebenen Hauptschachtförderanlagen anzustellen, um in dieser viel umstrittenen Frage, ähnlich wie bei den früher unternommenen Untersuchungen an Wasserhaltungen<sup>1)</sup>, klärend und anregend zu wirken<sup>2)</sup>. Zur Durchführung der Versuche wurde ein Versuchsausschuß gebildet. Diesem gehörten an:

Oberingenieur Bütow für den Dampfkessel-Ueberwachungsverein,  
Bergassessor Dill und vom April 1909 ab Bergassessor Dobbstein für den  
Verein für die bergbaulichen Interessen und  
Dipl.-Ing. Frölich für den Verein deutscher Ingenieure.

Die Kosten der Untersuchungen trugen zu gleichen Teilen der Verein für die bergbaulichen Interessen und der Verein deutscher Ingenieure, während der Dampfkessel-Ueberwachungsverein seine Beamten und seine Meßgeräte ohne Entschädigung zur Verfügung stellte.

Dem Versuchsausschuß stand ein erweiterter Ausschuß zur Seite, dem alle Fragen grundsätzlicher Natur zur Erörterung und Begutachtung vorgelegt wurden. Den erweiterten Ausschuß bildeten folgende Herren:

Bergassessor Althoff von den Rheinischen Stahlwerken, Abt. Zeche Centrum,  
Wattenscheid,  
Generalsekretär Dettmar vom Verbands deutscher Elektrotechniker, Berlin,  
Bergassessor Höh von der Bergwerks-A.-G. Consolidation, Gelsenkirchen,  
Oberingenieur Hußmann von der Gelsenkirchener Bergwerks-Gesellschaft,  
Gelsenkirchen,

<sup>1)</sup> Mitteilungen über Forschungsarbeiten Heft 23 und 40. Z. d. V. d. I. 1904 S. 1829 u. f.; 1906 S. 1574. Glückauf 1904 Nr. 34 bis 38, 49, 51 und 52; 1906 Nr. 39.

<sup>2)</sup> Ein Vorbericht des Versuchsausschusses ist bereits erschienen, s. Z. d. V. d. I. 1910 S. 1445; Glückauf 1910 S. 1379.

† Oberingenieur Reidt von der Bergwerks-Gesellschaft Hibernia, Herne,  
Direktor Rüdorff von der Maschinen- und Armaturenfabrik Westfalia, Gelsen-  
kirchen, seiner Zeit Oberingenieur der Gewerkschaft Deutscher Kaiser,  
Abt. Bergbau, Hamborn,

Oberingenieur Schulte von der Harpener Bergbau-A.-G., Dortmund,  
Professor Wallichs von der Technischen Hochschule in Aachen.

Mit der Auswertung und Durcharbeitung der Versuche wurde Dipl.-Ing.  
Bobbert betraut. In elektrotechnischen Fragen fand er Unterstützung durch  
den Elektro-Ingenieur des Dampfkessel-Ueberwachungsvereines, v. Groddeck.

An dieser Stelle sei auch den Zechenverwaltungen gedankt, die sich die  
mit derartigen Versuchen verbundenen erheblichen Kosten und Störungen nicht  
verdrießen ließen und stets das bereitwilligste Entgegenkommen zeigten. Nur  
durch das einmütige Zusammenwirken aller beteiligten Kreise war es möglich,  
diese umfangreichen Versuche zum Abschluß zu bringen.

Im ganzen wurden 8 Anlagen untersucht, und zwar die 4 elektrisch be-  
triebenen Anlagen:

Deutscher Kaiser, Schacht VI, zu Hamborn, 1908,  
Rhein-Elbe, Schacht II, zu Gelsenkirchen, 1909,  
Mathias Stinnes, Schacht III/IV, zu Brauck, 1910,  
Emscher Lippe, Schacht II, zu Datteln, 1910,

ferner die 4 mit Dampf betriebenen Anlagen:

Schürbank und Charlottenburg zu Aplerbeck, 1908,  
Julia, Schacht II, zu Herne, 1908,  
Helene und Amalie, Schacht Amalie, zu Essen-West, 1909,  
Wilhelmine Victoria, Schacht I, zu Gelsenkirchen, 1909.

Bei allen Anlagen wurden Dauerversuche ausgeführt, die sich im all-  
gemeinen über 24 st ausdehnten und bei denen der Betrieb der Maschinen und  
die Förderung den gewöhnlichen Verhältnissen der Zeche entsprachen. Daneben  
wurden bei einzelnen Anlagen zu bestimmten Zwecken kürzere, besonders zu-  
geschnittene Einzeluntersuchungen vorgenommen.

## **Die Bewertung und Ermittlung der Förderleistung.**

Der Rechnung wurde als Einheit, wie üblich, die Schacht-Pferdekraftstunde  
zugrunde gelegt und dieser der Dampfverbrauch am Absperrventil der Maschine  
in der betreffenden Zeit oder die von der Anlage verbrauchte gesamte elek-  
trische Energie gegenübergestellt. Die Kondensationsverluste in der Frisch-  
dampfleitung und die Verluste bei Zuleitung des Stromes bis zur Förderanlage  
wurden der Maschine zugute gerechnet.

Für die Gewichte der leeren und beladenen Förderwagen sind Mittelwerte  
aus einer größeren Anzahl Einzelwägungen zugrunde gelegt worden.

Die Schacht-PS-st geben die im Schacht zum Heben von Nutzlast ge-  
leistete Arbeit an. Unter Nutzlast ist der Unterschied zwischen gehobener  
und eingehängter Last verstanden. Die Züge mit negativen Lasten, d. s. Züge,  
bei denen die heruntergehende Last größer als die heraufgehende war, wurden  
in den einzelnen Rechnungsabschnitten in vollem Umfange von der Gesamt-  
summe in Abrechnung gebracht. Infolgedessen ergaben sich gelegentlich für  
die Schachtleistung negative Zahlen.

Als Förderhöhe wurde die Entfernung zwischen dem Füllort und der zugehörigen Hängebank gerechnet. Die Schachtleistung beim Umsetzen wurde in der Rechnung, entsprechend ihrem theoretischen Werte, gleich null gesetzt<sup>1)</sup>.

Für die Beurteilung der Maschinenleistung im Verhältnis zu der im einzelnen für die Massenbeschleunigung und zum Heben von Nutzlast verwandten Arbeit ist es erforderlich, neben dem Verlauf des Energieverbrauches die zwischen Zeit und Fördergeschwindigkeit an jedem Punkte des Treibens herrschenden Beziehungen zu kennen; ihre einwandfreie Ermittlung bereitete bei den ersten Versuchen mangels geeigneter Meßgeräte nicht unerhebliche Schwierigkeiten. Man versuchte zunächst zum Ziele zu kommen, indem man am Teufenzeiger einen Papierstreifen befestigte, der sich mit diesem entsprechend dem zurückgelegten Förderweg verschob, und auf den man mit der Hand nach dem Schlag einer Uhr einen Bleistift hin und her bewegte (vergl. Z. d. V. d. I. 1904 S. 192). Dieses Verfahren erwies sich jedoch, da Gehör und Hand nicht genau zusammenarbeiten, als unzuverlässig.

Ferner wurde in gleichen Zwischenräumen die Geschwindigkeit an dem Zeiger des Geschwindigkeitsmessers der Fördermaschine abgelesen. Aber auch dieses Verfahren lieferte keine einwandfreien Ergebnisse; denn einmal sind Ableasungen in kurzen Zwischenräumen bei der stark schwankenden Geschwindigkeit kaum genau vorzunehmen, und ferner stellte sich bei späteren Nachprüfungen heraus, daß derartige Einrichtungen an und für sich unzuverlässig arbeiten; es wurden dabei in einzelnen Fällen Fehler von mehr als 20 vH festgestellt.

Einen Fortschritt erzielte man durch Anwendung eines selbsttätig aufzeichnenden Spannungsmessers. Bekanntlich ist bei einer fremd erregten Dynamomaschine die Spannung proportional der Umfangsgeschwindigkeit. Man hatte danach nur die Spannung in Abhängigkeit von der Treibscheibe aufzuzeichnen. Hierfür standen zunächst nur Meßgeräte mit Aufzeichnung in Bogenkoordinaten zur Verfügung. Diese hatten jedoch eine solche Funkenstreuung und Eigenreibung, daß sie ebenfalls für den vorliegenden Zweck nicht genau genug waren, ganz abgesehen davon, daß das Arbeiten mit Kurven in Bogenkoordinaten, da sie jedesmal erst in Kurven in geraden Koordinaten umgezeichnet werden müssen, umständlich und zeitraubend ist.

Sehr gute Meßergebnisse erzielte man jedoch mit einem gewöhnlichen Morsedrucker, der für die vorliegenden Zwecke eingerichtet wurde. Da seine Verwendung sich als überaus einfach und zweckmäßig erwies und in dieser Art u. W. zum ersten Male für die vorliegenden Versuche erfolgte, sei sie kurz beschrieben.

Der gewöhnliche Morsedrucker wurde mit einer kleinen Scheibe versehen, die durch eine Schnur von irgend einer Welle der Maschine proportional mit der Umdrehung der Treibscheibe angetrieben wurde und den Vorschub des Papierstreifens übernahm. Die Bewegung wurde so übertragen, daß 1 m Teufe etwa 1 cm Papierstreifen entsprach. Durch die Schreibvorrichtung des Morsedruckers wurden in Zwischenräumen von etwa  $\frac{1}{2}$  sk gleichmäßig Kontakte gegeben. Man hatte demnach auf dem Papierstreifen Weg und Zeit und somit auch die mittlere Geschwindigkeit von Kontakt zu Kontakt festgelegt und konnte daraus die Geschwindigkeitskurve ohne weiteres aufzeichnen.

<sup>1)</sup> Die Last, die am Füllort von Satz zu Satz gehoben werden muß, wird nach dem folgenden Treiben an der Hängebank von Satz zu Satz heruntergelassen. Entsprechend verhält es sich mit den eingehängten Lasten. Die Nutzarbeit kann daher bei verschiedenartiger Belastung der Züge im einzelnen Fall einen positiven oder negativen Wert annehmen; von Zug zu Zug wird sie sich aber ausgleichen und gleich null werden.

Mit Hilfe dieser Vorrichtung wurden bei sämtlichen Versuchen, außer den beiden ersten auf Deutscher Kaiser sowie auf Schürbank und Charlottenburg, einwandfreie Geschwindigkeitskurven aufgenommen. Nachmessungen ergaben, daß die Fehler unter 1 vH blieben.

Die Nacheichung des Geschwindigkeitsmessers läßt sich ohne Schwierigkeit durchführen. Einen oberflächlichen Maßstab gibt schon die Länge des abgewickelten Papierstreifens; ferner kann man einen zweiten Morsedrucker gleichzeitig laufen lassen und in kurzen Abständen von der Treibscheibe oder vom Kreuzkopf betätigte Wegkontakte geben, die dann gleiche Entfernungen aufweisen müssen.

Da die Auswertung der vom Morsedrucker geschriebenen Diagramme verhältnismäßig zeitraubend ist, ging man bei den letzten Versuchen dazu über, nebenher einen selbstaufzeichnenden Spannungsmesser für den gleichen Zweck zu benutzen. Dieser Spannungsmesser ist unter den elektrischen Meßgeräten beschrieben (s. S. 8). Die zugehörige Dynamomaschine, die von der Teufenzeigerwelle durch eine Schnur angetrieben wurde, machte bis 1500 Uml./min, ihre Spannung betrug 100 V bei 0,05 Amp Stromverbrauch. Sie wurde mit 4 V durch eine Akkumulatorenbatterie erregt. In die Erregung war ein Regulierwiderstand eingeschaltet. Der Maßstab für die Spannungsmesserkurve wurde in einfacher Weise durch ein gleichzeitig genommenes Morsediagramm bestimmt. Auch diese letztere Art der Geschwindigkeitsmessung bewährte sich nach einigen Fehlschlägen recht gut. Da die Ausschläge im Verhältnis kleiner sind und geringe Fehler für Funkenstreuung und Eigenreibung hinzukommen, ist die Genauigkeit allerdings nicht der mit dem Morsedrucker erzielten gleichwertig. Ferner ist das Gerät auch an und für sich empfindlicher und verlangt dauernd eine genaue Beobachtung und sachgemäße Bedienung. Besonders muß bei Dauerversuchen darauf geachtet werden, daß der Kollektor durch den beim Verschleiß der Bürsten entstehenden Kohlenstaub nicht verunreinigt wird.

Die Beschleunigung in der Anfahrzeit  $OA$ , s. Fig. 1, die mittlere Geschwindigkeit bei der vollen Fahrt  $AB$  und die Verzögerung beim Auslauf  $BC$  können

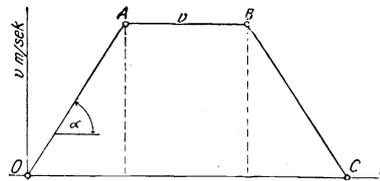


Fig. 1. Theoretisches Geschwindigkeitsdiagramm.

mit Hilfe des Planimeters sehr einfach festgestellt werden. Da die Koordinaten des Diagrammes Zeit und Geschwindigkeit darstellen, erhält man durch Integration den in der betreffenden Zeit zurückgelegten Weg, d. h. der Flächeneinheit des Diagrammes entspricht gleichmäßig ein bestimmter Förderweg. Danach lassen sich die Beschleunigung, die Geschwindigkeit und die Verzögerung ohne weiteres aus den bekannten Beziehungen zwischen Zeit, Geschwindigkeit, Weg und Beschleunigung berechnen.

Es sei

$v$  die Geschwindigkeit,

$t$  die Zeit,

$s$  der Weg,

$p$  die Beschleunigung,

dann ist

$$\begin{aligned} s &= \int v dt, \\ p &= \frac{dv}{dt} = \frac{a^2 s}{at^2} = \operatorname{tg} \alpha, \\ s &= \frac{pt^2}{2}, \\ p &= \frac{2s}{t^2}. \end{aligned}$$

Die Aufzeichnungen des Spannungsmessers werden am einfachsten durch den Morsedrucker geeicht. Ein überschlägiges Nachprüfen ist durch Planimetrieren möglich. Auch müssen aus dem oben angeführten Grunde sämtliche Diagramme, unabhängig von der jeweiligen Fördergeschwindigkeit, bei der gleichen Teufe, vorausgesetzt daß das Seil nicht gerutscht ist, gleichen Inhalt haben.

## A) Die Untersuchungen an den elektrisch betriebenen Fördermaschinen.

Die elektrischen Messungen und Meßgeräte.

Durch die Messungen sollten sowohl die Summe der in den einzelnen Förderabschnitten verbrauchten Energiemengen als auch der Verlauf der elektrischen Vorgänge bei den einzelnen Maschinen für jeden Zug gesondert festgestellt werden. Die letzteren Messungen mußten in der Weise vorgenommen werden, daß sie mit den Geschwindigkeitskurven zusammengestellt und verglichen werden konnten.

Vorweg sei bemerkt, daß dies bei den ersten Versuchen, ähnlich wie bei der Geschwindigkeitsmessung, aus Mangel an geeigneten Meßgeräten nicht möglich war. Zum Teil kamen jedoch im Verlaufe der Untersuchungen geeignete Meßgeräte auf den Markt, und teils wurden sie erst auf Veranlassung der Versuchsausschusses für die vorliegenden Zwecke gebaut, von Versuch zu Versuch vervollkommenet und zu praktischer Brauchbarkeit durchgebildet. Erst mit Abschluß der Versuche konnte auch hier, ähnlich wie bei den Geschwindigkeitsmessungen, die Ausbildung der Meßgeräte als abgeschlossen betrachtet werden.

Die verwendeten Meßgeräte und die Meßschaltung sind im folgenden beschrieben.

Für die Messung der in den einzelnen Versuchsabschnitten aufgenommenen oder abgegebenen elektrischen Energie wurden Zähler verwandt. Der gesamte Drehstrom wurde dabei durch einen dem Kesselverein gehörenden, zu Eichzwecken gebauten Zähler, Bauart Aron, gemessen. In den Abzweigen wurden Zähler benutzt, die entweder betriebsmäßig in die Anlage eingebaut waren oder aber von der AEG und den Siemens-Schuckert Werken entliehen wurden.

Für den Energieverbrauch der Fördermotorenanker, in denen der Strom von Zug zu Zug und außerdem innerhalb des einzelnen Zuges bei Bremsstrom die Richtung wechselt, konnten keine Zähler verwandt werden.

Um den Verlauf der elektrischen Vorgänge dauernd verfolgen zu können, wurden in allen in Frage kommenden Fällen Zeigergeräte<sup>1)</sup> eingebaut.

<sup>1)</sup> Die elektrischen Meßgeräte, die nur anzeigten und nicht aufzeichneten, sind Zeigergeräte genannt.

Auf der Drehstromseite wurden die bekannten Präzisionsgeräte der Firma Siemens & Halske unter Verwendung geeigneter Meßtransformatoren, auf der Gleichstromseite solche von Siemens & Halske und Weston & Co. unter Verwendung geeigneter Wehre und Widerstände benutzt. Die Drehstromleistung wurde dabei in bekannter Weise nach dem Zweiwattmeterverfahren bestimmt. Die Zeigergeräte wurden während sämtlicher Versuche zum Nacheichen der Zähler und der selbstaufzeichnenden Meßgeräte sowie zur Aufzeichnung gleichbleibender oder nahezu gleichbleibender elektrischer Vorgänge benutzt. Bei den ersten Versuchen, bei denen noch keine geeigneten selbstaufzeichnenden Meßgeräte zur Verfügung standen, war man außerdem auf sie auch zur Bestimmung schnell wechselnder elektrischer Vorgänge angewiesen. Dabei wurde an den einzelnen Meßstellen gleichzeitig in Abständen von annähernd 1 sk nach dem Takte eines Metronoms abgelesen. Die genaue Zeit für die Ablesungen ergab sich dabei durch Division der Anzahl in die Gesamtzeit. Dieses Verfahren war naturgemäß recht umständlich. Für die Aufzeichnung schnell wechselnder Vorgänge, z. B. der Energieaufnahme der Fördermotorenanker, ist es zudem überhaupt nicht angebracht; denn es ist hier unmöglich, die einzelnen Werte scharf und genau gleichzeitig abzulesen. Dazu hat man hier nur Meßgeräte für Strom und Spannung, und die etwaigen Fehler multiplizieren sich bei Aufzeichnung der Leistungskurve.

Zur Feststellung des Polwechsels wurden die bekannten Resonanzfrequenzmesser benutzt, an denen gelegentlich Ablesungen gemacht wurden. Aus allen diesen Gründen bieten einwandfreie selbstaufzeichnende Meßgeräte teils, wie bei den Drehstrommessungen, eine wünschenswerte Erleichterung und Zeitersparnis bei der Auswertung, teils sind sie, wie auf der Gleichstromseite, die Voraussetzung für eine genaue Messung.

Für die Drehstrommessung waren zunächst nur funkenschreibende Meßgeräte mit Bogenkoordinaten vorhanden. Die Kurven in Bogenkoordinaten lassen sich nicht ohne weiteres planimetrieren und sind für die Auswertung recht unbequem. Dazu kam, daß diese Meßgeräte nur für Uhrwerkantrieb gebaut waren, bei dem der Papiervorschub bei großer Geschwindigkeit, z. B. 7,2 m/st, ruckweise erfolgt und außerdem nicht genau gleichförmig ist. Ferner besaßen sie keine Schreiber für regelmäßige kurzfristige Zeitkontakte. Aus diesen Gründen war es für die Auswertung nicht möglich, sie mit den übrigen Kurven mit wünschenswerter Genauigkeit zur Deckung zu bringen.

Für die Messung der Umdrehungen des Iglnersatzes stand der bekannte Tachograph von Horn zur Verfügung. Das Papier wurde durch ein Band von der Umformerwelle aus, also ungleichförmig vorgeschoben. Die Kurve ließ sich daher nicht ohne weiteres planimetrieren, und es war schwierig, sie mit den übrigen Kurven genau zusammenzubringen. Es erscheint ratsam, dem Tachographen einen gleichförmigen Antrieb zu geben, oder noch einfacher, die Schwankungen durch einen selbstaufzeichnenden Spannungsmesser mit außerhalb des Meßbereiches liegendem Nullpunkt zu verzeichnen und dieses an die übrige Meßschaltung anzuschließen. Die Aufzeichnungen des Meßgeräts, das bei den ersten Versuchen zeitweise, bei den letzten dauernd lief, bieten einen Anhalt für die auftretenden Schlupfverluste, die der zurückgehenden Drehzahl proportional sind. Für eine in allen Fällen genaue Feststellung des Schlupfes wäre zudem die Kenntnis der Polwechselkurve, also ein selbstaufzeichnender Frequenzmesser nötig gewesen. Ein solches Meßgerät stand aber für die vorliegenden Versuche nicht zur Verfügung.

Im Verlauf der Untersuchungen brachte dann die Firma Siemens & Halske einen Drehstrom-Leistungsmesser mit Schreibfeder für gerade Koordinaten heraus. Er wurde zunächst nur für geringen Papiervorschub, nämlich 4 mm/min, später jedoch für 40 mm/min geliefert. Dieses Meßgerät bedeutet schon einen erheblichen Fortschritt gegenüber den vorhandenen, zumal die Meßfehler innerhalb zulässiger Grenzen bleiben. Der Uhrwerkantrieb wird zudem ohne weiteres durch Motorantrieb zu ersetzen sein, und die Zeitmarken werden sich ebenfalls anbringen lassen. Dieses Meßgerät wurde während der Versuche an den drei letztgenannten elektrisch betriebenen Maschinen für die Aufzeichnung des Gesamtdrehstroms mit gutem Erfolg benutzt. Seine Aufzeichnungen finden sich bei den drei letztgenannten Versuchen oberhalb der Schaulinie für die Förderung auf der Tafel 1.

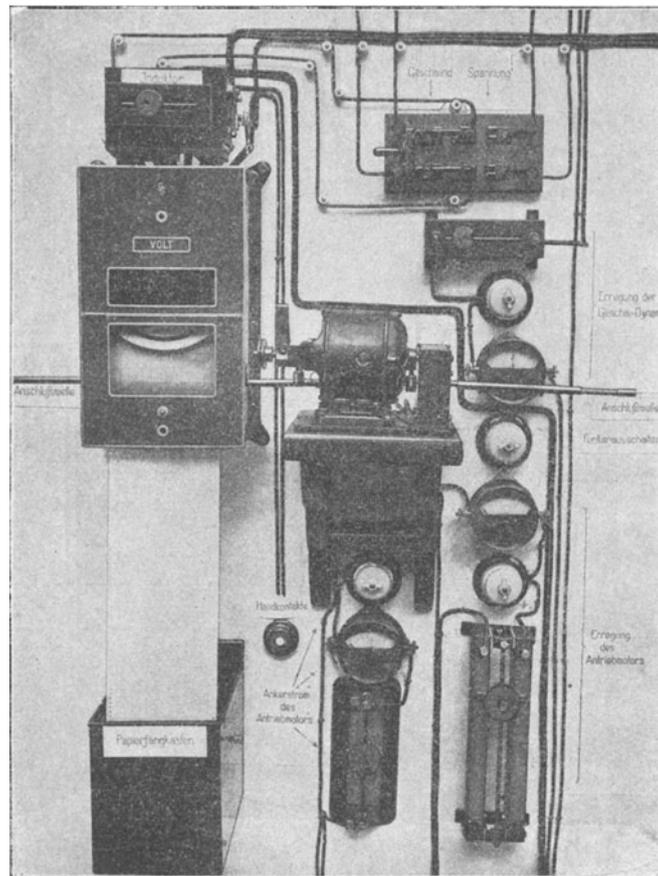


Fig. 2. Anordnung des Spannungsmessers bei den Versuchen.

Für die Messungen mit Selbstaufzeichnung waren auf der Gleichstromseite bei Inangriffnahme der Versuche nur funkenschreibende Meßgeräte mit Aufzeichnung in Bogenkoordinaten für Strom und Spannung vorhanden. Sie erwiesen sich für den beabsichtigten Zweck als wenig geeignet, da die durch schlecht regelbare Funkenbildung zusammen mit starker Funkenstreuung und Eigenreibung veranlaßten Fehler zu beträchtlich waren. Dazu kamen noch die grundsätzlichen Nachteile der Bogenkoordinaten, des Uhrwerkantriebes und der fehlenden Zeitmarken, die sich beim Aufzeichnen der Wattkurve multiplizieren und daher

diese Meßgeräte unzweckmäßig und für genaue Messungen unbrauchbar erscheinen lassen.

Da der Versuchsausschuß entsprechende Gleichstrommeßgeräte für unbedingt erforderlich hielt, suchte er trotz der erforderlichen Opfer an Zeit und Geld den Bau derartiger Meßgeräte zu veranlassen. Dieser Anregung hat die Firma Siemens & Halske entsprochen. Eine Beschreibung der neuen Geräte, die vorerst nur für Spannungs- und Leistungsmessung gebaut wurden und für ähnliche Versuchszwecke mit Nutzen verwandt werden können, ist bisher noch nicht veröffentlicht und möge daher im folgenden gegeben werden.

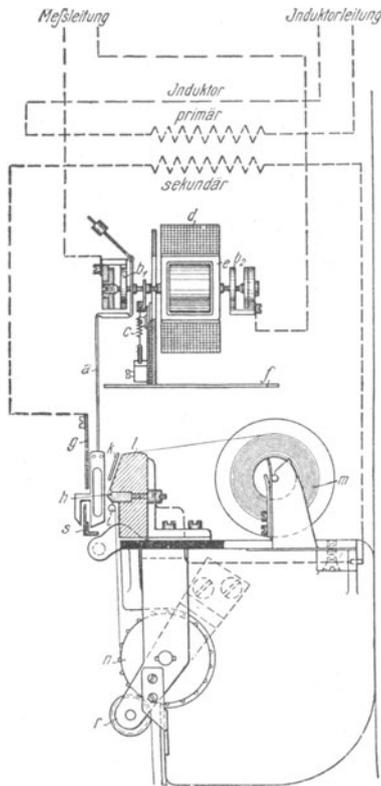


Fig. 3. Längsschnitt durch den Spannungsmesser.

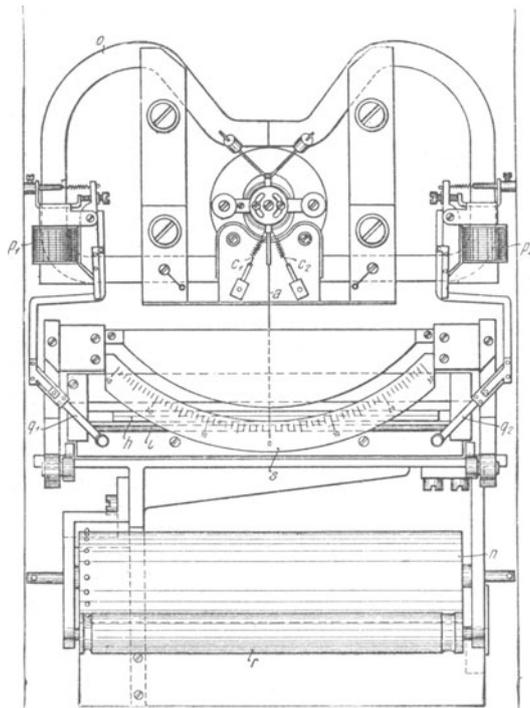


Fig. 4. Vorderansicht des Spannungsmessers ohne Gehäuse.

Den betriebsmäßigen Aufbau des abwechselnd zur Geschwindigkeits- und Spannungsmessung benutzten Spannungsmesser zeigt Fig. 2. Sie läßt das eigentliche Meßgerät, den zugehörigen Induktor, den Antriebmotor für den Papiervorschub mit den Anschlußwellen für die übrigen Meßgeräte, den Umschalter für Geschwindigkeit und Spannung sowie die verschiedenen Widerstände und Schalter erkennen.

Fig. 3 und 4 geben in der Hauptsache die konstruktive Anordnung des Spannungsmessers wieder und Fig. 5 schematisch die Meßschaltung von Spannungs- und Leistungsmesser.

Beim Spannungsmesser ist die Meßanordnung die gleiche wie bei den bekannten Schalttafelgeräten von Desprez d'Arsonval. Auf der in Spitzen gelagerten Achse, s. Fig. 3 und 4, des Zeigers *a* sitzt eine Drehspule *e* mit dünn-

drähtiger Wicklung, die an die zu messende Leitung angeschlossen ist. Die Drehspule schwingt innerhalb eines permanenten Magneten  $d$ , nur durch einen geringen Luftspalt von ihm getrennt. Die beiden Windungen  $b_1$  und  $b_2$  bilden die Leitung für den Meßstrom und geben die nötige Gegenkraft ab. In dem Meßgerät selbst, das von dem unteren Teil durch eine Glimmerplatte  $f$  isoliert

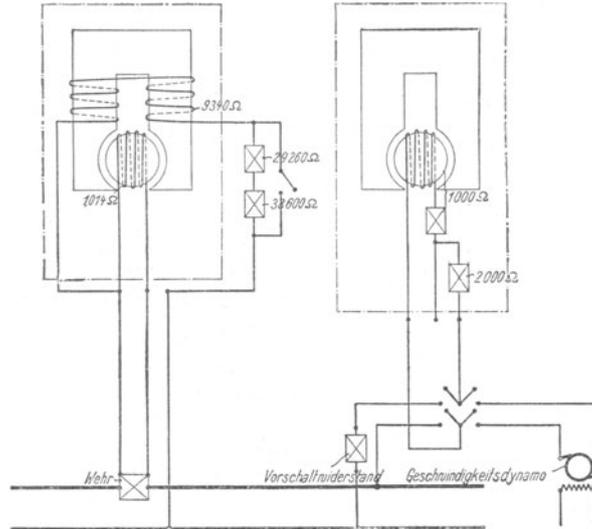


Fig. 5. Meßschaltung des Leistungs- und des Spannungsmessers.

ist, befinden sich zwei Widerstände von 1000 und 2000 Ohm, s. Fig. 5, so daß es sich für die beiden Meßbereiche von 30 und 90 V schalten läßt. Kommen höhere Spannungen in Frage, so werden die vorhandenen Widerstände der Zeigergeräte benutzt.

Die zu messende Kurve wird durch einen Funkenstrom, der in einem auf dem Meßgerät befestigten Induktor erzeugt wird, aufgezeichnet, siehe Fig. 3. Dieser geht von dem als Elektrode ausgebildeten oberen Skalenblech  $g$  durch den messerartig dünnen Zeiger  $a$  auf die Schiene  $h$  und durchschlägt dabei den Papierstreifen. Zur Erzielung einer geringen Funkenstreuung ist der Raum zwischen Schiene und Zeiger recht klein gehalten. Die Schiene  $h$  ist in einer Ausbettung von Schiefer  $l$  isoliert gelagert. Das von der Vorratsrolle  $m$  kommende Papierband wird durch einen Glasstab  $i$  unter der Glimmerplatte  $k$  her nach dem Walzenpaar  $n$  und  $r$  geführt; der Zeiger greift nach außen sichtbar um eine Teilung  $s$ , an der der jeweilige Ausschlag abzulesen ist. Die Schiene  $h$ , die nach längerem Gebrauch durch den Funken angefrassen wird, ist auswechselbar. Die Proportionalität der Funkenführung in der geraden Linie wird durch die beiden Schraubenfedern  $c_1$  und  $c_2$  herbeigeführt.

Für den Leistungsmesser ist grundsätzlich die gleiche Meßeinrichtung wie für den Spannungsmesser verwendet. An die Stelle des Dauermagneten tritt hier ein Elektromagnet, der an die zu messende Spannung angeschlossen wird und ein dieser proportionales Feld erzeugt. Die Spannungsspule gebraucht 0,027 Amp. Ihr sind zwei am Meßgerät befindliche Widerstände von 29260 und 38600 Ohm vorgeschaltet. Die Drehspule hat einen Eigenwiderstand von 1,01 Ohm und kann an Wehre von 60 Millivolt Spannungsabfall angeschlossen werden. Wegen der Verwendung von Eisen machen sich beim Leistungsmesser die kennzeichnenden Erscheinungen der Hysterese und

Remanenz bemerkbar, die in geringem Maße die Meßgenauigkeit beeinträchtigen, Fig. 6. Bei dem geringen Widerstande des Meßgeräts ist auch die Länge der verwendeten Meßkabel zu berücksichtigen.

Das Papier wird durch einen kleinen Nebenschlußmotor, s. Fig. 2, vorgeschoben, den eine Batterie von 12 V Spannung antreibt. Seine Umlaufzahl wird durch ein besonderes Getriebe ermäßigt und durch eine in sich verschiebbare Welle auf die Welle der Papierrolle übertragen, auf welche der

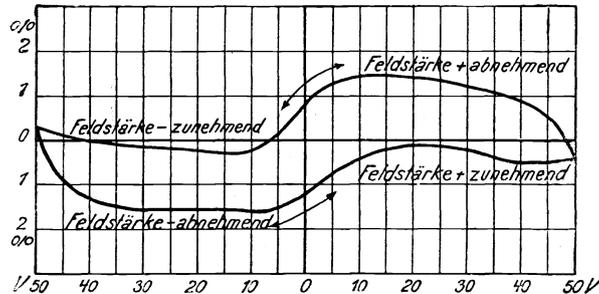


Fig. 6. Darstellung der durch Hysterisis und Remanenz entstehenden Meßfehler.

Zeiger des Meßgeräts schreibt. Auf die Achse des Motors war ein Unterbrecher gesetzt, der an einen gewöhnlichen Frequenzmesser angeschlossen wurde. Dadurch war es möglich, nachzuprüfen, ob der Motor gleichförmig lief, und die Geschwindigkeit ohne Schwierigkeit dauernd unverändert zu halten. Leistungs- und Spannungsmesser wurden gekuppelt, so daß sie mit gleichem Papiervorschub liefen. Der Motor macht bis zu 1500 Uml./min bei 12 V Spannung und 0,25 PS Leistung. Seine Geschwindigkeit ist durch die in den Stromkreis der Erregung und des Ankerstromes eingebauten Widerstände um rd.  $\pm 50$  vH regelbar. Er reicht aus, um etwa 10 derartige Meßgeräte gleichzeitig anzutreiben.

Auf beiden Seiten der Papierrolle sind auf etwa gleicher Höhe mit dem Schreibfunken zwei elektromagnetisch zu betätigende Schreibfedern  $q_1$  und  $q_2$ , Fig. 4, vorhanden, die durch die Magnete  $p_1$  und  $p_2$  betätigt werden und es ermöglichen, in bestimmten Zwischenräumen durch einen Kontakt und jederzeit willkürlich Marken auf die Rolle zu schreiben. Bei den vorliegenden Versuchen waren beide selbstaufzeichnenden Meßgeräte, Spannungs- und Leistungsmesser, zusammen mit dem Morsedrucker für die Geschwindigkeitsmessung an eine gemeinsame Kontaktuhr für  $\frac{1}{2}$  sk-Kontakte angeschlossen. Auf diese Weise konnten die zusammengehörigen Punkte der verschiedenen Kurven ohne Schwierigkeit bestimmt werden. Zudem ließen sich nach den Zeitkontakten die Gleichmäßigkeit und Geschwindigkeit des Papiervorschubes nachprüfen. Außer den  $\frac{1}{2}$  sk-Kontakten wurden noch regelmäßig alle 2 Minuten Kontakte aufgeschrieben.

Die Lieferantin der Meßgeräte, die Firma Siemens & Halske, will Gewähr dafür leisten, daß die Meßfehler für Hysterisis und Remanenz  $1\frac{1}{2}$  vH und für Funkenstreuung 1 mm nicht überschreiten. Die Meßgeräte wurden bei den Versuchen auf den Zechen Mathias Stinnes und Emscher-Lippe benutzt und waren dabei an verschiedenen Tagen jedesmal bis zu 24 st ohne wesentliche Störung im Betrieb. Sie zeigten sich recht empfindlich und verlangten, zumal sie bei den Versuchen unter sehr ungünstigen Verhältnissen arbeiten mußten, ständige Beobachtung und durchaus sachgemäße Bedienung. Auch ist eine häufigere Nachzeichnung mit Zeigerinstrumenten innerhalb eines jeden Versuches, zum wenigsten aber am Anfang und Ende eines solchen, nötig. Im ganzen aber erscheinen

die Meßgeräte praktisch brauchbar. Sie bedeuten ohne Zweifel einen erheblichen Fortschritt in der elektrischen Meßtechnik. Ein Nachteil, der bei funkenschreibenden Meßgeräten in den Kauf genommen werden muß, besteht darin, daß die Kurven nicht ohne weiteres deutlich hervortreten, sondern sämtlich nachgezogen werden müssen.

### 1) Die Förderanlage Schacht VI der Gewerkschaft Deutscher Kaiser in Hamborn.

#### 1) Beschreibung der Anlage<sup>1)</sup>.

Der elektrische Teil der Anlage ist im Jahre 1906 von den Siemens-Schuckert Werken in Berlin, der mechanische Teil von der Firma Thyssen & Co. in Mülheim-Ruhr erbaut worden.

Die Anlage erhält von dem Gaskraftwerk des Hüttenwerkes der Gewerkschaft zu Bruckhausen Drehstrom von 5250 V Spannung durch 3 Kabel, von denen eins als Reserve gedacht ist. Gefördert wurde zur Zeit des Versuches aus 370 m Teufe, während die Maschine für 700 m Teufe entworfen ist.

Sie hat eine Treibscheibe, System Koepe, von 8,0 m Dmr. Das Gewicht der Scheibe beträgt 22 t und das Schwungmoment ( $GD^2$ ) 725 tm<sup>2</sup>. Bei der höchsten Fördergeschwindigkeit von 15 m/sk macht sie 36 Uml./min. Die Nabe besteht aus Gußeisen, Kranz und Speichen aus Schmiedeisen. Der Seil-  
lauf ist mit einem Hartholzfutter ausgekleidet.

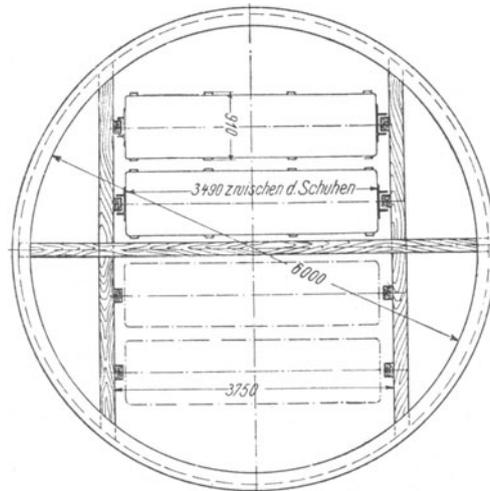


Fig. 7. Schachtscheibe.

Die Seilscheiben des von der Maschinenbau-A.-G. Union zu Essen gebauten Fördergerüsts haben einen Durchmesser von 6 m, sie wiegen je 7,55 t bei einem Schwungmoment ( $GD^2$ ) von 100 tm<sup>2</sup>. Kranz und Speichen sind aus Schmiedeisen, die Nabe ist aus Gußeisen.

Die Einteilung der Schachtscheibe zeigt Fig. 7.

Die Förderkörbe haben 4 Etagen für je 2 Wagen hintereinander. Ein jeder Korb wiegt einschließlich der Zwischenstücke und der Unterseilbefestigung 8,0 t. Die Körbe haben Kopfführung in Stahlshuhen an Pitchpine-Spurlatten.

Am Füllort sind Anschlußbühnen eingebaut, dagegen wird an der Hängebank von dem freihängenden Korbe abgezogen.

<sup>1)</sup> Die in den vorliegenden und den übrigen Berichten veröffentlichten Maße und Gewichte entsprechen, außer wo dies besonders bemerkt ist, den Angaben der Zechen oder den erbauenden Firmen.

Als mittlere Gewichte wurden festgestellt für:

1	Förderwagen mit Kohlen . . . . .	0,946 t
1	» leer . . . . .	0,399 »
1	» mit Bergen . . . . .	1,178 ».

Ein Förderwagen faßt demnach 0,547 t Kohlen, und ein normaler Zug hat eine Nutzlast von 4,376 t. Die Höchstbelastung eines Korbes bei Seilfahrt beträgt 50 Mann = 3,75 t.

Das Oberseil ist ein sechslitziges Rundseil aus Tiegelgußstahl von 55 mm Dmr. und 10,5 kg/m Gewicht. Jede Litze hat 36 tragende Drähte von 2,5 mm Dmr. Die Bruchfestigkeit ist zu 160 kg/mm<sup>2</sup> gerechnet, entsprechend einer Gesamtbruchbelastung von 170 t. Die rechnerische Sicherheit bei ruhender Last ist nach der Seilfahrtkonzession 11,3fach für die Seilfahrt und 9,19fach für die Produktförderung. Als Unterseil wird ein abgelegtes Oberseil von gleichen Abmessungen verwendet. Die Seile werden geschmiert. Der Seilablenkungswinkel beträgt 0° 36'.

Der Abstand der obersten Abzugsbühne von der Seilscheibenmitte beträgt 23,2 m, Fig. 8 und 9, die freie Höhe über dem Korbe in seiner höchsten Stellung 13,61 m, und das freie Stück Sumpf bei der tiefsten Stellung 15 m.

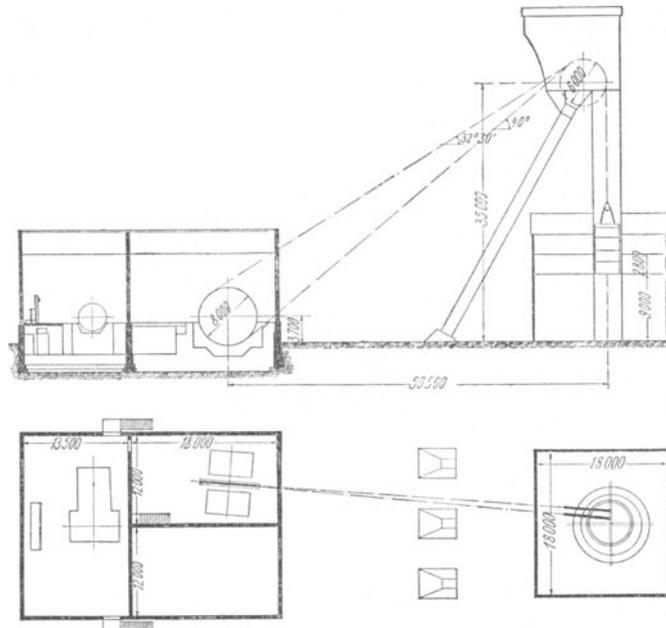


Fig. 8 und 9. Aufsicht und Grundriß der Förderanlage.

Für die Seilfahrt ist von der Bergbehörde eine Fördergeschwindigkeit von 10 m/sk genehmigt.

Auf den Kranz der Treibscheibe wirkt bei einem Durchmesser von 8 m eine vereinigte Manövrierv- und Sicherheitsfallbremse in Verbindung mit einer Seilrutschbremse. Die durch Preßluft von 5 at betriebene Manövriervbremse entwickelt, auf Seilmitte bezogen, eine wirksame Bremskraft von 19,8 t, die Fallgewichtbremse eine solche von 13,6 t. Der rechnerische Bremsweg bei alleiniger Wirkung der Druckluftbremse für 15 m/sk Geschwindigkeit beträgt bei einem normal belasteten Zuge für aufwärtsgehende Last 25 m bei 4,4 m/sk<sup>2</sup> Verzögerung, für abwärtsgehende Last 40 m bei 2,8 m/sk<sup>2</sup> Verzögerung<sup>1)</sup>. Der

<sup>1)</sup> Die rechnerischen Bremswege und die entsprechenden Verzögerungszahlen sind hier und bei den übrigen Berichten nach den Angaben der Zechen wiedergegeben. Eine Untersuchung darüber, ob die Aufzüge mit den zum Teil recht hohen Verzögerungszahlen abgebremst werden können, ohne daß Gleiten eintritt, ist versuchsseitig nicht erfolgt.

Wirkungsgrad der Druckluftbremse ist dabei mit 0,92 und die Reibungsziffer zwischen Kranz und Bremsbacken zu 0,4 gerechnet.

Die gesamte unlaufende Masse des Aufzuges in Seilmitte beträgt  $\frac{18,3}{9,81} = 1,86 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ , die auf- und abgehende Masse bei einem normal belasteten Kohlenzuge  $\frac{37,0}{9,81} = 3,8 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ , so daß bei einem Treiben 5,63  $\text{tm}^{-1} \text{ sk}^2$  zu beschleunigen und 4,4 t Nutzlast zu heben sind. In der Zahlentafel 1 sind die Gewichte und Schwungmomente zusammengestellt.

Zahlentafel 1.  
Gewichte und Schwungmomente des Aufzuges für 378 m Förderhöhe bei normaler Belastung.

	Gewicht	Schwungmoment $GD^2$	Auf Seilmitte bezogenes Gewicht	Masse in Seilmitte	
	t	$\text{tm}^2$	t	$\text{tm}^{-1} \text{ sk}^2$	
umlaufende Teile	1) 1 Treibscheibe von 8 m Dmr. . . . .	22	725	11,3	1,15
	2) 2 Motoranker . . . . .	24	90	1,4	0,14
	3) 2 Seilscheiben von 6 m Dmr. . . . .	15	200	5,55	0,57
	Summe 1 bis 3 . . . . .	61	—	18,3	1,86
auf- und abgehende Teile	4) 2 Förderkörbe einschl. Gehänge . . .	16,0	—	16,0	1,63
	5) rd. 570 m Oberseil von 10,5 kg/m . .	6,0	—	6,0	0,61
	6) rd. 400 m Unterseil von 10,5 kg/m . .	4,2	—	4,2	0,43
	7) 16 leere Förderwagen von je 0,399 t .	6,4	—	6,4	0,65
	8) Inhalt von 8 Wagen mit Kohlen zu je 0,547 t . . . . .	4,4	—	4,4	0,45
	Summe 4 bis 8 . . . . .	37,0	—	37,0	3,77
Summe 1 bis 8 . . . . .	98	—	55,3	5,63	

Wie bei allen untersuchten Anlagen ist der elektrische Teil in bekannter Weise nach Ilgner mit Schwungradumformer und Leonardschaltung ausgeführt. Die Schaltung der elektrischen Maschinen ist in Fig. 10 dargestellt.

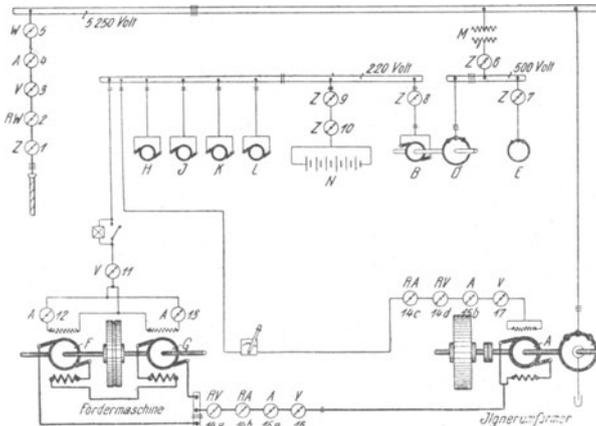


Fig. 10. Schaltplan (vergl. Zahlentafel 2).

Die Fördermaschine nebst den zugehörigen Sicherheitsvorrichtungen ist getrennt von dem Ilgner-Umformer und der Schaltanlage in einem besonderen Raum aufgestellt. Der Kompressormotor und die blanken hochspannungsführenden Teile der Schaltanlage sowie einige Nebeneinrichtungen sind in dem unter dem Umformerraum befindlichen Keller untergebracht.

Der Ilgner-Motor leistet 765 PS bei 370 Uml./min. Der Anlaß- und Schlupf-widerstand ist als Flüssigkeitsanlasser ausgebildet.

Es ist eine Anlaßdynamo vorhanden, die bei  $\pm 800$  V normal 1030 und im Höchstfall 2380 Amp abgibt; sie hat Wendepole.

Das Schwungrad wiegt 22 t und hat einen Durchmesser von 4,4 m; die Kranzbreite beträgt 0,8 m. Bei seiner höchsten Umlaufzahl von 375 Uml./min sind 11 300 tm in kinetischer Energie aufgespeichert. Das Schwungmoment ( $GD^2$ ) beträgt 570 tm<sup>2</sup>. Die Lager des Schwungrades werden mit Preßöl von 12 bis 14 at geschmiert und haben Wasserkühlung. Die zugehörige Ölpumpe wird durch Riemen von der Schwungradwelle angetrieben. Des weiteren ist eine elektrisch betriebene Pumpe *H*, Fig. 10, vorhanden, die beim Anlassen des Ilgner-Umformers *AC* benutzt wird und zugleich als Reserve dient. Die Kuppelung zwischen Schwungrad und Umformer ist während des Betriebes ausrückbar.

Der Strom für den Erregerumformer *D* und den Kompressormotor *E* wird durch einen Transformator *M* von 5250 auf 500 V umgeformt.

Den Gleichstrom von 220 V für die Erregung, für die Ölpumpe *H* und die Umlaufpumpen *J* und *K* sowie für die Akkumulatorenbatterie liefert ein Drehstrom-Gleichstrom-Umformer *B* von 90 PS.

In der Akkumulatorenbatterie *H* ist beim Versagen des Hauptstromes für rund eine Stunde die nötige Energie für die gesamte Erregung aufgespeichert.

Ein Kompressor, dessen Antriebmotor *E* 10 PS leistet, liefert nach Bedarf die für die Bremsen nötige Druckluft.

Die Treibscheibe wird durch zwei hintereinander geschaltete Fördermotoren *F* und *G*, von denen jeder normal 510 und im Höchstfall 930 PS leistet, angetrieben. Das Gewicht eines Motorankers beträgt 12 t, das Schwungmoment ( $GD^2$ ) rd. 45 tm<sup>2</sup>. Die Fördermotoren werden mit 220 V fremd erregt. Sie haben Wendepole.

Die Maschine ist mit Teufenzeiger und Sicherheitseinrichtungen in der bei elektrischen Fördermaschinen üblichen Weise ausgestattet.

Erwähnenswert ist, daß bei Seilfahrt durch den Anschläger von der Hängebank aus ein Sperrmagnet betätigt wird, der verhindert, daß der Steuerhebel vom Maschinisten über die 10 m/sk Geschwindigkeit entsprechende Stellung hinausgeführt werden kann. Die Abmessungen der einzelnen Maschinen sind in der Zahlentafel 2 nach den Leistungsschildern zusammengestellt.

## 2) Die zugesicherte Leistung.

Die Teufe betrug bei Inbetriebsetzung der Anlage und auch zur Zeit des Versuches 370 m; als größte zu erreichende Teufe war beim Entwurf der Anlage 700 m vorgesehen. Von den Siemens-Schuckert Werken war für die Teufe von 370 m eine stündliche Förderleistung von 190 t in 41 normalen, das ist mit 8 beladenen und 8 leeren Wagen belasteten Zügen, zugesichert. Der Energieverbrauch sollte dabei 2,28 KW für 1 Schacht-PS nicht übersteigen. Die Gesamtmasse des Aufzuges bei leeren Körben war von der Firma zu 4,4 tm<sup>-1</sup> sk<sup>2</sup> angenommen.

Ein normaler Zug sollte folgende Zeiten in Anspruch nehmen: für das Anfahren 21 sk bei einer Beschleunigung von 0,72 m sk<sup>-2</sup> und einem Motordrehmoment von 35,8 tm, für die volle Fahrt 8 sk bei einer Geschwindigkeit von 15 m/sk und einem Motordrehmoment von 21,6 tm und für den Auslauf 12 sk bei einer Verzögerung von 1,25 m sk<sup>-2</sup> und einem Motordrehmoment von 1,6 tm. Für einmaliges Umsetzen waren 46 sk gerechnet, so daß danach ein Zug in 41 + 46 = 87 sk beendet werden konnte.

Zahlentafel 2. Die Leitungsschilder.  
Generatoren.

Bezeichnung in Fig. 10	Maschinenart	Stromart	V	Amp	KW	Uml./min
<i>A</i>	Anlaßdynamo	Gleichstrom	± 800	1030 eff. 1980 2380 max.	800	370
<i>B</i>	Erregerdynamo	»	220	268	59	975

Motoren.

Bezeichnung in Fig. 10	Maschinenart	Stromart	V	Amp	PS	Uml. min	Rotor- spannung
<i>C</i>	Ilgner-Motor	Drehstrom	5250	75	765	370	510
<i>D</i>	Erregerumformer	»	500	92,5	90	975	353
<i>E</i>	Kompressor	»	500	12	10	955	72
<i>F</i>	Fördermotor I	Gleichstrom	400	—	$\frac{510}{930}$	36	—
<i>G</i>	Fördermotor II	»	400	—	$\frac{510}{930}$	36	—
<i>H</i>	Reserve-Oelpumpe	»	220	—	3,5	780	—
<i>J</i>	Umlaufpumpe I	»	220	—	3,5	1900	—
<i>K</i>	Umlaufpumpe II	»	220	—	3,5	1900	—
<i>L</i>	Magn. Kupplung	»	220	—	1,4	2100	—

Transformatoren.

Bezeichnung in Fig. 10	Maschinenart	Stromart	Spannung		Stromstärke		KW
			obere V	untere V	obere Amp	untere Amp	
<i>M</i>	Transformator für Nebeneinrichtungen	Drehstrom	5250	500	9,1	92,5	80

Akkumulatorenbatterien.

Bezeichnung in Fig. 10	Lieferer	Zahl der Zellen	Kapazität Amp-st	höchste Ent- ladestromstärke Amp	Bemerkung
<i>N</i>	Akkumulatoren- fabrik A.-G.	132	200	150	zur Reserve für die Erre- gung der Anlaßdynamo und Fördermotoren

Die Belastung eines Treibens bei Bergförderung sollte 5,88 t nicht übersteigen. Ein derartiges Treiben sollte in der gleichen Zeit wie ein Normalzug beendet werden.

Bei der Teufe von 700 m sollten 150 t in 33 Zügen in 1 st gezogen und die einzelnen Züge dann mit der gleichen Beschleunigung, Höchstgeschwindigkeit und Verzögerung wie bei der geringeren Teufe gefahren werden. Ein Treiben sollte dann 63 sk dauern. Zusicherungen für den Energieverbrauch bei dieser Teufe waren der Zeche nicht gegeben worden.

3) Die Anordnung des Versuches.

Die vorliegende Untersuchung war die erste der ganzen Versuchsreihe und als eine Art Voruntersuchung gedacht. Man mußte sich erst allgemein

über die in Betracht kommende Größenordnung der elektrischen Vorgänge, über die Betriebsverhältnisse der Anlage und die Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Meßgeräte unterrichten. Auf Grund der gesammelten Erfahrungen konnte dann bei den folgenden Versuchen schrittweise eine weitere Vervollkommnung der Meßgeräte und Durchbildung der Versuchsverfahren angestrebt werden.

Zur Untersuchung kam die in den östlichen Trummen des Schachtes VI (vergl. Fig. 7) umgehende Hauptförderung; die westlichen Trumme des gleichen Schachtes sind für Nebenförderung eingerichtet. Der Versuch begann am 17. März 08 um 5 Uhr morgens mit dem Aufladen des Schwungrades und wurde nach 24 st um die gleiche Zeit abgeschlossen. Die Förderung und der Betrieb der Maschinenanlage entsprachen völlig den gewöhnlichen Verhältnissen.

Die Stellen, an denen die elektrischen und rein mechanischen Meßgeräte eingebaut waren, sind aus Fig. 10 ersichtlich.

Die Seilgeschwindigkeit wurde bei Produktenförderung und Seilfahrt während mehrerer Züge nach Ablesungen am Zeiger des Tachographen, Bauart Karlik, zu ermitteln gesucht. Gleichzeitig wurde die Spannung der Fördermotorenanker, die bekanntlich annähernd der Umfanggeschwindigkeit entspricht, an Zeigergeräten abgelesen.

Für die Messung des insgesamt von der Anlage verbrauchten Drehstromes wurden eingebaut: ein Zähler, Bauart Aron, (1), ein selbstaufzeichnender Leistungsmesser (2) und Zeigergeräte für Spannung (3), Strom (4) und Leistung (5). Der Zähler wurde stündlich abgelesen, die Zeigergeräte 3, 4 und 5 während des ganzen Versuches je nach der Belastung in Abständen von  $\frac{1}{2}$ , 1,  $2\frac{1}{2}$ , 5 oder 15 min.

Der aufzeichnende Leistungsmesser schrieb mit Funken in Bogenkoordinaten. Er wurde durch eine Uhr mit einer Papiergeschwindigkeit von 7,2 m/st angetrieben und lief während des ganzen Versuches ununterbrochen.

Die Energieabgabe und -aufnahme des Transformators *M*, der Erregerumformer *B*, *D*, des Kompressors *E* und der Akkumulatorenbatterie *N* wurde durch die Zähler 6, 7, 8, 9 und 10 bestimmt.

Die Zähler für die Akkumulatorenbatterie 9 und 10 hatten zur Nachprüfung eines etwaigen Entladens oder Aufladens Rücklaufhemmung nach entgegengesetzten Seiten.

Die Kurven für Strom und Spannung der Fördermotorenanker versuchte man, durch ältere selbstaufzeichnende Meßgeräte 14a und 14b festzulegen. Da diese versagten, war man gezwungen, während der ganzen Dauer des Versuches die Kurven durch ständige Ablesungen an den Zeigergeräten 15a und 16 zu bestimmen. In den Erregerstromkreis der Fördermotoren waren die Zeigergeräte 11, 12 und 13 und in die Leitung des Erregerstromes der Anlaßdynamo Zeigergeräte 15b und 17 für gelegentliche Ablesungen während einzelner Züge eingebaut. Außerdem war ein funkenschreibendes Meßgerät für Gleichstrom 14c und 14d vorhanden, welches nacheinander zur Feststellung von Spannung und Stromstärke der Fördermotorenanker, der Erregung der Fördermotoren und der Anlaßdynamo benutzt wurde<sup>1)</sup>.

Die Umlaufschwankungen des Ilgner-Umformers wurden durch einen Hornschen Tachographen aufgezeichnet, dessen Papiervorschub von der Umformwelle abgeleitet wurde.

---

<sup>1)</sup> Wenn ein und dasselbe Meßgerät nacheinander an verschiedenen Meßstellen benutzt wurde, so ist es in den Schaltplänen mit einer Zahl und verschiedenen Nebenziffern bezeichnet.

4) Die Versuchsergebnisse.

In den 24 st des Versuches wurden 365 Züge gemacht, davon während der Produktenförderung der Morgenschicht 181 und während der Produktenförderung der Mittagschicht 143 Züge. Die mittlere Nutzlast eines Zuges betrug für die Morgenschicht 3,773 t und für die Mittagschicht 4,056 t.

Im ganzen wurden eingehängt: 2277 leere Wagen, 23 Wagen mit verschiedenem Inhalt und 42 Wagen mit Holz.

Herausgefördert wurden: 2226 Wagen mit Kohlen, 61 Wagen mit Bergen, 61 leere Holzwagen und Wagen mit verschiedenem Inhalt.

Beim Schichtwechsel fuhren 1027 Mann ein und 1037 Mann zutage.

Die Förderung ging ausschließlich nach der 370 m-Sohle. Die geförderte Nutzlast betrug in 24 st 1265 t entsprechend einer Leistung von 74 Schacht-PS. Davon entfielen auf die Morgenschicht 683 t bei 120 Schacht-PS und auf die Mittagschicht 580 t bei 101 Schacht-PS. Dabei wurde nur von einer Hängebank abgezogen und demnach dreimal umgesetzt. Die Förderung blieb wegen der ungünstigen Abbauverhältnisse der Zeche hinter der angestrebten Höchstleistung von 190 t/st erheblich zurück. Während der Nachmittagschicht ruhte sie von 4 Uhr bis 4<sup>45</sup> Uhr gänzlich. In dieser Zeit wurden Messungen zur Bestimmung des Schachtwirkungsgrades gemacht. Dafür wurde naturgemäß nur der Verbrauch an Leerlaufenergie des Umformers in Rechnung gesetzt. Die am Füllort angesammelten Kohlenwagen verstärkten die Förderung in dem folgenden Teile der Schicht.

Zahlentafel 3.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse für 24 Stunden.

Bezeichnung und Zeit des Meßabschnittes		Morgen-seilfahrt von 5 <sup>21</sup> bis 6 <sup>00</sup> = 30 min	Morgen-schicht von 6 <sup>00</sup> bis 2 <sup>00</sup> = 8 st	Mittag-seilfahrt von 2 <sup>00</sup> bis 2 <sup>30</sup> = 30 min	Mittag-schicht von 2 <sup>30</sup> bis 10 <sup>20</sup> = 8 st	Abend-seilfahrt von 10 <sup>22</sup> bis 11 <sup>00</sup> = 30 min	Nacht-schicht von 11 <sup>00</sup> bis 5 <sup>30</sup> = 6 st 30 min	von 5 <sup>30</sup> bis 5 <sup>31</sup> = 24 st
Förderung	1) gehobene Last . . . . . t	18,5	1227	26,2	987	24,1	1,7	2285
	2) eingehängte Last . . . . . »	25,8	544	24,8	407	14,9	3,2	1020
	3) Nutzlast . . . . . »	-7,3	683	1,4	580	9,2	-1,5	1265
	4) Förderhöhe . . . . . m	378,1	378,1	378,1	378,1	378,1	378,1	378,1
	5) geleistete Arbeit . . . . . tm	-2760	258242	529	219298	3478	-567	478296
	6) mittlere Nutzlast in 1 st t	-14,6	85,4	2,8	72,5	18,4	-0,2	52,7
	7) Zugzahl . . . . .	7	181	7	143	7	20	365
	8) mittlere Nutzlast eines Zuges . . . . . t	-1,043	3,773	0,200	4,056	1,314	-0,075	3,466
	9) mittlere Zugzahl in 1 st	14	22,6	14	17,9	14	3,1	15,2
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . . . . . sk	56,4	46,2	51,7	46,0	59,4	—	—
	11) mittlere Fördergeschwindigkeit . . . . . m/sk	6,7	8,2	7,3	8,2	6,4	—	—
	12) mittlere Leistung . Schacht-PS	-20,4	119,6	3,9	101,5	25,8	-0,3	73,8
Energieverbrauch	1) gesamter Energieverbrauch . . . . . KWst	56,7	2195	56	2024	44,4	401	4777
	2) aufgenommene Gesamtleistung im Mittel . . . . . KW	113,4	274	112	253	88,8	61,7	199
	3) mittler. Energieverbrauch für einen Zug . . . . . KWst	8,1	12,1	8,0	14,2	6,3	20,5	13,1
	4) mittler. Energieverbrauch für 1 Schacht-PS-st . . . . . KWst	(-)5,6	2,29	28,7	2,49	3,44	(-)206	2,70
	5) Wirkungsgrad der gesamten Anlage . . . . . vH	(-)13,1	32,1	2,6	29,5	21,4	(-)0,4	27,3

Das Schwungrad wurde während der Abendseilfahrt durch einige Züge bei abgeschaltetem Ilgner-Motor abgebremst.

Während der Nachtschicht, in der allgemein nur wenige Züge mit geringer Belastung gemacht wurden, arbeitete der Ilgner-Motor bei abgekuppeltem Schwungrad. Um einer Ueberlastung des Motors vorzubeugen, wurde dann die Fördergeschwindigkeit unter 10 m/sk gehalten.

An elektrischer Energie wurden insgesamt 4777 KWst aufgenommen, davon in der Morgenschicht 2195 KWst und in der Mittagschicht 2024 KWst. Der Energieverbrauch, auf eine Schacht-PS bezogen, betrug in der Morgenschicht 2,29 KW, in der Mittagschicht 2,49 KW und in 24 st 2,7 KW. Der an und für sich hohe Energieverbrauch für 1 Schacht-PS erklärt sich daraus, daß die Anlage nur sehr unvollständig ausgenutzt war. So wurden z. B. in der Morgenschicht in 1 st durchschnittlich nur 22,6 Züge gemacht, wobei 153,4 t gefördert wurden, während die Anlage stündlich 190 t in 41 Zügen fördern sollte. Die Verluste bei Stillstand der Förderung wurden dadurch im Verhältnis zu der geleisteten Nutzarbeit recht erheblich.

Ein Zug der Kohlenförderung dauerte bei flottem Betriebe rd. 45 sk, und dreimaliges Umsetzen erforderte 60 sk. Bei Seilfahrt waren die entsprechenden Zeiten 56 sk für das Treiben und 210 bis 160 sk für die Förderpause.

Die Werte für Förderleistung und Energieverbrauch der Anlage sind, nach Seilfahrt und Schichten getrennt, für den ganzen Versuch in Zahlentafel 3 zusammengestellt.

In Zahlentafel 4 finden sich die entsprechenden Werte für 1 st mit verhältnismäßig starker Förderung. Die Energieverbrauch stellte sich auch hier noch auf rd. 2,0 KW für eine Schacht-PS.

Zahlentafel 4.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse für eine Stunde mit verhältnismäßig starker Förderung.

Zeit der Messung		von 7 <sup>38</sup> bis 8 <sup>38</sup> = 1 st
Förderung	1) gehobene Last . . . . .	t 198
	2) eingehängte Last . . . . .	» 85
	3) Nutzlast . . . . .	» 113
	4) Förderhöhe . . . . .	m 378
	5) Arbeit . . . . .	tm 42725
	6) mittlere Nutzlast in einer Stunde . . . . .	t 113
	7) Zugzahl . . . . .	27
	8) mittlere Nutzlast eines Zuges . . . . .	t 4,185
	9) mittlere Zugzahl in einer Stunde . . . . .	27
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . . . . .	sk 46,8
	11) mittlere Fördergeschwindigkeit . . . . .	m/sk 8,1
	12) mittlere Leistung . . . . .	Schacht-PS 158,2
Energieverbrauch	1) gesamter Energieverbrauch . . . . .	KWst 321
	2) aufgenommene Gesamtleistung im Mittel . . . . .	KW 321
	3) mittlerer Energieverbrauch für einen Zug . . . . .	KWst 11,9
	4) mittlerer Energieverbrauch für 1 Schacht-PS-st . . . . .	KWst 2,03
	5) Wirkungsgrad der Gesamtanlage . . . . .	vH 36,2

Die Energieaufnahme des Transformators, der Verbrauch des Kompressors und die Energieabgabe der Erregerdynamo sind in der folgenden Zusammenstellung enthalten:

	5 <sup>00</sup> bis 2 <sup>00</sup>	2 <sup>00</sup> bis 10 <sup>00</sup>	10 <sup>00</sup> bis 5 <sup>00</sup>	5 <sup>00</sup> bis 5 <sup>00</sup>
	KWst	KWst	KWst	KWst
Energieaufnahme des Transformators . . . . .	248	223	169	640
Energieabgabe des Kompressors . . . . .	21,0	16,3	8,4	45,7
Energieverbrauch für die gesamte Erregung und die 220 V-Motoren . . . . .	165	151	115	431

Der Wirkungsgrad des Transformators ist dabei mit 0,93 in Rechnung gesetzt.

Die Erregung der Fördermotoren gebrauchte nach den Zeigergeräten in den Förderpausen rd. 60 Amp und bei der Förderung rd. 100 Amp bei gleichmäßig 220 V Spannung.

Der Ilgner-Umformer verbrauchte bei Leerlauf mit Schwungrad annähernd 95 KW und ohne Schwungrad annähernd 50 KW.

In der Tafel 1 sind die Schaulinien der Förderung und des Energieverbrauches der Gesamtanlage für 24 st auf Zeitbasis wiedergegeben. Die Tafel enthält die Schaulinien für die vier an elektrisch betriebenen Maschinen vorgenommenen Versuche. Daraus sind die Größen der gezogenen und eingehängten Lasten sowie der Nutzlasten, die Zugdauer und die Länge der Förderpausen, die Höhe des Energieverbrauches und die durch die Förderverhältnisse bedingten mehr oder minder großen Schwankungen in der Belastung des Kraftwerkes zu erkennen. Die Energiekurve ist bei Deutscher Kaiser nach Ablesungen an Zeigergeräten und bei den drei übrigen Versuchen nach den Aufzeichnungen eines schreibenden Leistungsmessers wiedergegeben. Bei diesen ist die Kurve daher genauer als bei dem Versuch auf Deutscher Kaiser, wo sie gleichförmiger erscheint, als sie in Wirklichkeit war. Die Schaulinien sämtlicher Versuche sind in gleichem Maßstabe aufgetragen.

In Fig. 11 sind die Kurven für Spannung, Strom, Leistung der Fördermotorenanker sowie Leistung des Ilgner-Motors für einen Seilfahrzeug und in Fig. 12 für einen Zug mit Produktenförderung zusammengestellt. Die Kurven für Spannung und Stromstärke sind nach den Ablesungen an den Zeigergeräten aufgetragen; die Leistungskurve ist danach konstruiert. Die Spannungskurve gibt zugleich einen Maßstab für die Umfangsgeschwindigkeit. Die Drehstromleistungskurve ist nach den Angaben des selbstaufzeichnenden Leistungsmessers

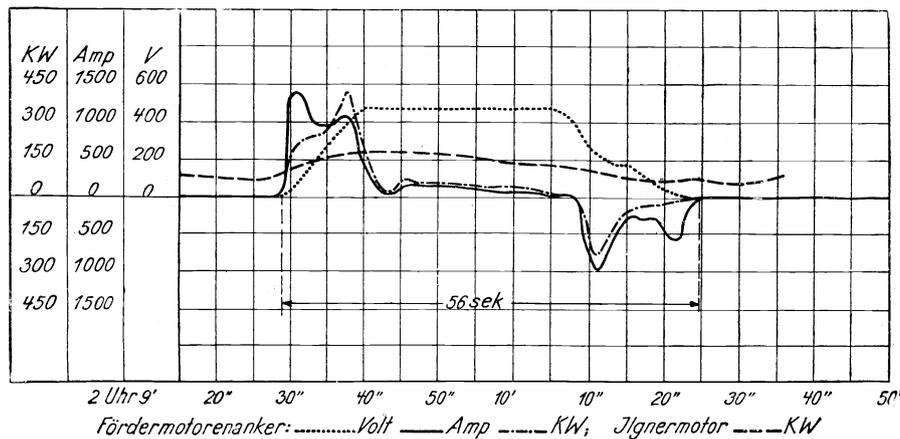


Fig. 11. Schaulinien für einen Seilfahrzeug.

umgezeichnet. Der Einfluß des Schwungrades ist aus Fig. 12 ersichtlich. Es wurden hier an Gleichstrom bis 1530 KW und an Drehstrom 350 KW gebraucht. Die Minderung der Spitzenleistung der Fördermotoren durch den Ilgner betrug hier also 77 vH, wobei die Fördermotoren bis zur angegebenen Spitzenleistung

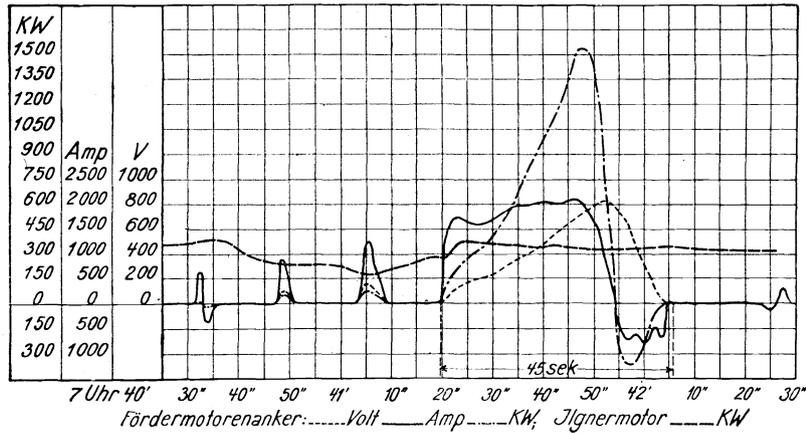


Fig. 12. Schaulinien für einen Zug der Produktförderung.

und der Ilgner-Motor mit rd. 55 vH der Normalleistung belastet waren. Die Kurven für Gleichstrom sind aus den eingangs erwähnten Gründen zwar nicht genau genug, um Rechnungen darauf aufzubauen, geben aber immerhin ein Bild der Vorgänge.

Der Parallelwiderstand zum Schlupfregler des Ilgner-Motors wurde während des Versuches, der auf Wunsch der Zeche zugleich als Abnahmeversuch galt, von Vertretern der Siemens-Schuckert Werke verschiedentlich geregelt. Infolgedessen schwankte, wie aus Tafel 1 ersichtlich ist, die obere Grenze der Drehstromaufnahme recht erheblich.

In Fig. 13 ist die insgesamt aufgenommene Drehstromenergie nach den Aufzeichnungen des funkenschreibenden Leistungsmessers wiedergegeben, und in Fig. 14 sind die Umlaufschwankungen des Umformers bei den gleichen

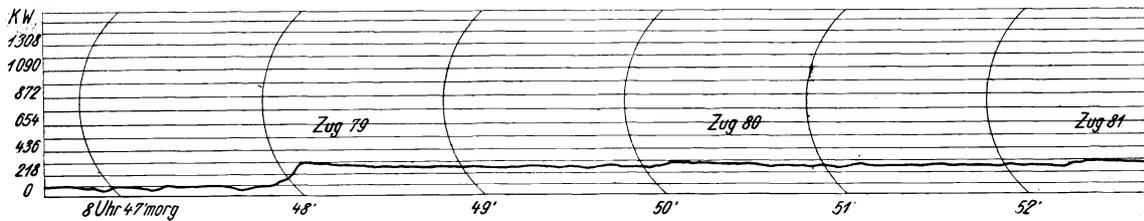


Fig. 13. Drehstromenergieaufnahme der Gesamtanlage.



Fig. 14. Umlaufschwankungen des Ilgner-Schwungrades.

Treiben nach dem Hornschen Tachographen dargestellt. Die Nutzlast der zugehörigen Züge ist aus Tafel 1 zu entnehmen. Die Umlaufzahl des Schwungrades ging auf annähernd 340 herunter (vergl. Fig. 14) und erholte sich auch in den Förderpausen nicht ganz. Bei anders eingestelltem Parallelwiderstand, bei anderer Belastung und Zugfolge änderte sich naturgemäß auch der Schlupf.

Während der Nachmittagschicht wurden Versuche angestellt, um den Wirkungsgrad des Schachtes zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurden eine Reihe Züge hintereinander mit normal beladenen Körben ohne Wagenwechsel gefahren und dabei der Energieverbrauch der Fördermotoren in der Mitte des Treibens gleichzeitig mit der Seilgeschwindigkeit nach Ablesungen an den Zeigergeräten zu bestimmen versucht. Die hiernach berechneten Werte erschienen jedoch einerseits wegen der nur kurz anhaltenden Höchstgeschwindigkeit, andererseits wegen der Ungenauigkeit der Augenablesungen an den elektrischen Zeigergeräten und wegen der erwähnten Unzuverlässigkeit der Geschwindigkeitsmessung nicht einwandfrei. Daher ist von ihrer Veröffentlichung Abstand genommen worden.

## II) Die Förderanlage Schacht II der Zeche Rheinelbe zu Gelsenkirchen.

### 1) Beschreibung der Anlage.

Die untersuchte Förderanlage des Schachtes II der Zeche Rheinelbe zu Gelsenkirchen gehört zu der Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G.

Der elektrische Teil der Anlage ist im Jahre 1907 von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin, der mechanische Teil von der Maschinenbau-A.-G. Union in Essen geliefert.

Die Zeche erhält von dem Gaskraftwerk des an die Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G. übergegangenen Schalker Gruben- und Hüttenvereins zu Schalke Drehstrom von 5000 V.

Die Maschine förderte zur Zeit des Versuches aus 362 m Teufe, während sie für 1000 m Teufe entworfen ist.

Die Koepe-Scheibe der Fördermaschine ist aus Schmiedeisen, sie hat 7 m Dmr. und wiegt 30 t. Das Schwungmoment ( $GD^2$ ) beträgt 406 tm<sup>2</sup>; bei der Höchstgeschwindigkeit zur Zeit des Versuches von 16 m/sk macht sie 43,5 und bei der künftigen von 20 m/sk 54,5 Uml./min. Das Futter des Seillaufs besteht aus Ulmenholz und ist mit einer Ledereinlage ausgekleidet.

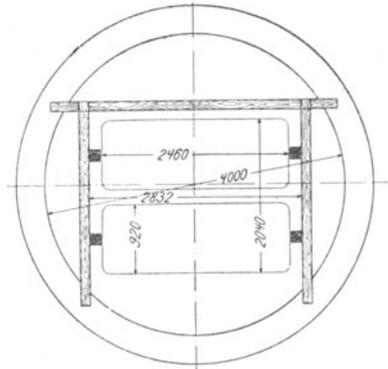


Fig. 15. Schachtscheibe.

Die Seilscheiben haben 6 m Dmr. Sie wiegen je 9 t bei einem Schwungmoment ( $GD^2$ ) von 125 tm<sup>2</sup>. Kranz und Speichen sind aus Schmiedeisen, die Nabe aus Gußeisen.

Das Fördergerüst ist von der Firma Aug. Klönne in Dortmund erbaut worden. Die Einteilung der Schachtscheibe zeigt Fig. 15.

Die Förderkörbe haben 4 Etagen für je 2 Wagen hintereinander und Kopfführung in Stahlschuhen an Pitchpine-Spurlatten. Am Füllort sind Anschluß-

bühnen und an der Hängebank zurückziehbare Schachtfallen, Bauart Beien, eingebaut, so daß bei gewöhnlichem Betrieb nicht gekapst zu werden braucht. Das Gewicht eines Korbes einschließlich der Verbindungsstücke beträgt 6,5 t. Die Unterseilbefestigung wiegt 0,07 t und das Zwischengeschirr 0,8 t. Die Zeche verwandte zwei Arten Förderwagen, alte und neue, deren Gewicht und Inhalt verschieden waren. Es wurden folgende mittlere Gewichte festgestellt:

1 alter Wagen mit Kohle . . . . .	0,881 t,
1 neuer Wagen mit Kohle . . . . .	1,006 t,
1 alter Wagen mit Bergen . . . . .	1,201 t,
1 neuer Wagen mit Bergen. . . . .	1,339 t,
1 alter Förderwagen, leer . . . . .	0,318 t,
1 neuer Förderwagen, leer . . . . .	0,421 t.

Ein alter Wagen faßte danach 0,563 t Kohle und ein neuer 0,585 t.

Das Verhältnis der neuen Wagen zu den alten war in der Förderung des Versuchstages 1 : 2,29. Das mittlere Gewicht eines leeren Wagens war somit

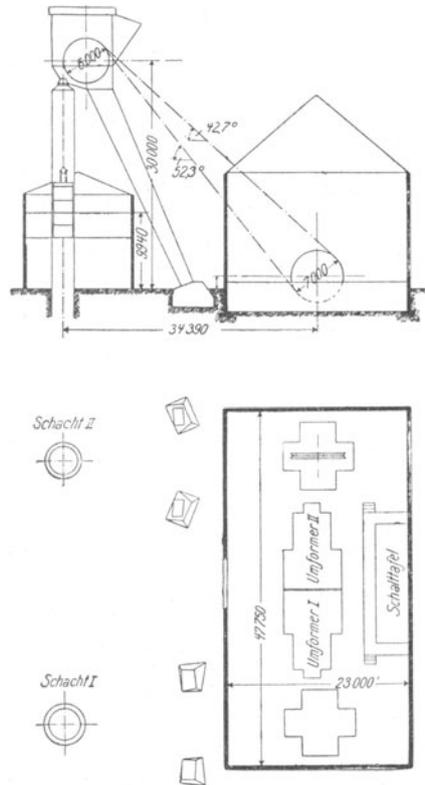


Fig. 16 und 17. Aufriß und Grundriß der Förderanlage.

0,349 t, eines mit Kohle beladenen Wagens 0,919 t und der Inhalt an Kohle 0,570 t. Ein normaler Kohlenzug wies demnach eine mittlere Nutzlast von 4,560 t auf.

Das Oberseil ist ein Dreikantlitzenseil von 48 mm Dmr. und 9,3 kg/m Gewicht. Jede der 6 Litzen hat 12 runde Drähte von 2,25 mm, 15 runde Drähte von 2,85 mm Dmr. und 3 rhombische Drähte von 9,1 qmm Querschnitt. Die Bruch-

festigkeit der Runddrähte ist zu 150 kg/qmm gerechnet, entsprechend einer Gesamtbruchbelastung von 144 t. Die rechnerische Sicherheit für ruhende Last ist nach der Seilfahrtkonzession bei Seilfahrt für die Höchstlast von 42 Mann 9,8fach und bei der Produktenförderung für die normale Belastung von 6,8 t 7,95fach. Das Unterseil ist ein Flachseil von 140 × 25 mm Querschnitt. Es wiegt 8,7 kg/m und ist ebenso wie das Oberseil aus Tiegelgußstahl. Beide Seile werden geschmiert. Der Seilablenkungswinkel beträgt 0°43'53".

Der Abstand der obersten Hängebank von Seilscheibenmitte ist 20 m, die freie Höhe über dem Korb in seiner obersten Stellung beträgt 10 m, Fig. 16 und 17, und das freie Stück Sumpf bei der tiefsten Stellung des Korbes 16 m.

Für die Seilfahrt ist von der Bergbehörde eine Fördergeschwindigkeit von 10 m/sk zugelassen.

Die gesamte umlaufende Masse des Aufzuges in Seilmitte beträgt  $18,9 = 1,92 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ , die auf- und abgehende Masse bei einem gewöhnlichen Kohlenzuge  $\frac{31,4}{9,81} = 3,20 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ . Danach sind bei einem Treiben  $5,12 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  zu beschleunigen und 4,6 t Nutzlast zu heben.

In der Zahlentafel 5 sind die Gewichte und Schwungmomente zusammengestellt.

Zahlentafel 5.

Gewichte und Schwungmomente des Aufzuges für 369 m  
Förderhöhe bei normaler Belastung.

		Gewicht	Schwungmoment ( $GD^2$ )	auf Seilmitte bezogenes Gewicht	Masse in Seilmitte
		t	tm <sup>2</sup>	t	tm <sup>-1</sup> sk <sup>2</sup>
umlaufende Teile	1) 1 Treibscheibe von 7 m Dmr. . . . .	30	406	8,3	0,845
	2) 2 Motoranker . . . . .	38	180	3,7	0,375
	3) 2 Seilscheiben von 6 m Dmr. . . . .	18	250	6,9	0,70
	Summe 1 bis 3 . . . . .	86	—	18,9	1,92
auf- und abgehende Teile	4) 2 Förderkörbe einschl. Gehänge . . . . .	13,0	—	13,0	1,32
	5) rd. 510 m Oberseil von 9,3 kg/m . . . . .	4,7	—	4,7	0,48
	6) rd. 400 m Unterseil von 8,7 kg/m . . . . .	3,5	—	3,5	0,36
	7) 16 leere Förderwagen von je 0,349 t . . . . .	5,6	—	5,6	0,57
	8) Inhalt von 8 Wagen mit Kohlen zu je 0,570 t . . . . .	4,6	—	4,6	0,47
	Summe 4 bis 8 . . . . .	31,4	—	31,4	3,20
Summe 1 bis 8 . . . . .		117,4	—	50,3	5,12

Auf den Kranz der Treibscheibe wirkt an einem Durchmesser von 6,778 m eine vereinigte Manövrier- und Sicherheitsfallbremse. Die durch Druckluft von normal 6 at Spannung betriebene Manövrierbremse entwickelt, auf Seilmitte bezogen, bei der niedrigsten Spannung eine wirksame Bremskraft von 23,450 t, die Fallgewichtbremse eine solche von 17,390 t. Der Bremsweg für die Massenverhältnisse bei 1000 m Teufe und 20 m/sk Geschwindigkeit beträgt für einen normal belasteten, aufwärtsgehenden Zug für die Manövrierbremse bei 4,5 at Luftdruck 37 m Seilweg oder 1,74 Umläufe der Koepe-Scheibe, für die Fallgewichtbremse 46 m Seilweg oder 2,2 Umläufe und für beide Bremsen bei gleichzeitiger Wirkung 24 m Seilweg oder 1,1 Umläufe der Koepe-Scheibe. Hierbei ist zu beachten, daß der Bremsdruck der Manövrierbremse, da der Luftdruck nor

mal 6 at statt der gerechneten 4,5 at beträgt, für gewöhnlich noch um  $\frac{1}{5}$  höher ist<sup>1)</sup>. Der Wirkungsgrad der Bremse ist dabei zu 0,85 und die Reibungsziffer zwischen Kranz und Bremsbacken zu 0,45 gerechnet.

Die Schaltung der elektrischen Maschinen ist aus dem Schaltplan Fig. 18 ersichtlich.

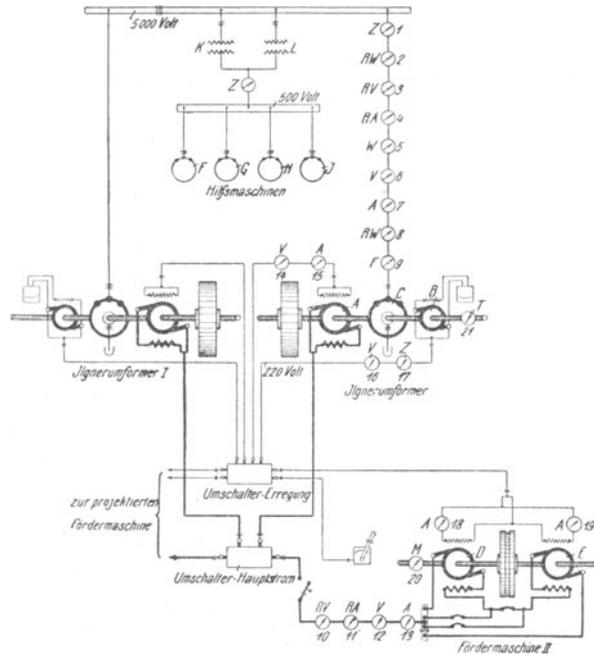


Fig. 18. Schaltplan.

Der Umformer und die eigentliche Fördermaschine sind, getrennt durch eine mannshohe oben offene Wand, in einem gemeinsamen Gebäude untergebracht. Der Kompressor, die Transformatoren, die blanken, hochspannungsführenden Teile der Schaltanlage und einige Nebeneinrichtungen befinden sich im Erdgeschoß des Gebäudes.

Zur Zeit der Untersuchung waren zwei vollständige Umformersätze (I und II) betriebsfertig aufgestellt. Der Umformer I war für den Betrieb der für Schacht I bestellten Fördermaschine vorgesehen und diente zur Zeit der Untersuchung als Reserve. Die beiden Ilgner sind nicht gekuppelt, lassen sich aber beide oder einzeln mit der untersuchten Fördermaschine zusammenschalten.

<sup>1)</sup> Angenommen, es sei:

- $p$  die Verzögerung in  $\text{m sk}^{-2}$ ,
- $s$  der Bremsweg in  $\text{m}$ ,
- $v$  die Seilgeschwindigkeit in  $\text{m/sk}$ ,

dann ist nach den oben angeführten Zahlen

$$p = \frac{v^2}{2s} = \frac{20^2}{2 \cdot 37} = 5,4 \text{ m sk}^{-2}$$

und im anderen Falle:

$$p = \frac{20^2}{2 \cdot 24} = 8,3 \text{ m sk}^{-2}.$$

Der Ilgner-Motor *C*, Fig. 18, leistet 1000 PS bei 375 synchronen Uml./min und 50 Perioden/sk. Seine Umlaufzahl kann durch Schlupfregler und Flüssigkeitsanlasser bis auf 317 herunter geregelt werden.

Die zugehörige, mit Wendepolen versehene Anlaßdynamo *A* kann 1225 KW bei 800 V und 360 Uml./min abgeben. Die Stromstärke beträgt bei der Normalleistung 1530 Amp und bei der Höchstleistung von 3000 KW 3750 Amp.

Das Schwungrad besteht aus zwei Scheiben; es wiegt 50 t und hat bei einer Kranzbreite von 0,86 m einen Durchmesser von 4,3 m. Sein Schwungmoment ( $GD^2$ ) beträgt 550 tm<sup>2</sup>. Bei 360 Uml./min beträgt seine kinetische Energie 10200 tm und die Umfangsgeschwindigkeit 81,5 m/sk. Es ist durch eine elastische Kupplung, die während des Betriebes nicht ausgerückt werden kann, mit der Umformerwelle verbunden. Die Lager werden mit Preßöl von 4 at Druck geschmiert und haben Wasserkühlung. Die zugehörige Ölpumpe wird von der Umformerwelle aus angetrieben. Wegen des geringen Druckes des Preßöles ist ein eigener Drehmotor *J* zum Anlassen vorhanden. Im Gegensatz zu der von den Siemens-Schuckert Werken auf Deutscher Kaiser gewählten Anordnung ist hier kein besonderer Erregerumformer vorhanden. Es ist vielmehr eine Verbunddynamo *B* von 66 KW unmittelbar mit dem Umformer gekuppelt. Wegen der veränderlichen Umlaufzahl ist hierfür ein selbsttätiger Spannungsregler erforderlich. Eine eigene Akkumulatorenbatterie ist dadurch überflüssig gemacht. Die Dynamo hat 2 Kollektoren für je 110 V, so daß für Seilfahrt 110 V und für Produktenförderung 220 V entnommen werden können und in beiden Fällen der Steuerhebel ganz ausgelegt wird.

Den Strom für die kleineren Motoren, die beiden Ölpumpen *G* und *H*, den Motor *J* und den Kompressormotor *F* transformieren 2 Transformatoren *K* und *L* von 5000 auf 500 V. Die beiden motorisch angetriebenen Ölpumpen arbeiten nur beim Aufladen des Schwungrades und dienen im übrigen als Reserve.

Es sind zwei Fördermotoren *D* und *E* vorhanden, die für gewöhnlich hintereinander geschaltet sind. Sie leisten normal je 750 PS bei  $\pm 400$  V und 1530 Amp. Ein Motorenanker wiegt 19 t und hat ein Schwungmoment ( $GD^2$ ) von 90 tm<sup>2</sup>. Die Motoren haben Wendepole. In den Ankerstromkreis ist ein Maximalautomat eingeschaltet, der bis 8000 Amp eingestellt werden kann.

Ein Parallelwiderstand überbrückt seine Kontakte im ausgeschalteten Zustande, so daß die Verbindung zwischen Fördermotoren und Anlaßdynamo nicht unterbrochen wird. Der Widerstand läßt dann noch soviel Strom durch, daß die Fördermaschine im Notfall, wenn die mechanischen Bremsen versagen, elektrisch abgebremst werden kann.

Die Maschine ist mit Teufenzeiger, schreibendem Geschwindigkeitsmesser, Bauart Karlik, und sonstigen Sicherheitsvorrichtungen in dem bei elektrischen Fördermaschinen üblichen Umfang ausgestattet.

Die Leistungsschilder der einzelnen elektrischen Maschinen und der Transformatoren sind in der Zahlentafel 6 zusammengestellt.

## 2) Die zugesicherte Leistung.

Die Förderteufe betrug bei Inbetriebsetzung der Anlage und auch zur Zeit des Versuches 369 m; als größte zu erreichende Teufe waren beim Entwurf 1000 m vorgesehen.

Für Kohlenförderung hatte die AEG eine normale Nutzlast von 4,4 t und für Bergförderung eine solche von 5,8 t zu Grunde gelegt. Für die Gesamt-

Zahlentafel 6. Die Leistungsschilder.  
Generatoren.

Bezeichnung in Fig. 18	Maschinenart	Stromart	V	Amp	KW
A	Anlaßdynamo	Gleichstrom	800	$\frac{1530}{3750}$	1225
B	Erregerdynamo	Gleichstrom	2 · 110	300	66

Motoren.

Bezeichnung in Fig. 18	Maschinenart	Stromart und Periodenzahl	Klemmen- spannung V	Amp	Rotor- spannung V	PS	Uml./min
C	Ilgner-Motor	Drehstrom 50	5000	101	900	1000	360
D	Fördermotoren	Gleichstrom	400	1530	—	750	54,5
E		»	400	1530	—	750	54,5
F	Kompressor	Drehstrom 50	500	14	115	10	475
G	Oelpumpen	»	500	0,97	—	0,75	1420
H	»	»	500	0,97	—	0,75	1420
J	Andrehmotor	»	500	51	300	45	970

Transformatoren.

Bezeichnung in Fig. 18	Maschinenart	Stromart und Periodenzahl	Spannung		Stromstärke		KVA
			obere	untere	obere	untere	
K	Transformator	Drehstrom 50	5000	525	40,5	385	350
L	»	»	5000	525	40,5	385	350

masse des Aufzuges hatte sie bei leeren Körben für 369 m Förderhöhe  $5,19 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  gerechnet und dabei für reine Kohlenförderung eine Leistung von 168 t/st in 38,4 Zügen gewährleistet. Die Zeiten für einen Förderzug sollten dabei betragen: für das Anfahren 14 sk bei einer Beschleunigung von  $1 \text{ m/sk}^2$  und einem Motordrehmoment von 37,150 tm; für die volle Fahrt 12,7 sk bei einer Geschwindigkeit von 14 m/sk und einem Motordrehmoment von 19 tm und für den Auslauf 12,5 sk bei einer Verzögerung von  $1,1 \text{ m/sk}^2$ . Die Sturzpause sollte bei dreimaligem Umsetzen 54,8 sk dauern, so daß der gesamte Zug in 94 sk bei einer mittleren Umformerleistung von 460 PS<sub>e</sub> beendet werden konnte. Ein Zug mit der Höchstlast von 5,8 t sollte in derselben Zeit gefahren und für jeden fünften Zug zugelassen werden. Der Umformer sollte in diesem Fall eine mittlere Leistung von 460 PS<sub>e</sub> zeigen.

Für die Teufe von 1000 m war die Gesamtmasse des Aufzuges zu  $6,7 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  angenommen. Die Nutzlast für einen Zug sollten dieselbe wie bei der niedrigen Teufe bleiben, und es war eine Leistung von 29 Zügen = 127,5 t/st zugesichert. Die Zeiten für einen normalen Zug bei 4,4 t Nutzlast waren wie folgt angesetzt: Anfahren 20 sk bei  $1 \text{ m/sk}^2$  Beschleunigung und 41,55 tm Motordrehmoment; volle Fahrt 31 sk bei 20 m/sk Geschwindigkeit und 18,15 tm Motordrehmoment; Auslauf 18 sk bei  $1,1 \text{ m/sk}^2$  Verzögerung und die Sturzpause bei dreimaligem Umsetzen 55 sk, so daß ein Zug im ganzen 124 sk beanspruchen sollte; der Umformer sollte hierbei 960 PS<sub>e</sub> leisten. Die Höchstbelastung von 5,8 t sollte für jeden fünften Zug zulässig sein. Hierbei sollte das Anfahren 27 sk bei einer

Beschleunigung von  $0,74 \text{ m/sk}^2$  und einem Motordrehmoment von  $41,6 \text{ tm}$ , die volle Fahrt  $26,5 \text{ sk}$  bei  $20 \text{ m/sk}$  Geschwindigkeit und einem Motordrehmoment von  $23,9 \text{ tm}$ , der Auslauf  $20 \text{ sk}$  bei  $1 \text{ m/sk}^2$  Verzögerung und die Sturzpause  $56,5 \text{ sk}$  dauern, so daß ein ganzer Zug  $130 \text{ sk}$  beanspruchen würde.

Der gesamte Energieverbrauch der Anlage sollte bei  $1000 \text{ m}$  Teufe für die Förderung von  $127,5 \text{ t/st}$   $1,6 \text{ KW}$  für ein Schacht-PS betragen.

Für die geringeren Teufen waren keine Zusicherungen für den Energieverbrauch gegeben.

### 3) Anordnung des Versuches.

Der Versuch begann am 8. Juni 1909 um  $4^{10}$  morgens mit dem Aufladen des Schwungrades und dauerte  $24 \text{ st}$ . Die Maschinen waren betriebsmäßig geschaltet.

Die Anordnung der Meßgeräte ist aus Fig. 18 ersichtlich.

Für die Messung der Fördergeschwindigkeit wurde hier zum erstenmal ein Morsedrucker (20) benutzt (vergl. S. 3).

Auf der Drehstromseite waren vor dem Ilgner-Motor ein Zähler 1, ein schreibender Leistungsmesser 2, ein schreibender Spannungsmesser 3, beide mit geraden Koordinaten und  $4 \text{ mm/min}$  Papiervorschub, ferner ein funkenschreibender Strommesser 4 und ein funkenschreibender Leistungsmesser 8 eingebaut. Die beiden letztgenannten Meßgeräte hatten Bogenkoordinaten und einen Papiervorschub von  $7,2 \text{ m/st}$ . Außerdem waren Zeigergeräte für Spannung 6, Strom 7, Leistung 5 und ein Frequenzmesser 9 vorhanden. Die schreibenden Meßgeräte für Leistung 2 und Spannung 3 wurden hier bei Fördermaschinenversuchen zum erstenmal benutzt.

Für die Gleichstrommessungen waren neue funkenschreibende Meßgeräte mit geraden Koordinaten für Leistung, Strom und Spannung der Fördermotorenanker eingebaut. Es trat jedoch schon beim Vorversuch Kurzschluß zwischen Induktor und Meßleitung ein, so daß man wieder auf die schreibenden Meßgeräte mit Bogenkoordinaten für Spannung 10 und Strom 11 angewiesen war. Außerdem waren Zeigergeräte für Strom 13 und Spannung 12 in die Hauptstromleitung der Fördermotoren eingeschaltet. Die von der Erregerdynamo *B* abgegebene Energie wurde durch einen Zähler 17 und ihre Spannung durch den Spannungsmesser 16 festgestellt. In den Abzweigen zur Anlaßdynamo und den Fördermotoren waren die Zeigergeräte 14, 15, 18 und 19 eingebaut.

Die Umlaufschwankungen des Ilgner-Umformers wurden wie bei dem ersten Versuch durch einen Hornschen schreibenden Geschwindigkeitsmesser 21 aufgezeichnet.

Sämtliche Zählerablesungen erfolgten in Zwischenräumen von  $10 \text{ Minuten}$ . Die elektrischen schreibenden Meßgeräte liefen, abgesehen von geringen Unterbrechungen, die ganze Zeit durch. An den Zeigergeräten wurden nach Bedarf Ablesungen vorgenommen.

An den Hauptversuch schloß sich am 10. Juni 1909 ein kürzerer Versuch zur Bestimmung des Schachtwirkungsgrades. Dabei wurde mit normal belasteten Körben bei verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten ohne Wagenwechsel und Umsetzen im Schacht auf- und niedergefahren und die von den Ankern der Fördermotoren aufgenommene Energie mit dem Spannungsmesser 10 und Strommesser 11 aufgezeichnet.

#### 4) Versuchsergebnisse.

Es wurden in 24 st 678 Züge gemacht. Davon entfielen auf die Produktenförderung der Morgenschicht 294 und auf die der Nachmittagschicht 284 Züge.

Im ganzen wurden 4423 leere Wagen und 132 Wagen mit Holz und verschiedenem Inhalt eingehängt. Gehoben wurden 4045 Wagen mit Kohlen, 461 Wagen mit Bergen, 73 leere Holzwagen und Wagen mit verschiedenem Inhalt.

Beim Schichtwechsel fuhren 1299 Mann ein und 1283 aus.

Die Förderung ging, abgesehen von einigen nebensächlichen Zügen, ausschließlich nach der 362 m-Sohle. Die geförderte Nutzlast betrug im ganzen 2692 t, entsprechend einer Leistung von 153 Schacht-PS. Davon kamen auf die Morgenschicht 1442 t mit 263 Schacht-PS, auf die Nachmittagschicht 1292 t mit 235 Schacht-PS. Auf die Gesamtförderung von 2692 t entfielen 2313 t Kohle und 413 t Berge. Die Nutzlast ging bei Bergförderung ausnahmsweise bis 7 t herauf. Während der beiden Hauptschichten ging eine starke Förderung ohne Störung vor sich. Sie übertraf die durchschnittliche Tagesförderung für den gleichen Monat um rd. 550 t. In der Morgenschicht erreichte sie im Durchschnitt 192 t/st in 39,2 Zügen von 4,9 t Nutzlast, so daß die zugesicherte Leistung von 168 t in 38,4 Zügen von 4,4 t Nutzlast nicht unerheblich überschritten wurde. Ein Treiben dauerte bei flottem Betriebe während der Produktenförderung rd. 40 bis 45 sk und während der Seilfahrt 55 bis 60 sk, das Umsetzen während der Produktenförderung 40 bis 45 sk und während der Seilfahrt je nach der Belastung 150 bis 210 sk. In beiden Fällen wurde dreimal umgesetzt.

An elektrischer Energie wurden insgesamt 7476 KWst aufgenommen, wovon die 500 V-Motoren 100 KWst gebrauchten und die Erregerdynamo 507 KWst abgab. Der Wirkungsgrad der Transformatoren wurde zu 0,98 angenommen und gerechnet.

Auf ein Schacht-PS bezogen betrug der Energieverbrauch in der Morgenschicht 1,67 KW und in der Nachmittagschicht, wo die Gesamtleistung und die mittlere Nutzlast für einen Zug etwas geringer war, 1,75 KW.

Die Zahlen für die Förderleistung und den Energieverbrauch sind, nach Schichten getrennt, in Zahlentafel 7 zusammengestellt.

Die obere Grenze für die Energieaufnahme des Ilgner-Motors lag bei der Produktenförderung während des ganzen Versuches ziemlich gleichmäßig bei 500 KW. Der Ilgner-Motor soll normal 736 KW leisten, war demnach mit rd. 60 vH belastet. Die obere Grenze der Umlaufzahl lag zwischen 370 und 360, ging aber in einzelnen Fällen bis 385 in der Minute herauf; bei normaler Nutzlast und Zugfolge sank sie um rd. 10 vH. In einzelnen Fällen, z. B. 10<sup>42</sup> Uhr, ging sie unter die meßbare Grenze von 308 herab. Wieviel hiervon auf Minderung der Polwechsel des Kraftwerkes und wieviel auf verstärkte Stromentnahme der Fördermotoren zu setzen, d. i. als Schlupfverlust zu rechnen ist, läßt sich der fehlenden Frequenzmessung wegen nicht bestimmt sagen.

Der Ilgner-Motor gebrauchte bei Leerlauf nach Messungen in der Nachtschicht rd. 105 KW. Das Schwungrad war mit ihm durch eine nicht ausdrückbare Kupplung verbunden und lief auch nachts mit. Für die Erregung der Fördermotoren wurden bei der Produktenförderung nach gelegentlichen Messungen mit den Zeigergeräten rd. 95 Amp bei 220 V gebraucht. Eine selbsttätige Minderung des Stromverbrauches in den Förderpausen tritt bei der Anlage nicht ein.

In Tafel 1 sind die einzelnen Züge und darüber der Energieverbrauch des Ilgner-Motors auf Zeitbasis aufgetragen. Die Zeichnung gibt ein anschauliches

Zahlentafel 7.  
Zusammenstellung der Versuchsergebnisse für 24 Stunden.

Bezeichnung und Zeit des Meßabschnittes		Morgen-seilfahrt von 4 <sup>30</sup> bis 5 <sup>30</sup> = 1 st 10 min	Morgen-schicht von 5 <sup>30</sup> bis 1 <sup>00</sup> = 7 st 30 min	Mittag-seilfahrt von 1 <sup>00</sup> bis 2 <sup>00</sup> = 1 st	Mittag-schicht von 2 <sup>00</sup> bis 9 <sup>30</sup> = 7 st 30 min	Abend-seilfahrt von 9 <sup>30</sup> bis 10 <sup>30</sup> = 1 st	Nacht-schicht von 10 <sup>30</sup> bis 4 <sup>30</sup> = 5 st 50 min	in 24 st von 4 <sup>30</sup> bis 4 <sup>30</sup>
die Förderung	1) gehobene Last . . . . . t	20,2	2202	42,0	2078	34,0	40,7	4417
	2) eingehängte Last . . . . . »	41,8	760	34,6	786	20,6	81,5	1725
	3) Nutzlast . . . . . »	-21,6	1442	7,4	1292	13,4	-40,8	2692
	4) Förderhöhe . . . . . m	369	369	369	369	369	369	369
	5) geleistete Arbeit . . . . . tm	-7998	531967	2712	476627	4954	-14108	994153
	6) mittlere Nutzlast in 1 st . . . t	-18,6	192	7,4	172	13,4	-7,1	112
	7) Zugzahl . . . . .	14	294	14	284	12	60	678
	8) mittlere Nutzlast eines Zuges . . . . . t	-1,548	4,904	0,525	4,548	1,119	-0,681	3,970
	9) mittlere Zugzahl in 1 st . . . .	11,1	39,2	14	38,3	12	10,3	28,3
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . . . sk	58,2	43,9	56,8	42,6	63,8	—	—
	11) mittlere Fördergeschwindigkeit . . . . . m/sk	6,3	8,4	6,5	8,7	5,8	—	—
	12) mittlere Leistung . Schacht-PS	-25,4	262,7	10,0	235,4	18,3	-8,96	153,4
der Energieverbrauch	1) gesamter Energieverbrauch . . . . . KWst	114	3290	132,2	3090	148,2	700,8	7476
	2) von den 500 V-Motoren aufgenommene Energie . . . . . KWst	3,6	36,4	3,2	35,3	2,7	17,7	99,6
	3) von der Erregerdynamo abgegebene Energie . . . . . KWst	23,0	166,7	19,7	163,1	20,3	114,0	506,8
	4) aufgenommene Gesamtleistung im Mittel . . . . . KW	97,7	438,7	132,2	412	148,2	120,1	311,5
	5) mittlerer Energieverbrauch für einen Zug . . . . . KWst	8,2	11,2	9,4	10,9	12,3	11,7	11,2
	6) mittlerer Energieverbrauch für 1 Schacht-PS-st . . . . . KWst	3,9	1,67	13,2	1,75	8,1	13,4	2,03
	7) Wirkungsgrad der gesamten Anlage . . . . . vH	(-)17,1	44,0	5,6	42,0	9,1	(-)5,5	36,2

Bild über die Nutzlast und Zugfolge einerseits und über die mehr oder minder gleichmäßige Belastung des Drehstromkraftwerkes andererseits. Aus ihr ist ersichtlich, daß während des Versuches in keinem Falle Energie in das Leitungsnetz zurückgegeben wurde; der etwaige Bremsstrom wurde auch bei negativen Lasten stets zum Aufladen des Schwungrades oder für die Leerlaufarbeit des Iglnersatzes verwandt.

In Fig. 19, 20 und 21 sind die Meßgerätkurven für Spannung, Strom und Leistung in Drehstrom und Fig. 22 und 23 für Spannung und Strom der Fördermotorenanker für mehrere aufeinander folgende Züge wiedergegeben. Die gleichzeitigen Umlaufschwankungen des Iglner-Schwungrades zeigt Fig. 24. Die verschiedenen Kurven sind mit Absicht nicht deckend übereinander gelegt, da die zusammengehörigen Punkte aus den früher angegebenen Gründen nicht genau festgestellt werden konnten; immerhin geben die Figuren ein Bild der elektrischen Vorgänge.

In Fig. 25 sind die Spannungs- und Stromkurven der Fördermotorenanker für einen normalen Förderzug nach den Aufzeichnungen der selbstaufzeichnenden Meßgeräte in gerade Koordinaten umgezeichnet und darüber die Leistungskurve konstruiert worden. Dazu ist die Kurve der Fördergeschwindigkeit nach dem Morsedrucker aufgetragen worden. Die mittlere Beschleunigung betrug bei

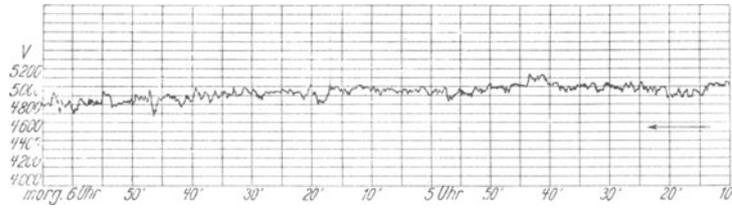


Fig. 19. Spannungskurve des Ilgner-Motors.

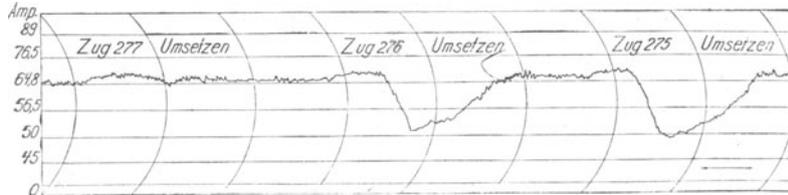


Fig. 20. Stromkurve des Ilgner-Motors.

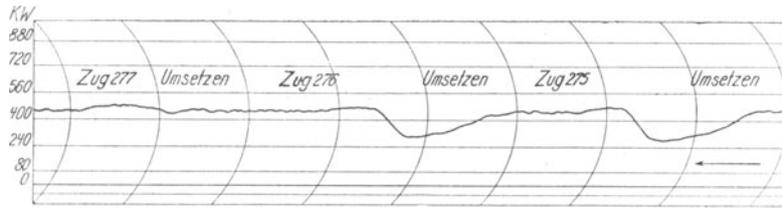


Fig. 21. Leistungskurve des Ilgner-Motors.

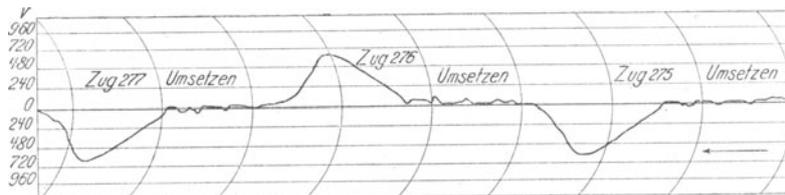


Fig. 22. Spannungskurve der Fördermotoren.

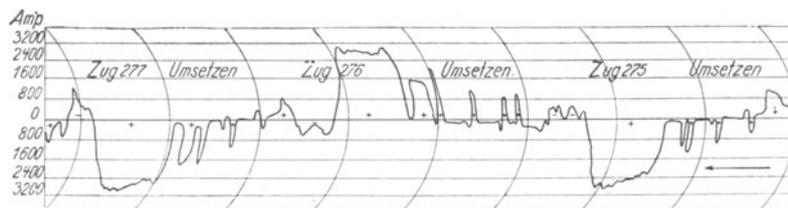


Fig. 23. Stromkurve der Fördermotoren.



Fig. 24. Umlaufschwankungen des Ilgner-Schwungrades.

der Anfahrperiode  $0,89 \text{ m/sk}^2$ , die mittlere Geschwindigkeit bei der vollen Fahrt  $17,4 \text{ m/sk}$  und die mittlere Verzögerung beim Auslauf im ganzen  $0,72 \text{ m/sk}^2$ , zeitweilig dagegen  $1,4 \text{ m/sk}^2$ . Die höchste erreichte Geschwindigkeit betrug  $17,6 \text{ m/sk}$ . Das Treiben dauerte  $42,8 \text{ sk}$ . Die gezogene Nutzlast hatte ein Gewicht von rd.  $7,3 - 2,6 = 4,7 \text{ t}$ . Die Zahlen für die übrigen Gewichte und die Verteilung der Massen sind aus der Zahlentafel 5 zu ersehen. Die Fördermotoren nahmen bis

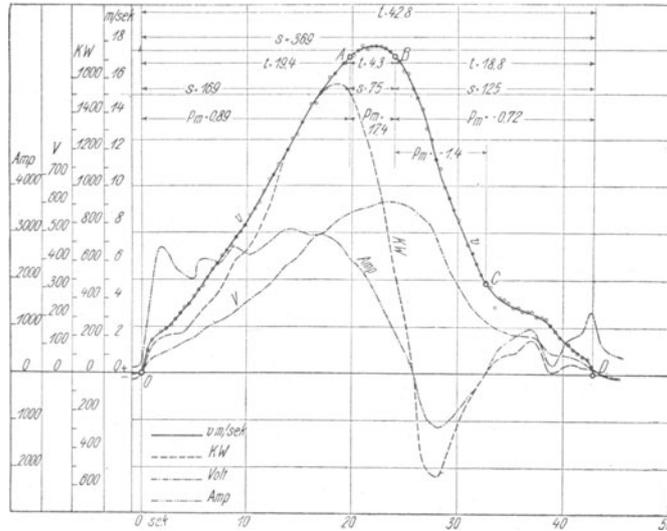


Fig. 25. Schaulinien für einen Zug mit normaler Nutzlast.

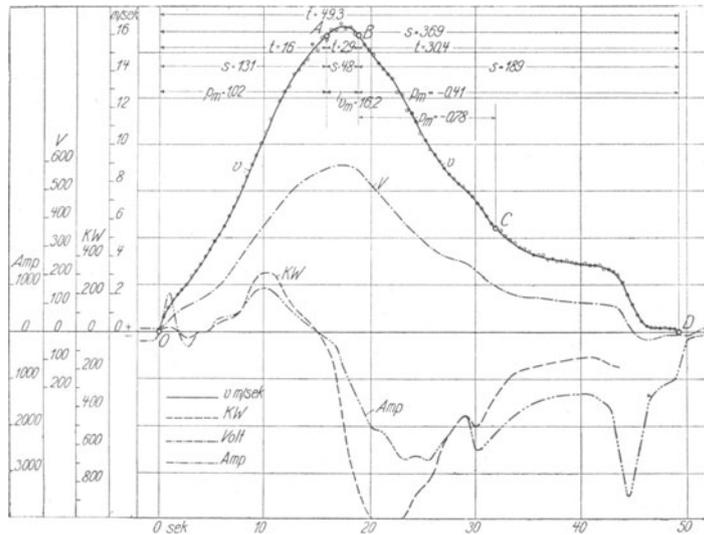


Fig. 26. Schaulinien für einen Zug mit eingehängter Last.

$1500 \text{ KW}$  auf, beim Anfahren betrug die Stromstärke, auf Zeit bezogen, im Mittel rd.  $2500 \text{ Amp}$  und im Höchstfall  $3000 \text{ Amp}$ . Die Spannung stieg bei der Höchstgeschwindigkeit bis auf  $600 \text{ V}$ . Die an das Schwungrad zurückgegebene Leistung erreichte einen Höchstwert von  $550 \text{ KW}$ . Die zugesicherten Werte für die Beschleunigung und Verzögerung wurden demnach im Mittel nicht ganz erreicht. Der Verlust wurde aber durch Erhöhung der Geschwindigkeit bei der vollen Fahrt ausgeglichen. Die in der Fig. 25 angegebenen Grenzpunkte für

die einzelnen Abschnitte des Zuges lassen sich naturgemäß ebenso wie die dafür angegebenen Mittelwerte um ein Geringes verschieben. Für die Genauigkeit der Wiedergabe der elektrischen Vorgänge gelten die im Abschnitt »Meßgeräte« S. 5 angegebenen Einschränkungen.

Fig. 26 enthält die entsprechenden Kurven für die gleich große negative Belastung. Hier betrug die Beschleunigung beim Anfahren rd.  $1 \text{ m/sk}^2$ , die erreichte Höchstgeschwindigkeit  $16,4 \text{ m/sk}$ , die Verzögerung im ganzen  $0,41 \text{ m/sk}^2$ , zeitweilig  $0,78 \text{ m/sk}^2$ , und die Zugdauer  $49,3 \text{ sk}$ . Der Einfluß der negativen Last kommt in den verschiedenen Geschwindigkeitsverhältnissen zum Ausdruck. Die Leistungsrückgabe war recht beträchtlich, sie stieg bis auf  $1000 \text{ KW}$ .

Die Messungen am 10. Juni 1909 zur Bestimmung des Schachtwirkungsgrades führten der ungenügenden elektrischen Meßgeräte wegen nicht zu einwandfreien Ergebnissen. Sie sind daher nicht berücksichtigt worden.

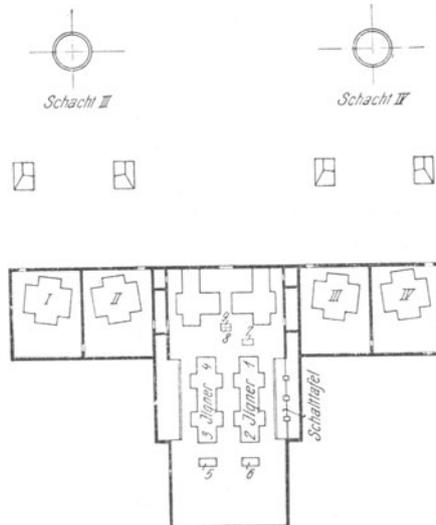
### III) Die Förderanlage Schacht III der Zeche Mathias Stinnes III/IV zu Brauck.

#### 1) Beschreibung der Anlage.

Untersucht wurden die beiden Förderungen des Schachtes III, der mit Schacht IV zusammen die Anlage Mathias Stinnes III/IV bildet.

Die Anlage bezieht ihren gesamten Bedarf an elektrischer Energie, Drehstrom von  $10000 \text{ V}$ , vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk in Essen. Der Strom wird auf der Zeche durch drei Transformatoren auf die Betriebsspannung von  $5000 \text{ V}$  umgeformt.

Für die beiden Schächte sind 4 Fördermaschinen mit 4 Iglersätzen aufgestellt. Die räumliche Anordnung der Umformer und Fördermaschinen geht aus Fig. 27 hervor. In der Mitte des gemeinsamen Maschinenhauses sind die Umformer untergebracht. Zu beiden Seiten schließen sich in abgeschlossenen Räumen die Fördermaschinen an. Die Hochspannungstransformatoren stehen abseits von der übrigen Anlage in einem besonderen Gebäude. Die 4 Iglersätze



I, II, III und IV Fördermaschinen, 1, 2, 3 und 4 Iglersätze, 5 und 6 Erregerumformer, 7 Hilfskompressor, 8 und 9 Schalttische.

Fig. 27. Lageplan des Maschinenhauses.

nebst Transformatoren, Erregerumformern, Schalttafeln und Nebeneinrichtungen sind ebenso wie die beiden untersuchten Fördermaschinen I und II von den Siemens-Schuckert Werken geliefert worden. Die Maschine III ist von den Felten & Guillaume-Lahmeyer Werken, die Maschine IV von der A. E. G. gebaut, die Koepescheiben und den übrigen mechanischen Teil hat die Friedrich Wilhelms-hütte in Mülheim (Ruhr) geliefert. Die beiden Fördergerüste sind von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Zweiganstalt Gustavsburg, errichtet worden. Die gesamte Anlage ist 1904 fertiggestellt und seit 1906 in dem jetzigen Umfang in Betrieb.

Sämtliche Maschinen sind für gleiche Leistungen gebaut worden. In nebensächlichen Punkten weist die Ausführung bei den verschiedenen Firmen Verschiedenheiten auf.

Von den vier Maschinen standen zur Zeit der Untersuchung nur die beiden von den Siemens-Schuckert Werken gelieferten Maschinen I und II in Förderung. Die Maschine III hatte noch keine Seile, und die Maschine IV wurde nur in gerin-

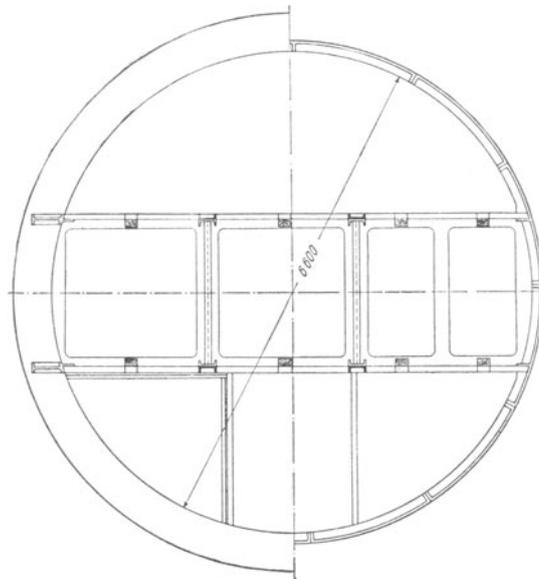


Fig. 28. Schachtscheibe.

gem Umfange beim Schachtabteufen benutzt. Die Seile des ausziehenden Schachtes III reichten zur Zeit der Untersuchung bis zu einer Teufe von 525 m. Die gesamte Maschinenanlage war für 800 m Teufe entworfen. Die Einteilung der Schachtscheibe geht aus Fig. 28 hervor.

Die Koepescheiben beider Maschinen sind aus Schmiedeisen. Sie haben 6,5 m Durchmesser und wiegen 17,5 t; die Schwungmomente ( $GD^2$ ) betragen je 400 tm<sup>2</sup>. Bei der augenblicklichen höchsten Umfangsgeschwindigkeit von 14 m/sk machten sie 41 Uml./min. Als Futter für den Seillauf ist Ulmenholz verwandt worden.

Die Seilscheiben haben einen Durchmesser von 5 m, sie wiegen je 4,9 t bei einem  $GD^2$  von 65 tm<sup>2</sup>. Kranz und Nabe bestehen aus Gußeisen, die Speichen aus Schmiedeisen.

Die Summe aller umlaufenden Massen des Aufzuges beträgt in Seilmitte bei Maschine I und II je  $\frac{18,2}{9,81} = 1,85 \text{ tm}^{-1}\text{sk}^2$ , die Summe der auf- und abgehenden Massen bei Maschine I  $\frac{43,4}{9,81} = 4,42$  und bei Maschine II  $\frac{35,0}{9,81} = 3,57 \text{ tm}^{-1}\text{sk}^2$ . Bei

einem gewöhnlichen Kohlenzuge sind somit bei Maschine I insgesamt  $6,3 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  und bei Maschine II  $5,5 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  zu beschleunigen oder zu verzögern. Die Gewichts- und Massenverteilung geht aus den Zahlentafeln 8 und 9 hervor.

Zahlentafel 8.  
Gewichte und Schwungmomente des Aufzuges für 534 m  
Förderhöhe bei normaler Belastung. Maschine I.

		Gewicht	Schwungmoment $GD^2$	auf Seilmitte bezogenes	
				Gewicht	Masse in Seilmitte
		t	$\text{tm}^2$	t	$\text{tm}^{-1} \text{ sk}^2$
umlaufende Teile	1) 1 Treibscheibe von 6,5 m Dmr. . . . .	17,5	400	9,5	0,96
	2) 2 Motoranker . . . . .	28,2	150	3,5	0,36
	3) 2 Seilscheiben von 5 m Dmr. . . . .	9,8	130	5,2	0,53
	Summe 1 bis 3 . . . . .	55,5	—	18,2	1,85
auf- und abgehende Teile	4) 2 Förderkörbe einschl. Gehänge . . . . .	16,6	—	16,6	1,69
	5) rd. 720 m Oberseil von 14,0 kg/m . . . . .	10,1	—	10,1	1,03
	6) rd. 550 m Unterseil von 9,1 kg/m . . . . .	5,0	—	5,0	0,51
	7) 16 leere Förderwagen von je 0,386 t . . . . .	6,2	—	6,2	0,63
	8) Inhalt von 8 Wagen mit Kohlen zu je 0,682 t . . . . .	5,5	—	5,5	0,56
	Summe 4 bis 8 . . . . .	43,4	—	43,4	4,42
	Summe 1 bis 8 . . . . .	98,9	—	61,6	6,3

Zahlentafel 9.  
Gewichte und Schwungmomente des Aufzuges für 534 m  
Förderhöhe bei normaler Belastung. Maschine II.

		Gewicht	Schwungmoment $GD^2$	auf Seilmitte bezogenes	
				Gewicht	Masse in Seilmitte
		t	$\text{tm}^2$	t	$\text{tm}^{-1} \text{ sk}^2$
umlaufende Teile	1) 1 Treibscheibe von 6,5 m Dmr. . . . .	17,5	400	9,5	0,96
	2) 2 Motoranker . . . . .	28,2	150	3,5	0,36
	3) 2 Seilscheiben von 5 m Dmr. . . . .	9,8	130	5,2	0,53
	Summe 1 bis 3 . . . . .	55,5	—	18,2	1,85
auf- und abgehende Teile	4) 2 Förderkörbe einschl. Gehänge . . . . .	13,7	—	13,7	1,40
	5) rd. 720 m Oberseil von 10,5 kg/m . . . . .	7,6	—	7,6	0,77
	6) rd. 550 m Unterseil von 9,1 kg/m . . . . .	5,0	—	5,0	0,51
	7) 12 leere Förderwagen von je 0,386 t . . . . .	4,6	—	4,6	0,47
	8) Inhalt von 6 Wagen mit Kohlen zu je 0,682 t . . . . .	4,1	—	4,1	0,42
	Summe 4 bis 8 . . . . .	35,0	—	35,0	3,57
	Summe 1 bis 8 . . . . .	90,5	—	53,2	5,42

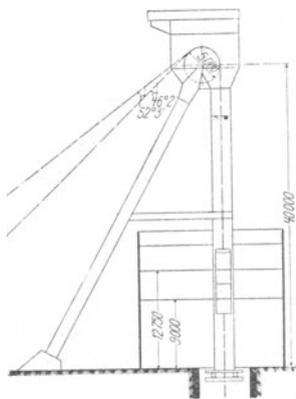


Fig. 29. Fördergerüst.

Die beiden Fördermotoren sind bei beiden Maschinen gewöhnlich hintereinander geschaltet. Jeder leistet normal 1000 PS bei 400 V und 1840 Amp. Die Motoren haben Wendepole und werden mit 220 V fremd erregt. Ein Anker wiegt 14,1 t und hat ein Schwungmoment ( $GD^2$ ) von  $75 \text{ tm}^2$ .

Der Abstand der obersten Hängebank von der Seilscheibenmitte beträgt 27 m, die freie Höhe über dem Korb in seiner obersten Stellung 15 m und das freie Stück im Sumpf rd. 7 m, Fig. 29.

Für die Seilfahrt ist von der Bergbehörde eine Geschwindigkeit von 10 m/sk zugelassen worden.

Maschine I. Die Förderkörbe der Maschine I haben 4 Etagen für je 2 Wagen nebeneinander und Kopfführung in Stahlschuhen an Pitchpine-Spurlatten. Am Füllort und an der Hängebank waren Schachtfallen vorhanden, die jedoch nur an der Hängebank benutzt wurden. Ein Korb wiegt einschl. Gehänge 8,275 t, das Zwischengeschirr 0,88 t und die Unterseilbefestigung 0,055 t.

Das Gewicht der Schachtdeckel beträgt 0,375 t. Bei Produktenförderung und Seilfahrt wird dreimal umgesetzt. Als mittlere Wagengewichte wurden bei den Versuchen ermittelt:

- 1 Förderwagen mit Kohle 1,068 t,
- 1 Förderwagen leer 0,386 t,
- 1 Wagen mit Bergen 1,321 t.

Ein Wagen faßte somit im Mittel 0,682 t Kohle; die Nutzlast von 8 Wagen beträgt normal 5,456 t. Bei der Seilfahrt befanden sich als Höchstlast 50 Personen auf einem Korbe.

Das Oberseil ist ein Rundseil von 62 mm Durchmesser und wiegt 14 kg/m. Es hat 6 Litzen, bestehend aus je 37 Drähten von je 2,9 mm Durchmesser. Zum Schutz gegen die sauren Grubenwasser ist es verzinkt und verbleit. Die Bruchfestigkeit ist mit 150 kg/qmm angenommen worden, was einer Gesamtbruchbelastung von 190 t entsprechen würde. Die Sicherheit bei ruhender Last wäre demnach für die Seilfahrt 9,6 fach und für die Produktenförderung 7,9 fach. Das Unterseil ist ein verzinktes aber nicht verbleites Flachseil von  $132 \times 26$  mm Querschnitt und 9,1 kg/m Gewicht. Seine Bruchfestigkeit ist bei 120 kg/qmm zu insgesamt 73 t berechnet. Der ungewöhnliche Unterschied der Seilgewichte vergrößert die beim Anfahren und Bremsen am Schluß des Treibens nötige Umfangskraft um 2,6 t. Die Seile werden nicht geschmiert. Die größte Seilablenkung beträgt  $1,5^\circ$ .

Auf den Kranz der Treibscheibe wirkt an einem Durchmesser von 6,50 m eine vereinigte Manövriert- und Fallgewichtbremse. Die durch Bremsluft von normal 6 at Spannung betriebene Manövriertbremse hat, auf Seilmitte bezogen, eine Bremskraft von 33,2 t, die Fallbremse eine solche von 15,76 t. Der rechnerische Bremsweg für 525 m Teufe bei 15 m/sk Geschwindigkeit und normaler Belastung beträgt für die Luftbremse 20 m oder 1 Umdrehung der Koescheibe, für die Fallgewichtbremse 39,4 m gleich 1,9 Umdrehungen, für beide Bremsen bei gemeinsamer Wirkung 15 m Seilweg. Der Wirkungsgrad der Bremse ist dabei zu 0,8, die Reibungsziffer zwischen Bremskranz und Backen zu 0,47 gerechnet.

Maschine II. Die Körbe der Maschine II haben 6 Etagen mit je 1 Wagen. Demnach muß fünfmal umgesetzt werden. Das Zwischengeschirr wiegt 0,64 t, die Unterseilbefestigung 0,05 t, ein Schachtdeckel 0,35 t, ein Korb einschließlich Gehänge 6,85 t; die Nutzlast für 6 Wagen Kohle beträgt 4,092 t. Bei Seilfahrt sind als höchste Belastung einer Schale 31 Mann zugelassen.

Das Oberseil ist ein Rundseil von 57 mm Durchmesser und 10,5 kg/m Gewicht. Es besteht aus 6 Litzen mit je 30 verzinkten und verbleiten Drähten, die einen Durchmesser von 2,8 mm haben. Die Bruchfestigkeit ist zu 150 kg/qmm gerechnet, entsprechend einer Gesamtbruchbelastung von 154,59 t. Die rechnerische Sicherheit ist demnach bei ruhender Last für Seilfahrt 10 fach und für Produktenförderung 8,2 fach. Das Unterseil hat die gleichen Abmessungen wie bei Maschine I; auch die übrigen Verhältnisse sind dieselben.

Die Zechenverwaltung beabsichtigt, die vorhandenen Förderkörbe bei stärkerer Förderung durch solche von 8 Etagen mit je 1 Wagen zu ersetzen.

Umformer und Hilfsmaschinen. Von den 4 Iglersätzen sind jedesmal 2 durch eine Flanschenkupplung verbunden. Zu jedem gehören ein Motor, ein Schwungrad und 2 Anlaßdynamos, Fig. 30.

Ein Iglner-Motor leistet normal 500 PS bei 370 Uml./min und 50 Per./sk. Die Umlaufzahl kann durch einen Schlupfregler, der mit einem Wasserwiderstand verbunden ist, bis auf 310 in der Minute geregelt werden.

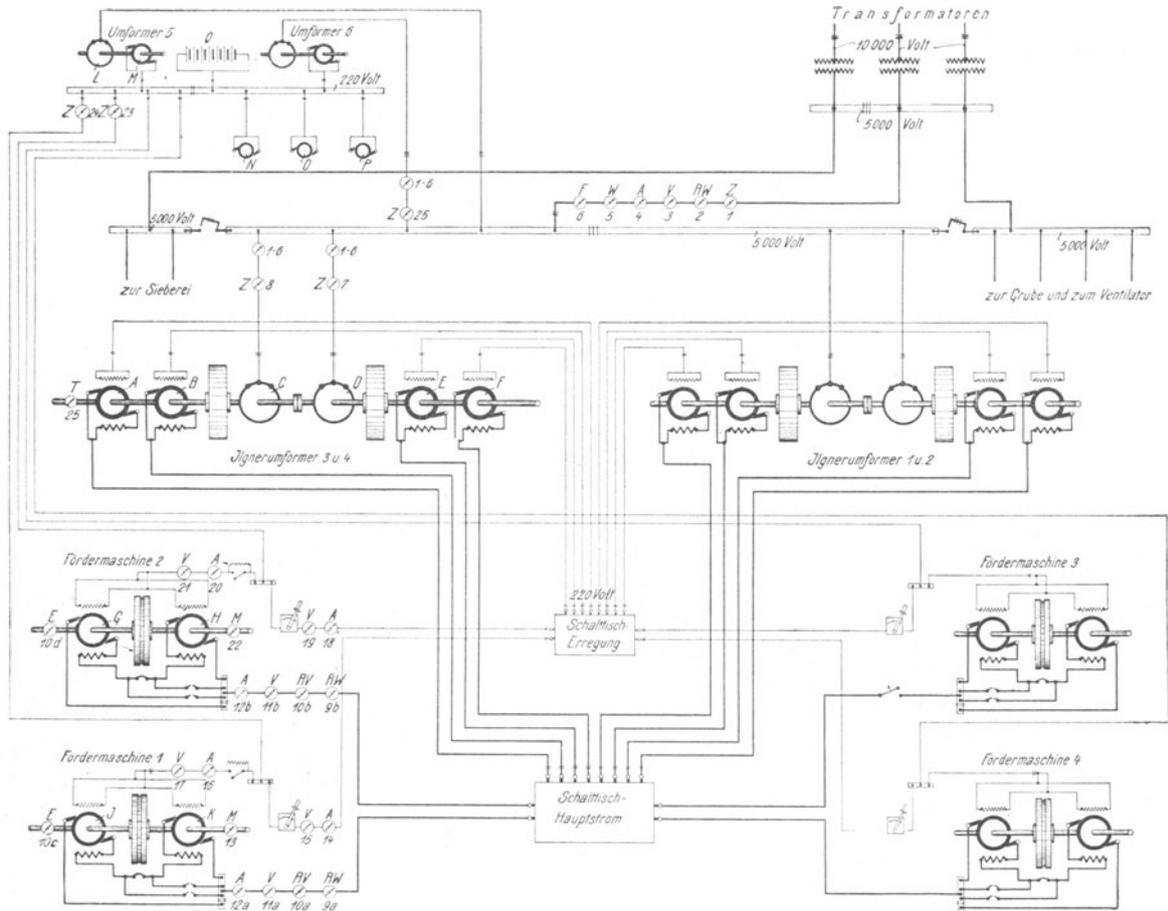


Fig. 30. Schaltplan.

Jedes der vier Schwungräder wiegt 40 t, der Durchmesser beträgt 4,4 m, die Kranzbreite 0,75 m, das Schwungmoment ( $GD^2$ ) 480 tm<sup>2</sup>. Bei 370 Uml./min beläuft sich die Umfangsgeschwindigkeit auf 85 m/sk und die kinetische Energie auf 9400 tm. Die Schwungräder laufen in Lagern mit Preßölschmierung und Wasserkühlung. Die Ölpumpen sind auf der Umformerwelle angebracht. Als Reserve und zum Anlassen ist für je zwei Ilgner-Schwungräder eine der beiden mit Gleichstrom betriebenen Hülfpumpen N und O vorhanden. Das Preßöl steht unter einem Druck von 2 at.

Zu jedem Ilgnersatz gehören 2 Anlaßdynamos, die je bis zu 2100 Amp bei  $\pm 400$  V abgeben.

Für die Erregung und den Betrieb der Hilfsmaschinen dient für je zwei Fördermaschinen ein Umformer von 175 PS. Durch Umschalttische für den Hauptstrom und die Erregung kann jede Maschine mit den einzelnen Fördermotoren nach Belieben verbunden werden. Eine mit der Gleichstromseite parallel geschaltete Akkumulatorenatterie Q soll beim Versagen der Erregerumformer (5 und 6) für eine halbe Stunde den Gleichstrombedarf der gesamten Anlage decken können. Die Preßluft für den Betrieb der Bremsen wird gewöhnlich der von Schacht I/II kommenden Druckleitung entnommen. Zur Reserve ist auf Schacht III ein elektrisch betriebener Kompressor von 32 PS aufgestellt. Dieser arbeitet, wenn er überhaupt in Betrieb gesetzt wird, parallel mit dem allgemeinen Druckluftnetz.

Die Teufenzeiger und sonstigen Sicherheitseinrichtungen sind in der üblichen Weise angeordnet.

Die Leistungsschilder der Maschinen sind in Zahlentafel 10 zusammengestellt.

Zahlentafel 10. Leistungsschilder.  
Generatoren.

Bezeichnung in Fig. 30	Maschinenart	Stromart	V	Amp	Uml./min
A	Anlaßdynamo	Gleichstrom	± 400	2120 max., 1110 eff., 1128 Fahrt	<u>375</u> 310
B	»	»	± 400	2120 max., 1110 eff., 1128 Fahrt	<u>375</u> 310
E	»	»	± 400	2120 max., 1110 eff., 1128 Fahrt	<u>375</u> 310
F	»	»	± 400	2120 max., 1110 eff., 1128 Fahrt	<u>375</u> 310
M	Erregerdynamo	»	220	522	590

Motoren.

Bezeichnung in Fig. 30	Maschinenart	Stromart	Klemmen- spannung V	Amp	Frequenz	PS	Uml./min	Rotor- spannung V
C	Ilgner-Motor	Drehstrom	5000	53	50	500	<u>369</u> 310	410
D	»	»	5000	53	50	500	<u>369</u> 310	508
L	Erregerumformer	»	5000	19	50	175	590	—
G	Fördermotor	Gleichstrom	± 400	1840	—	550	41	—
H	»	»	± 400	1840	—	500	41	—
I	»	»	± 400	1840	—	500	41	—
K	»	»	± 400	1840	—	550	41	—

Akkumulatorenbatterie.

Bezeichnung in Fig. 30	Lieferer	Zahl der Zellen	Spannung V	Kapazität Amp-st	höchste Entladestromstärke Amp	Bemerkung
Q	Akkumulatorenfabrik Hagen	120	220	148	338	als Reserve für den gesamten Gleichstrombedarf

2) Die zugesicherte Leistung.

Die Teufe betrug bei Inbetriebsetzung der Anlagen und zur Zeit des Versuches 525 m (6. Sohle). Als größte zu erreichende Teufe waren beim Entwurf 800 m vorgesehen.

Die Siemens-Schuckert Werke hatten bei der normalen Kohlenförderung mit einer Nutzlast von 4,8 t und bei Bergförderung mit einer höchsten Nutzlast von 5,6 t gerechnet. Sie hatten die Gesamtmasse des Aufzuges bei leeren Körben für 525 m Teufe zu  $5,36 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  angesetzt und hierfür bei reiner Kohlenförderung eine Leistung von 23,5 Zügen oder 113 t/st gewährleistet. Die Zeiten eines Förderzuges sollten dabei betragen: für das Anfahren 20 sk bei einer Beschleunigung von  $0,7 \text{ m/sk}^2$  und einem Motordrehmoment von  $34,5 \text{ tm}$ , für die volle Fahrt 21 sk bei einer Geschwindigkeit von  $14 \text{ m/sk}$  und einem Motordrehmoment von  $19,5 \text{ tm}$ , für den freien Auslauf 14 sk bei einer Verzögerung von  $1,0 \text{ m/sk}^2$ . Auf dreimaliges Umsetzen sollten 98 sk entfallen, so daß

der gesamte Zug in 153 sk vollendet werden konnte. Ein Zug mit der Höchstlast von 5,6 t sollte in derselben Zeit wie ein normal belasteter Zug gefahren werden.

Aus der Teufe von 800 m sollen normal 100 t in 21 Zügen gefördert werden. Ein normaler Zug soll dabei in Anspruch nehmen: für das Anfahren 20 sk bei 0,7 m/sk<sup>2</sup> Beschleunigung und einem Motordrehmoment von 35,0 tm; für die volle Fahrt 40 sk bei 14 m/sk Geschwindigkeit und einem Motordrehmoment von 19,5 tm; für den Auslauf 14 sk bei einer Verzögerung von 1,0 m/sk<sup>2</sup>; für das Umsetzen 98 sk, so daß für einen Zug im ganzen 172 sk zu rechnen wären. Für einen Zug mit der Höchstbelastung von 5,6 t war die gleiche Zeit wie für einen solchen mit 4,8 t Nutzlast vorgesehen. Die Motordrehmomente würden dann für das Anfahren 38,2 tm, für die volle Fahrt 22,8 tm und für den Auslauf 0,7 tm betragen. Die Gesamtmasse des Aufzuges bei leeren Körben und 800 m Teufe war von den Siemens-Schuckert Werken mit 6,3 tm<sup>-1</sup>sk<sup>2</sup> in Rechnung gesetzt worden.

Für den Energieverbrauch waren Zusicherungen weder gegeben noch verlangt worden.

### 3) Die Anordnung des Versuches.

Der Versuch begann am 22. April 1910 um 5<sup>15</sup> Uhr morgens, mußte aber wegen einer Störung in der Meßschaltung um 6 Uhr früh abgebrochen werden; er wurde um 7 Uhr wieder aufgenommen und dann ohne Störung nach 24 Stunden abgeschlossen.

In der Schaltung der Maschinen, in der Förderung und in dem Betriebe der gesamten Anlage wurden gegenüber den gewöhnlichen Verhältnissen für den Versuchstag keine Aenderungen getroffen. Die beiden Ilgnersätze 3 und 4 arbeiteten gekuppelt auf die beiden Förderungen des Schachtes III, Fig. 30. In der Morgenschicht waren beide Ilgner-Motoren in Betrieb, bei der schwächeren Förderung der Nachmittagschicht nur ein Motor. Für die Gleichstromlieferung diente der Erregerumformer 5. Abweichend vom gewöhnlichen Betriebe lief am Versuchstage der Hilfskompressor *P* mit. Dieser sollte eigentlich nur die für die Bremsen nötige Druckluft liefern, arbeitete jedoch infolge unrichtiger Ventilstellung in Wirklichkeit parallel mit dem Druckluftnetz der Zeche und war somit stets voll belastet.

Die Meßschaltung ist aus Fig. 30 zu sehen. Der gesamte der Anlage zugeführte Drehstrom wurde hinter den Hochspannungstransformatoren gemessen. Hierzu dienten: ein Aronzähler 1, ein schreibender Leistungsmesser für gerade Koordinaten und 4 mm/min Papiervorschub 2, Zeigergeräte für Spannung 3, Strom 4, Leistung 5, und ein Resonanz-Frequenzmesser, Bauart Frahm 6. Außerdem wurde der Energieverbrauch der beiden Ilgnersätze 3 und 4 durch die betriebsmäßig vorhandenen Zähler 7 und 8, Fig. 27, gesondert bestimmt. Die Meßgeräte 1 bis 6 ließen sich durch eine einfache Umschaltvorrichtung auch unmittelbar vor die einzelnen Ilgner-Motoren legen. Am Versuchstage wurde jedoch von dieser Möglichkeit kein Gebrauch gemacht.

Auf der Gleichstromseite wurden zum ersten Male die funkenschreibenden Meßgeräte für gerade Koordinaten für Leistung *9a* und *9b* und Spannung *10a* und *10b* benutzt (vergl. S. 8). Sie zeichneten die Leistungsaufnahme und Spannung der Motoranker auf. Der Spannungsmesser *10c* und *10d* wurde außerdem zum Messen der Seilgeschwindigkeit benutzt. Ferner waren Zeigergeräte für Strom und Spannung in den Hauptstromkreis *11a* und *11b* sowie *12a* und *12b* und in die Erregerleitung *14*, *15*, *16* und *17* sowie *18*, *19*, *20* und *21* eingebaut.

Die beiden selbstaufzeichnenden Meßgeräte und auch ein Teil der Zeigergeräte mußten an verschiedenen Meßstellen benutzt werden; in der Fig. 30 ist dies durch verschiedene Bezifferung der Gerätenummern kenntlich gemacht. Bei den selbstaufzeichnenden Meßgeräten war eine besondere Umschaltvorrichtung vorgesehen, die es ermöglichte, sie nach Belieben in den Hauptstromkreis der Fördermotoren der Maschine I oder der Maschine II einzuschalten. Bei den übrigen Meßgeräten, an denen nur gelegentliche Ablesungen vorgenommen wurden, machte die doppelte Benutzung keine Schwierigkeiten.

Vor dem Umformer 5 waren für die Erregung jeder der beiden Fördermaschinen Zähler 23 und 24 vorhanden. Mit Zähler 25 wurde der Energieverbrauch des Umformers 6 gemessen. Die Umlaufschwankungen der Iglner 3 bis 4 wurden, wie bei den früheren Versuchen, durch einen Tachographen, Bauart Horn 25, aufgezeichnet. Für die Messung der Fördergeschwindigkeit wurden außer dem Spannungsmesser auch noch zwei Morsedrucker 13 und 22 benutzt. Die selbstaufzeichnenden Meßgeräte liefen während der 24 Stunden. Die Zähler wurden jede Viertelstunde, der Frequenzmesser jede halbe Stunde und die Zeigergeräte gelegentlich abgelesen.

Abgesehen vom Hauptversuch am 22. und 23. April 1909 wurden einige Tage nachher noch Einzelmessungen vorgenommen, bei denen der Energiebedarf der Oelpumpe, des Kompressors, des Erregerumformers und des Iglner-Schwungrads beim Aufladen und beim Leerlauf festgestellt wurde. Die Schaltung der Meßgeräte war dabei dieselbe wie beim Hauptversuch.

#### 4) Die Versuchsergebnisse.

Maschine I. In 24 st wurden 232 Züge gemacht und dabei 964 leere Wagen, 144 Wagen mit Bergen sowie 67 Wagen mit Holz und verschiedenem Inhalt eingehängt; gehoben wurden: 1161 Wagen Kohlen, 33 Wagen mit Bergen und 18 Wagen mit verschiedenem Inhalt.

Beim Schichtwechsel fuhren bis zum Meßabschluß der Seilfahrt 820 Mann ein und 877 zu Tage.

Die Förderung ging ausschließlich nach der 525 m-Sohle (6. Sohle). Die geförderte Nutzlast betrug im ganzen 677 t, entsprechend 28 t/st bei einer mittleren Schachtleistung von 56 PS. Davon entfielen auf die Morgenschicht 696 t mit 172 Schacht-PS. In der übrigen Zeit wurden keine Kohlen gefördert und nur einige Züge gemacht, bei denen die eingehängte Last die gehobene überwog. Auf die Gesamtförderung entfielen 792 t Kohle sowie 31 t gezogene und 135 t eingelassene Berge. Die Nutzlast eines Zuges, die für 8 Wagen Kohle 5,5 t betrug, stieg bei Bergeförderung ausnahmsweise bis auf 6 t.

Bei den Versuchen wurde nur von einer Hängebank abgezogen und dreimal umgesetzt. In der Morgenschicht wurden im Mittel 87 t/st in 19,6 Zügen von 4,43 t Nutzlast gefördert. Die einzelnen Züge waren dabei, zumal sowohl Berge gezogen als auch eingelassen wurden, recht ungleichmäßig belastet und die Förderung durch nicht unbedeutende Pausen unterbrochen (vergl. Tafel 1). Ein Treiben dauerte bei flottem Betriebe 65 bis 70 sk, wovon etwa 10 sk auf die durch das Anheben und Aufsetzen der Schachtdeckel entstehende Verzögerung zu rechnen sind. Die Zeit für das Umsetzen und den Wagenwechsel ging nicht unter 60 sk herunter. Bei der Seilfahrt dauerte ein Treiben günstigenfalls 85 sk, das Umsetzen je nach der Besetzung der Schalen 90 bis 110 sk.

Maschine II. Zur 525 m-Sohle (6. Sohle) wurden 1301 leere Wagen, 64 Wagen mit Bergen und 11 mit verschiedenem Inhalt eingehängt; gehoben wurden 1342 Wagen mit Kohlen, 3 Wagen mit Bergen und 13 mit verschiedenem Inhalt. Zur 375 m-Sohle (4. Sohle) gingen 199 leere Wagen, 5 Wagen mit Bergen

Zahlentafel II.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse für 24 Stunden.

Bezeichnung und Zeit des Meßabschnittes		Morgen-seilfahrt von 5 <sup>30</sup> bis 6 <sup>00</sup> = 30 min	Morgen-schicht von 7 <sup>00</sup> bis 2 <sup>00</sup> , von 7 <sup>00</sup> bis 7 <sup>00</sup> = 8 st	Mittag-seilfahrt von 2 <sup>00</sup> bis 2 <sup>30</sup> = 30 min	Mittag-schicht von 2 <sup>30</sup> bis 10 <sup>30</sup> = 8 st	Abend-seilfahrt von 10 <sup>30</sup> bis 11 <sup>00</sup> = 30 min	Nacht-schicht von 11 <sup>00</sup> bis 5 <sup>30</sup> = 6 st 30 min	in 24 st von 5 <sup>30</sup> bis 5 <sup>30</sup>
Förderung der Maschine I	1) gehobene Last . . . . . t	8,9	1297	31,5	4,0	25,3	2,9	1370
	2) eingehängte Last . . . . . »	33,4	602	24,8	22,1	3,2	7,8	693
	3) Nutzlast . . . . . »	-24,5	696	6,7	-18,1	22,1	-5,0	677
	4) Förderhöhe . . . . . m	534	534	534	534 (384)	534	534	534
	5) Arbeit . . . . . tm	-13096	371496	3564	8889	11815	-2313	(384, 150) 362, 576
	6) mittlere Nutzlast in I st t	-49	87	13,3	-2,3	44,3	-0,8	28
	7) Zugzahl . . . . .	9	157	10	30	8	18	232
	8) mittl. Nutzlast eines Zuges t	-2,725	4,431	0,668	-0,603	2,766	-0,279	2,917
	9) mittlere Zugzahl in I st .	18	19,6	20	3,8	16	2,8	9,7
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . . . . . sk	91,7	71,5	92	—	88,1	—	—
	11) mittl. Fördergeschwindigk. m/sk	5,8	7,5	5,8	—	6,1	—	—
	12) mittlere Leistung . Schacht PS	-97,0	172,0	26,4	-4,1	87,5	-1,32	55,95
Förderung der Maschine II	1) gehobene Last . . . . . t	1,4	558	4,5	1096	4,9	1,0	1666
	2) eingehängte Last . . . . . »	3,8	236	3,7	433	3,1	27,5	708
	3) Nutzlast . . . . . »	-2,4	322	0,8	663	1,8	-26,5	958
	4) Förderhöhe . . . . . m	534, (384)	534, (384)	534, (384)	534, (384)	534, (384)	534, (384)	534, (384)
	5) Arbeit . . . . . tm	-1495	157529	637	349716	595	-12641	494341
	6) mittlere Nutzlast in I st t	-4,8	40	1,5	83	3,6	-4,1	40
	7) Zugzahl . . . . .	4	94	4	172	4	27	305
	8) mittl. Nutzlast eines Zuges	-0,600	3,421	0,188	3,853	0,447	-0,985	3,140
	9) mittlere Zugzahl in I st .	8	11,8	8	21,5	8	4,2	12,7
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . . . . . sk	—	71,8	—	69	—	—	—
	11) mittl. Fördergeschwindigk. m/sk	—	7,4	—	7,7	—	—	—
	12) mittlere Leistung . Schacht-PS	-11,1	72,93	4,7	161,91	4,41	-7,2	76,29
Förderung d. Maschinen I und II	1) gehobene Last . . . . . t	10,3	1855	36,0	1100	30,2	3,8	3036
	2) eingehängte Last . . . . . »	37,2	838	28,5	455	6,3	35,3	1401
	3) Nutzlast . . . . . »	-26,9	1017	7,4	645	23,9	-31,6	1635
	4) Förderhöhe . . . . . m	534, (384)	534, (384)	534, (384)	534, (384)	534, (384)	534	534
	5) Arbeit . . . . . tm	-14591	529025	4201	358506	12410	-14954	856917
	6) mittlere Nutzlast in I st t	-54	127	14,8	81	47,8	-4,9	68
	7) Zugzahl . . . . .	13	251	14	202	12	45	537
	8) mittl. Nutzlast eines Zuges t	-2,069	4,052	0,529	3,193	1,992	-0,702	3,045
	9) mittlere Zugzahl in I st .	28	31,4	28	25,3	24	6,9	22,4
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . . . . . sk	—	71,6	—	—	—	—	—
	11) mittl. Fördergeschwindigk. m/sk	—	7,5	—	—	—	—	—
	12) mittlere Leistung . Schacht-PS	-108,1	244,9	31,1	91,9	91,9	-8,5	132,2
Energieverbrauch d. Maschinen I u. II	1) gesamt. Energieverbrauch KWst	84	3850	132	3058	142	1188	8454
	2) Energieverbr. d. Ilgner 3 »	—	1690	—	—	—	—	1690
	3) Energieverbr. d. Ilgner 4 »	40	1650	90	2390	100	650	4920
	4) » d. Umformers 5 »	40	710	45	690	44	501	2030
	5) Gleichstromenergieverbr. d. Erregung Maschine I »	11,0	194	12,0	155	12,2	120	504
	6) Gleichstromenergieverbr. d. Erregung Maschine II »	10,4	184	10,9	208	10,0	123	546
	7) mittl. Energieverbrauch f. einen Zug . . . . . »	6,5	15,3	9,4	15,1	11,8	26,4	15,7
	8) aufgenommene Gesamtleistung im Mittel . . . . . KW	168	481	264	382	284	183	352
	9) mittl. Energieverbrauch für I Schach-PSst . . . . . KWst	(-)1,55	1,97	8,49	2,42	3,09	(-)21,46	2,66
	10) Wirkungsgr. d. ges. Anlage vH	(-)47,5	37,3	8,7	30,4	23,8	(-)3,4	27,7

sowie 15 Wagen mit Holz und verschiedenem Inhalt; gehoben wurden von ihr 175 Wagen mit Kohle, 12 Wagen mit Bergen und 4 mit verschiedenem Inhalt. Danach wurden insgesamt 1595 Wagen eingehängt und 1579 Wagen herausgefördert. Die Gesamtnutzlast betrug in 24 st 958 t, entsprechend 40 t/st bei einer Leistung von 76 Schacht-PS.

Auf die Gesamtförderung entfielen 1030 t Kohle sowie 20 t gezogene und 60 t eingelassene Berge. Die Hauptförderung der Maschine fiel in die Nachmittagschicht, wo sie verhältnismäßig gut ausgenutzt wurde. Die geförderte Nutzlast betrug hier 663 t, entsprechend einer Schachtleistung von 162 PS. Im Stundendurchschnitt wurden in dieser Zeit 83 t in 21,5 Zügen von je 3,9 t Nutzlast gezogen. Die mittlere Belastung der einzelnen Züge blieb demnach nur unerheblich hinter der Normalzahl von 4,1 t zurück. Ein Treiben dauerte bei flottem Betriebe 65 sk, das Umsetzen ebenfalls mindestens 65 sk.

Beide Maschinen förderten zusammen eine Nutzlast von 1635 t, entsprechend einer Leistung von 68 t/st bei 132 Schacht-PS. Davon entfielen auf die Morgenschicht, in der die stärkste Gesamtförderung umging, 127 t/st bei 245 Schacht-PS. Die Ausnutzung der gesamten Anlage ist demnach gering; zudem wurden noch die Zeiten für die Zugdauer durch den Umstand, daß der Schacht auszieht, recht ungünstig beeinflusst.

An elektrischer Energie wurden in den 24 st von der Gesamtanlage 8454 KWst aufgenommen, wovon allein der Erregerumformer 2030 KWst gebrauchte. In der Morgenschicht wurden von der Gesamtanlage 3850 KWst und von dem Umformer 710 KWst aufgenommen. Die beiden Ilgner-Motoren waren dabei vollständig gleichmäßig belastet.

Auf 1 Schacht-PS bezogen betrug der Energieverbrauch in der Morgenschicht 1,97 KW und in den 24 Stunden 2,66 KW. Der Wirkungsgrad der Anlage betrug also in der Morgenschicht 37,3 vH und in den 24 Stunden 27,7 vH.

Zu berücksichtigen ist bei diesen Zahlen, daß der Energieverbrauch des Kompressors der Förderanlage nur zum Teil angerechnet werden darf. Wie groß dieser Anteil war, ließ sich nicht feststellen, da die Luftmengen nicht im einzelnen gemessen worden sind. Auf den Kompressor entfielen 25 KW, d. h., auf 24 st bezogen, 7 vH des Gesamtverbrauchs.

Die einzelnen Zahlen für den Energieverbrauch und die Förderleistung sind getrennt in der Zahlentafel 11 zusammengestellt worden.

Die obere Grenze für die Energieaufnahme der Gesamtanlage lag nach Ablesungen an den Zeigergeräten und gemäß den Aufzeichnungen des schreibenden Leistungsmessers für die Morgenschicht, in der zwei Motoren eingeschaltet waren, ziemlich gleichmäßig bei 950 KW. Die Stromaufnahme betrug nach den Zeigergeräten rd. 120 Amp, die Spannung im Mittel 5000 V und die Frequenz im Mittel 50,8 Per./sk. Die Frequenz schwankte während des Versuches zwischen 50,7 und 51 in 1 Sekunde, die Spannung zwischen 4900 und 5200 V. In der Nachmittagschicht und in der übrigen Zeit, wo nur ein Motor eingeschaltet war, wurden im Höchsthfall 525 KW bei 66,4 Amp aufgenommen. Die Ilgner-Motoren waren danach, wenn man die Energieaufnahme des Erregerumformers mit 80 bis 90 KW und den Wirkungsgrad der Ilgner-Motoren mit 0,9 in Rechnung setzt, in beiden Fällen voll belastet. Die Fig. 31 bis 35 geben die Geschwindigkeitskurven nach den Aufzeichnungen des Spannungsmessers 10 und die Energieaufnahme der Fördermotorenanker nach den Aufzeichnungen des Leistungsmessers 9 für Maschine I wieder. Fig. 31 enthält die betreffenden Kurven

für einen normal belasteten Zug. Die Energieaufnahme steigt beim Anfahren von *O* nach *B* bis auf rd. 1400 KW, bei der vollen Fahrt von *B* nach *C* fällt sie unter dem Einfluß des Gewichtsunterschiedes zwischen Ober- und Unterseil allmählich, beim Auslauf von *C* nach *D* steigt die zurückgewonnene Energie bis auf 700 KW. Die Beschleunigung beträgt von *A* bis *B* 0,74 m/sk<sup>2</sup>, die Höchstgeschwindigkeit 13,2 m/sk, die Verzögerung während des Auslaufs von *C* nach *E* im Mittel 0,3 und zeitweilig 1,18 m/sk<sup>2</sup>. Die durch Anheben und Aufsetzen der Schachtdeckel zu Anfang und Ende des Treibens entstehende Verzögerung ist überall deutlich zu erkennen. Fig. 32 enthält die gleiche Kurve für Berge-

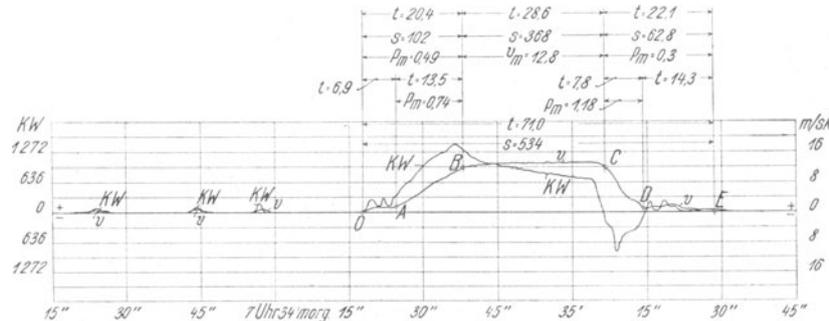


Fig. 31. Geschwindigkeits- und Leistungskurve für einen Zug der Maschine I bei normaler Belastung.

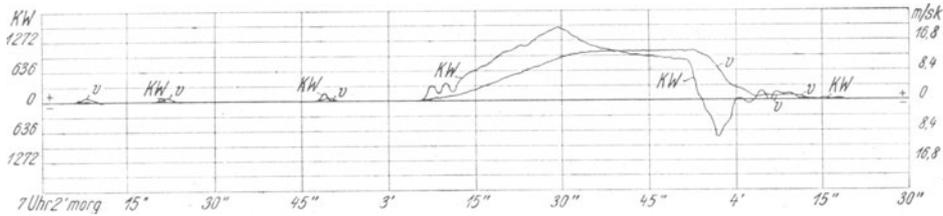


Fig. 32. Geschwindigkeits- und Leistungskurve für einen Zug der Maschine I mit Bergen.

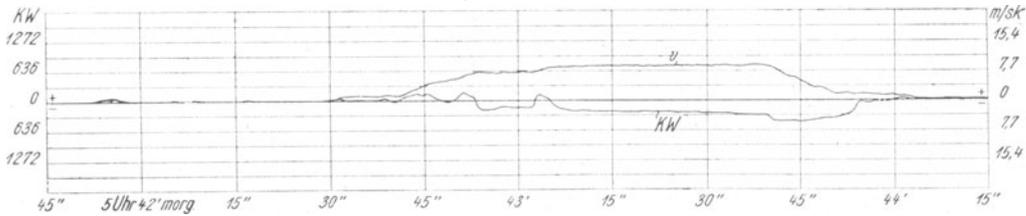


Fig. 33. Geschwindigkeits- und Leistungskurve für einen Seilfahrtzug der Maschine I.

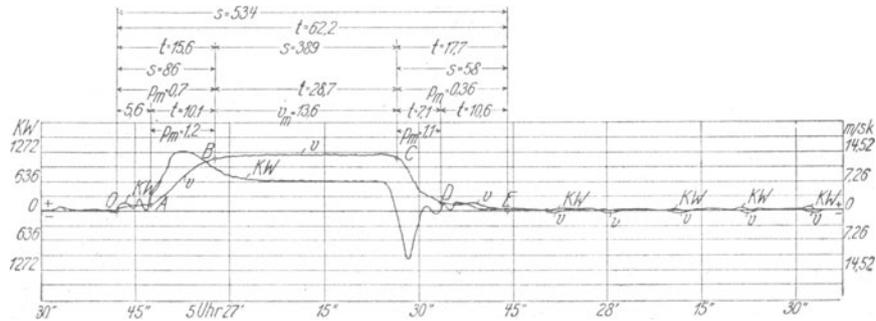


Fig. 34. Geschwindigkeits- und Leistungskurve für einen Zug der Maschine II bei normaler Belastung.

förderung bei 6,3 t Nutzlast und Fig. 33 für einen Seilfahrtzug. In den Fig. 34 und 35 sind die gleichen Kurven für die Fördermotoren der Maschine II wiedergegeben, und zwar in Fig. 34 die Kurven für normale Last bei Förderung von der 525 m-Sohle und in Fig. 35 für einen Leerzug von der 4. Sohle und einem Zug mit normaler Last von der 4. Sohle. Die

Anfahrbeschleunigung ist hier der geringen Belastung wegen größer als bei Maschine I, und die Höchstgeschwindigkeit geht etwas höher, und zwar bis zu 13,6 m/sk. Das Schema der Förderung nach den beiden Sohlen ist in Fig. 36 aufgezeichnet. Danach ist die Nutzlast bei der Förderung von der 375 m-Sohle bis zum ersten Halten gleich 0 und im zweiten Teil gleich 4,1 t, im dritten wieder gleich 0 und bei der vierten Bewegung 4,1 t.

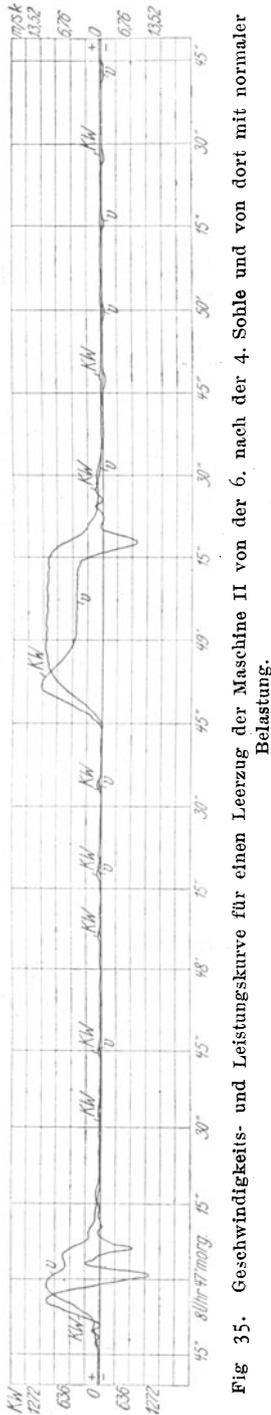


Fig. 35. Geschwindigkeits- und Leistungskurve für einen Leerzug der Maschine II von der 4. Sohle und von dort mit normaler Belastung.

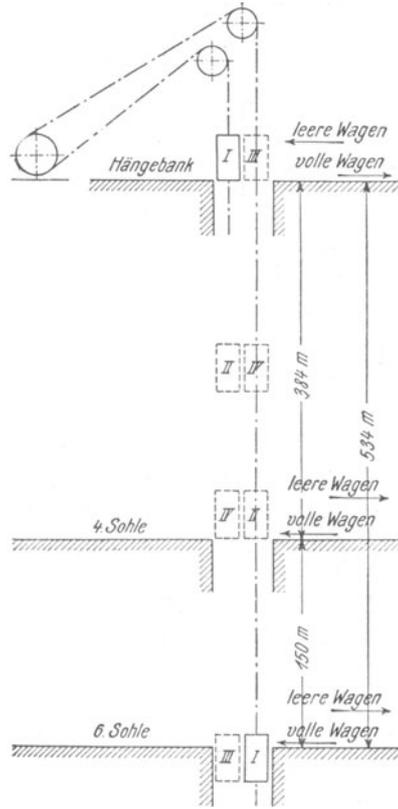


Fig. 36. Schematische Darstellung der Förderung nach der 6. und 4. Sohle.

Wegen des Verlaufs der Kurve für die gesamte Energieaufnahme der Anlage sei auf Taf. 1 verwiesen, in der diese in Zusammenstellung mit den Nutzlasten der einzelnen Züge nach den Aufzeichnungen des schreibenden Leistungsmessers aufgetragen ist. Fig. 37 gibt einen Ausschnitt aus der Tafelzeichnung in größerem Maßstabe, der den Verlauf der Energiekurve bei Belastung der beiden Maschinen bei Seilfahrt und bei ausschließlicher Belastung der Maschine II erkennen läßt. Man sieht daraus, daß die

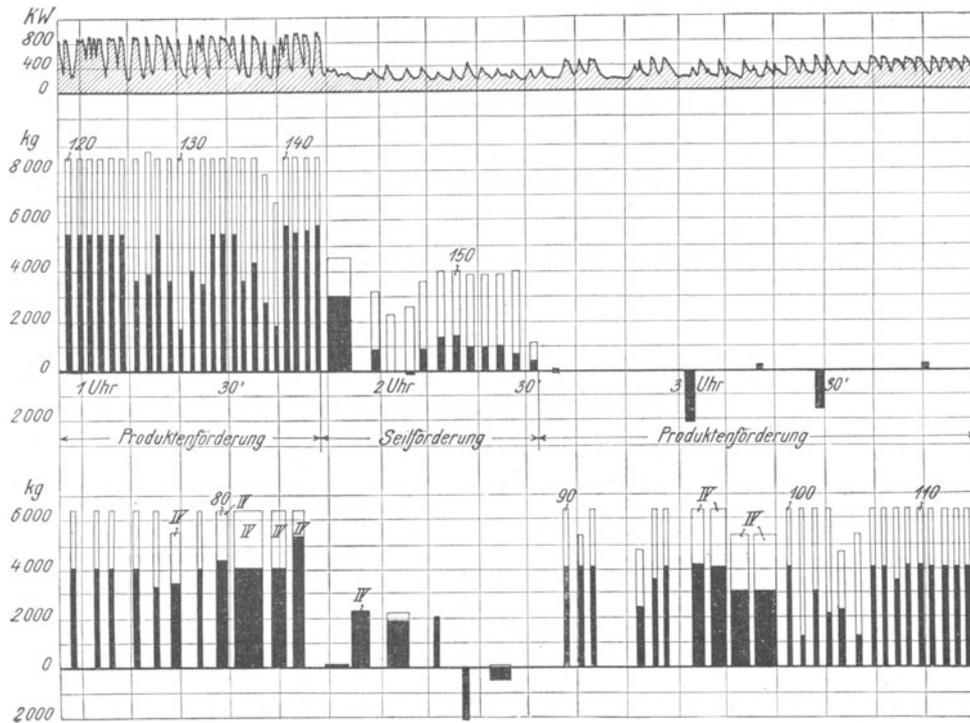


Fig. 37. Ausschnitt aus dem Schaubild der Tafel I in größerem Maßstabe.

Ilgner in der Morgenschicht, während welcher beide Motoren eingeschaltet waren, nur mit erheblichen Unterbrechungen bis zu seiner Höchstleistung beansprucht waren, daß sich dagegen in der Nachmittagschicht mit nur einem Motor die Belastung bei der gewählten Einstellung des Parallelwiderstandes für die Schlupfregelung bei schneller Zugfolge dauernd an der obersten Grenze hielt. Die Folge der verhältnismäßig starken Beanspruchung in der Nachmittagschicht war denn auch, daß nicht unbedeutende Schlupfverluste auftraten. In den Fig. 38 bis 40 sind einige bemerkenswerte Kurven für die Umlaufschwankungen in den einzelnen Förderabschnitten, wie sie der Tachograph aufgezeichnet hat, herausgegriffen. Das Diagramm der Fig. 38 ist der Morgenschicht entnommen, in der zwei Motoren in Betrieb waren und Maschine I ununterbrochen förderte. Die Belastung war bei den ersten Zügen normal, bei den folgenden übernormal. Der Einfluß der Lasten und das Einsetzen der Maschine II sind deutlich erkennbar. Immerhin erholten sich die Ilgner-Räder in den Förderpausen wieder bis zu der normalen Drehzahl. Fig. 39 ist der Nachmittagschicht entnommen, in der nur ein Motor arbeitete und die Umlaufzahl durch die schnelle Zugfolge trotz des fünfmaligen Umsetzens erheblich sank. Die Ilgner-Räder kamen auch in den Pausen nicht wieder auf ihre normale Umlaufzahl. Fig. 40 zeigt die Schwankungen während der Seilfahrt, die naturgemäß gering waren.

Die Spannung der Erregung für die Fördermotoren schwankte am Versuchstage zwischen 217 und 226 V. Jede der beiden Maschinen gebrauchte in den Förderpausen rd. 18 KW und bei der Fahrt rd. 27 KW Gleichstrom.

Die beiden Ilgnersätze 3 und 4 gebrauchten bei Leerlauf und Antrieb mit 2 Motoren rd. 110 KW, bei Antrieb mit 1 Motor rd. 100 KW. Der Erreger-

umformer nahm in den Förderpausen rd. 80 KW auf, die sich auf den Energieverbrauch für die Erregung der Fördermotoren für die Maschine I und II sowie auf den Antrieb der Ölpumpe *N* und des Kompressors *P* verteilen. Die Ölpumpe gebrauchte davon etwa 2,5 KW, der Kompressor etwa 25 KW. Die Ölpumpe *O* war nicht im Betrieb. Als Grundbelastung der Anlage ergeben sich danach bei

Antrieb durch 2 Motoren 190 KW und bei Antrieb durch 1 Motor 180 KW. Das bedeutet in der Morgenschicht 40 vH und in 24 st 52 vH des Gesamtverbrauches der Anlage.

Das Aufladen der Ilgner-Schwungräder dauerte 13 min und erforderte 124 KW/st. Ihr Auslauf von 375 Uml./min bis zum Stillstand nahm 2 st 26 min in Anspruch, Fig. 41.

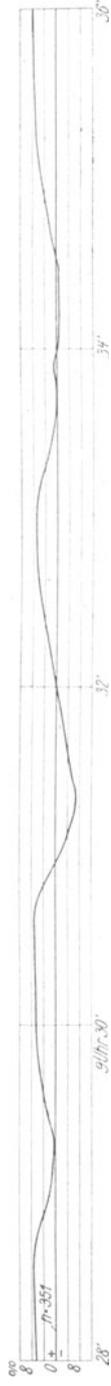


Fig. 38. Umlaufschwankungen der Ilgner-Räder in der Morgenschicht.



Fig. 39. Umlaufschwankungen der Ilgner-Räder in der Nachmittagschicht.



Fig. 40. Umlaufschwankungen der Ilgner-Räder bei der Seilfahrt.

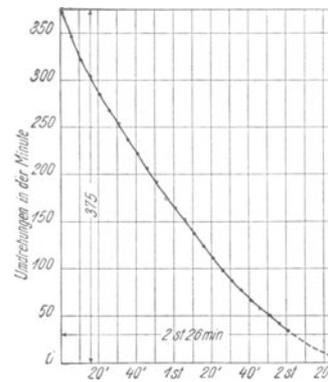


Fig. 41. Kurve für den Auslauf der Ilgner-Sätze 3 und 4.

#### IV) Die Förderanlage des Schachtes II der Zeche Emscher-Lippe zu Datteln.

##### 1) Beschreibung der Anlage.

Zur Untersuchung gelangte die südliche Förderung des Schachtes II.

Der elektrische Teil der im Jahre 1909 fertiggestellten Förderanlage ist von den Siemens-Schuckert Werken in Berlin, der mechanische Teil von Fried. Krupp A.-G. in Essen und das Fördergerüst von der Firma Aug. Klönne in Dortmund geliefert worden. Für die beiden Förderungen des Schachtes II stehen zwei gleich bemessene elektrische Fördermaschinen mit zwei elektrischen Fördermaschinen in Betrieb. Die Zeche deckt ihren Bedarf an elektrischer Energie, Drehstrom von 3000 V und 50 Per./sk, aus ihrem eigenen Kraftwerk, in welchem 3 Turbogeneratoren von je 1000 KW laufen.

Diese können auch mit dem Kraftwerk der Zeche Victor bei Rauxel parallel geschaltet werden.

Die für 900 m Teufe entworfene Maschine förderte z. Z. der Untersuchung aus 660 m Teufe.

Die Koepe-Scheibe hat 6,4 m Dmr. Die Arme sind aus Schmiedeisen, der Kranz ist aus Stahlguß hergestellt. Ihr Gewicht beträgt 18,7 t, das Schwungmoment ( $GD^2$ ) 380 tm<sup>2</sup>. Die Treibscheiben machen bei der Höchstgeschwindigkeit von 20 m/sk 60 Uml./min. Der Seillauf ist mit einem Futter von Ulmenholz ausgekleidet.

Die Seilscheiben haben 6 m Dmr. und wiegen je 7 t bei einem Schwungmoment ( $GD^2$ ) von je 100 tm<sup>2</sup>. Der Kranz besteht aus Gußeisen, die Arme sind aus Schmiedeisen.

Die Einteilung der Schachtscheibe zeigt Fig. 42.

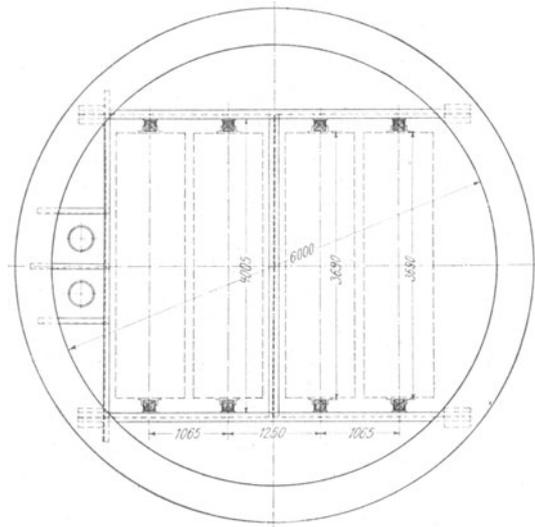


Fig. 42. Schachtscheibe.

Die Förderkörbe haben 4 Etagen für 2 Wagen hintereinander und Kopfführung in Stahlschuhen an Spurlatten aus Eichenholz. Am Füllort sind Anschlußbühnen, Bauart Eickelberg, vorhanden. Das Gewicht eines Korbes beträgt einschließlich des Gehänges 5,81 t. Das Zwischengeschirr wiegt 0,830 t, die Unterseilbefestigung 0,150 t. Als mittlere Wagengewichte wurden festgestellt für:

- 1 Förderwagen mit Kohle . . . . . 1,227 t,
- 1 Förderwagen mit Bergen . . . . . 1,413 t,
- 1 leeren Förderwagen . . . . . 0,433 t.

Der Inhalt eines Wagens an Kohle beträgt demnach 0,794 t, die Nutzlast eines normalen Zuges mit 8 Wagen Kohle 6,352 t.

Das Oberseil ist ein Dreikantlitzenseil von 48,5 mm Dmr. und 9,3 kg/m Gewicht. Jede der 6 Litzen hat außer 3 Drähten von rhombischem Querschnitt 12 runde Drähte von 2,28 und 15 runde Drähte von 2,88 mm Dmr. Die Bruchfestigkeit der rhombischen Drähte ist zu 100 kg/qmm, die der runden Drähte zu 160 kg/qmm gerechnet. Die gesamte rechnerische Bruchfestigkeit des Seiles beträgt demnach 157 t. Die rechnerische Sicherheit bei ruhender Last ist für die Seilfahrt bei der zugelassenen Höchstbelastung einer Schale mit 50 Mann 9,56-fach und für die Produktenförderung bei 6,3 t Nutzlast 7,0-fach. Das Unter-

seil ist ein Flachseil von  $125 \times 24$  qmm Querschnitt und wiegt 9,3 kg/m. Als Material ist ebenso wie für das Oberseil Tiegelgußstahl verwandt worden. Beide Seile werden geschmiert. Die Seilablenkung ist annähernd  $0^\circ$ . Für die Seilfahrt ist von der Bergbehörde eine Geschwindigkeit von 10 m/sk genehmigt worden.

Der Abstand der obersten Hängebank von der Seilscheibenmitte beträgt 19,95 m, die freie Höhe über dem Korbe in seiner höchsten Stellung 11,4 m, Fig. 43 u. 44, und das freie Stück im Sumpf bei tiefster Stellung 14 m. Die gesamte

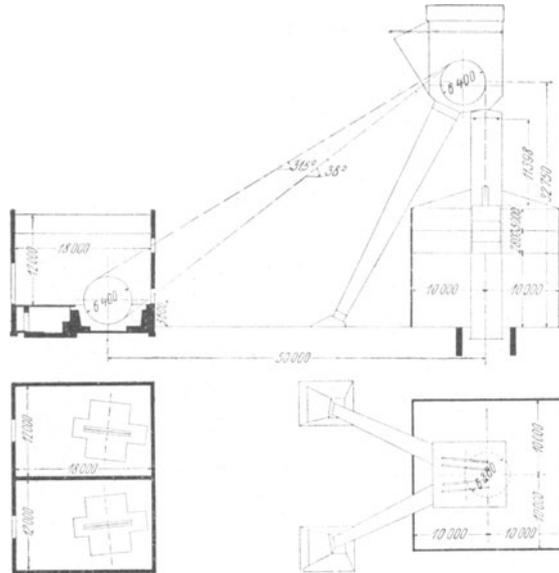


Fig. 43 und 44. Aufriß und Grundriß der Förderanlage.

umlaufende Masse des Aufzuges beträgt in Seilmitte  $\frac{17,1}{9,81} = 1,74 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ , die auf- und niedergehende Masse bei normaler Belastung  $\frac{39,3}{9,81} = 4,0 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ . Bei einem gewöhnlichen Kohlenzuge sind demnach insgesamt  $5,74 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  zu beschleunigen oder zu verzögern und 6,3 t Nutzlast zu heben. Die einzelnen Zahlen für die Gewichte und Schwungmomente enthält die Zahlentafel 12.

Zahlentafel 12.  
Gewichte und Schwungmomente des Aufzuges für 660 m  
Förderhöhe bei normaler Belastung.

		Gewicht	Schwungmoment $GD^2$	auf Seilmitte bezogenes Gewicht	auf Seilmitte bezogene Masse
		t	tm <sup>2</sup>	t	tm <sup>-1</sup> sk <sup>2</sup>
umlaufende Teile	1) 1 Treibscheibe von 6,4 m Dmr. . . . .	18,7	380	9,3	0,95
	2) 2 Motoranker . . . . .	25	92	2,2	0,22
	3) 2 Seilscheiben von 6 m Dmr. . . . .	14	200	5,6	0,57
	Summe 1 bis 3. . . . .	57,5	—	17,1	1,74
auf- und abgehende Teile	4) 2 Förderkörbe einschl. Gehänge . . . . .	11,6	—	11,6	1,17
	5) rd. 840 m Oberseil von 9,3 kg/m . . . . .	7,8	—	7,8	0,79
	6) rd. 700 m Unterseil von 9,3 kg/m . . . . .	6,5	—	6,5	0,66
	7) 16 leere Förderwagen von je 0,433 t . . . . .	7,0	—	7,0	0,71
	8) Inhalt von 8 Wagen mit Kohlen zu je 0,794 t . . . . .	6,4	—	6,4	0,65
	Summe 4 bis 8. . . . .	39,3	—	39,3	4,0
	Summe 1 bis 8. . . . .	96,0	—	56,4	5,74

Auf den Kranz der Treibscheiben wirkt an einem Durchmesser von 6,08 m eine vereinigte Manövriert- und Sicherheitsfallbremse. Die durch Bremsluft von normal  $4\frac{1}{2}$  at Spannung betriebene Manövriertbremse verfügt, auf Seilmitte bezogen, über eine wirksame Bremskraft von 33 t. Der Bremsweg beträgt für die augenblickliche Teufe bei niedergehender Normallast und einer Geschwindigkeit von 20 m/sk  $49\text{ m} = 2,43$  Umläufen der Koepe-Scheiben. Der Wirkungsgrad der Bremse ist zu 0,86, die Reibungsziffer zwischen Bremsbacken und Kranz zu 0,5 gerechnet. Die Fallbremse ist so gebaut, daß sie den gleichen Bremsdruck erzeugt wie die Dampfbremse. Bei gleichzeitiger Wirkung beider Bremsen soll die Maschine nach etwa  $18,0\text{ m} = 0,9$  Umläufen zum Stillstand kommen.

Die Schaltung der elektrischen Maschinen ist aus Fig. 45 zu ersehen. Umformer, Schalttafel und Turbogeneratoren stehen getrennt von dem Förder-

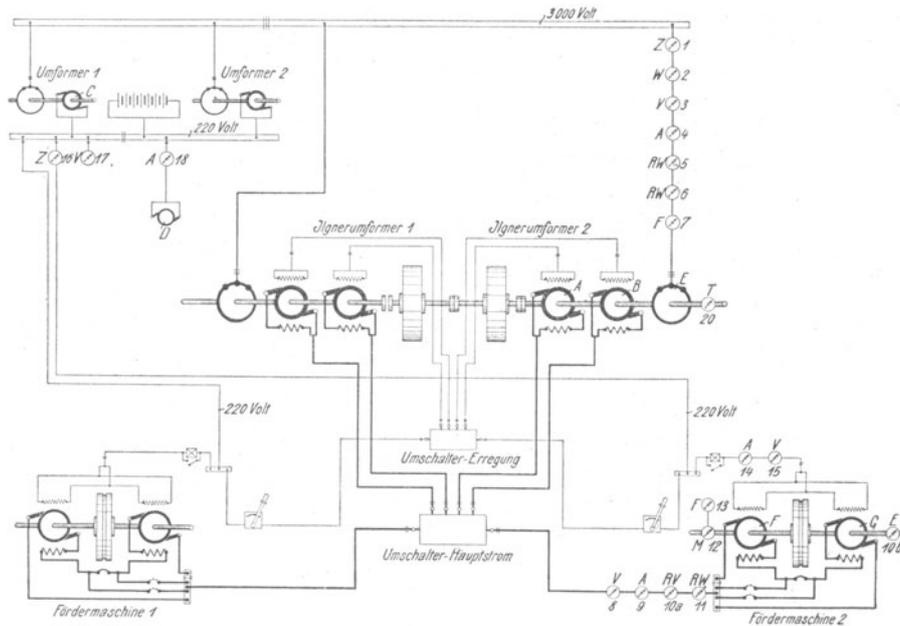


Fig. 45. Schaltplan.

maschinengebäude in einer eigenen Maschinenhalle. Die Schwungräder der beiden Ilgnersätze sind durch eine verschraubte Flanschenkupplung miteinander verbunden. Sie können durch zwei ausrückbare Kupplungen mit jedem der Ilgner verbunden oder auch ganz stillgesetzt werden.

Der Ilgner-Motor *E* leistet 1440 PS bei 370 Uml./min, 3000 V, 242 Amp und 50 Per./sk. Die Umlaufzahl kann durch einen als Metallwiderständen ausgebildeten Schlupfregler bis auf 328 in 1 min geregelt werden. Zu jedem Ilgner-Motor gehören zwei Anlaßdynamos *A* und *B* von  $\pm 700$  V und normal 1100 und maximal 1900 Amp. Die Anlaßdynamos haben Wendepole. Jedes Schwungrad wiegt 40 t bei einem Durchmesser von 4,4 m und einer Kranzbreite von 0,75 m. Das Schwunghoment eines Rades ist zu  $480\text{ tm}^2$  und die kinetische Energie bei einer Höchstumfangsgeschwindigkeit von 84 m/sk zu  $9400\text{ tm}$  angegeben. Die Schwungräder laufen in Ringschmierlagern und haben außerdem Preßölschmierung. Das Preßöl hat einen Druck von 16 at und wird den Lagern durch zwei Ölpumpen zugeführt, von denen die eine unmittelbar von der Umformerwelle, die andere durch einen besonderen Motor (*D*) von 6 PS angetrieben wird.

Den Bedarf der Förderanlage an niedrig gespanntem Gleichstrom decken zwei Erreger-Umformer 1 und 2, die den Drehstrom von 3000 V auf Gleichstrom von 220 V umformen. Außer für die Erregung geben diese Maschinen auch für den übrigen Bedarf der Zeche Energie ab. Sie leisten je 50 PS bei 735 Uml./min.

Für jede Fördermaschine sind zwei Fördermotoren *F* und *G* vorhanden, die gewöhnlich hintereinander geschaltet sind. Sie leisten bei normal 1100 und maximal 1900 Amp und  $\pm 700$  V entsprechend 950 und 1575 PS bei 60 Uml./min. Das Gewicht eines Motorankers beträgt 12,5 t, sein Schwungmoment ( $GD^2$ ) 46 tm<sup>2</sup>.

Teufenanzeiger und Sicherheitsvorrichtungen haben die übliche Ausstattung. Die Signalvorrichtung wirkt optisch und akustisch.

Die Leistungsschilder der elektrischen Maschinen und der Akkumulatoren-batterie sind in Zahlentafel 13 übersichtlich zusammengestellt.

Zahlentafel 13. Die Leistungsschilder.  
Generatoren.

Bezeichnung in Fig. 45	Maschinenart	Stromart	V	Amp	Uml./min
A	Anlaßdynamo	Gleichstrom	$\pm 700$	1900 max. 1110 normal	365/328
B	»	»	$\pm 700$	1900 max. 1110 normal	365/328
C	Erregerdynamo	»	220/300	177/130	735

Motoren.

Bezeichnung in Fig. 45	Maschinenart	Stromart	Klemmen-spannung V	Amp	Frequenz	PS	Uml./min	Rotor-spannung V
E	Ilgner-Motor	Drehstrom	3000	224	50	1440	370	855
F	Fördermotor	Gleichstrom	$\pm 680$	1100 1900	—	950 1575	60	—
G	»	»	$\pm 680$	1100 1900	—	950 1575	60	—
—	Erregermotor	Drehstrom	3000	12	50	60	735	250

Akkumulatoren.

Lieferer	Elemente	Stromart	V	Amp-st
Akkumulat.-Fabrik A.-G. in Hagen	120	Gleichstrom	220	148

2) Zugesicherte Leistung.

Die Förderhöhe betrug bei Inbetriebsetzung der Anlage und auch z. Z. des Versuchs 670 m. Als größte zu erreichende Teufe waren beim Entwurf 900 m vorgesehen.

Die Siemens-Schuckert Werke hatten mit einer normalen Nutzlast von 6,0 t gerechnet und für 660 m Teufe die Gesamtmasse des Aufzuges bei leeren Körben zu 5,95 tm<sup>-1</sup> sk<sup>2</sup> angenommen. Dabei war eine Leistung von 230 t/st in 38,2 Zügen gewährleistet worden. Die Zeiten eines normalen Förderzuges sollten dabei betragen: für das Anfahren 27 sk bei einer Beschleunigung von 0,74 m/sk<sup>2</sup> und einem Motordrehmoment von 38,0 tm; für die volle Fahrt 12,5 sk bei einer

Geschwindigkeit von 20 m/sk und einem Motordrehmoment von 22,6 tm; für den Auslauf 16 sk bei einer Verzögerung von 1,25 m/sk<sup>2</sup> und für das dreimalige Umsetzen 41,5 sk. Für einen vollständigen Förderzug waren somit 97 sk vorgesehen.

Bei 900 m Teufe sollten 216 t in 36 Zügen gezogen werden und die Zeiten für einen Förderzug dann betragen: Anfahren 27 sk bei einer Beschleunigung von 0,74 m/sk<sup>2</sup> und einem Motordrehmoment von 39,7 tm; volle Fahrt 24 sk bei einer Geschwindigkeit von 20 m/sk und einem Motordrehmoment von 22,6 tm; Auslauf 16 sk bei einer Verzögerung von 1,25 m/sk<sup>2</sup> und einem Motordrehmoment von 1,2 tm, und dreimaliges Umsetzen 33 sk; die Zeit für den gesamten Zug war somit auf 100 sk berechnet.

Zahlen für den Energieverbrauch bei einer andern Teufe waren nicht gewährleistet worden.

### 3) Anordnung des Versuches.

Der Hauptversuch begann am 9. Juni 1910 um 5<sup>20</sup> Uhr vormittags mit der Seilfahrt und wurde am folgenden Tage zur gleichen Zeit abgeschlossen. Einige Tage nach dem Hauptversuch wurden noch Einzelmessungen vorgenommen. Der Umformer arbeitete während der Versuche mit beiden gekuppelten Schwungrädern auf die südliche Förderanlage, auf welche die gesamte Produktenförderung des Schachtes geleitet wurde. Das Personal an der Hängebank und am Füllort war verstärkt worden, und die Förderung wurde nach Möglichkeit beschleunigt.

Zwischen den Versuchen auf Mathias Stinnes und Emscher-Lippe lag nur ein verhältnismäßig geringer Zwischenraum; daher war es nicht möglich, die Ergebnisse der Versuche auf Mathias Stinnes bis dahin auszuwerten und die gesammelten Erfahrungen in vollem Umfange auszunutzen. In der Meßanordnung wurden aus diesem Grunde gegenüber dem Versuche auf Mathias Stinnes nur die durch die örtlichen Verhältnisse und den Umfang der Anlage bedingten Aenderungen getroffen. Die Meßanordnung ist im einzelnen aus Fig. 45 zu ersehen.

Auf der Drehstromseite wurden sämtliche Meßgeräte unmittelbar vor den Ilgner-Motor gelegt, und zwar 1 Zähler (1), 2 schreibende Leistungsmesser (5) und (6), die Zeigergeräte für Leistung (2), Spannung (3) und Strom (4) sowie ein Frequenzmesser (7). Zum ersten Male wurde bei den Untersuchungen der Leistungsmesser (6) benutzt, der 40 mm/min Papiervorschub hatte, im übrigen aber die gleiche Bauart wie der auch schon früher benutzte Leistungsmesser (5) aufwies. Die Umfangsgeschwindigkeit wurde wiederum durch einen Tachographen 20, Bauart Horn, aufgezeichnet.

Für die Messung der Spannung, Geschwindigkeit und Leistung der Fördermotorenanker waren die gleichen anzeigenden 8 und 9 und schreibenden 10a und 11 Meßgeräte wie auf Mathias Stinnes eingebaut. Der Papiervorschub der selbstaufzeichnenden Meßgeräte wurde an einem von der Achse des Antriebmotors angetriebenen Frequenzmesser (13) (vgl. S. 10) beobachtet und nach Möglichkeit gleichförmig gehalten.

Außerdem wurden Spannung und Stromstärke der Erregung und der kleineren Motoren durch Zeigergeräte (14, 15, 17, 18) und den Zähler 16 gemessen. Die Fördergeschwindigkeit wurde außer durch den funkenschreibenden Spannungsmesser 10b durch einen Morsedrucker (12) bestimmt.

### 4) Versuchsergebnisse.

In 24 st wurden 608 Züge gemacht. Davon entfielen auf die Produktenförderung der Morgenschicht 284, der Nachmittagschicht 275 Züge. Eingehängt

wurden im ganzen 4456 leere Wagen, 26 Wagen mit Bergen und 12 mit verschiedenem Inhalt. Gezogen wurden 4464 Wagen mit Kohlen, 11 Wagen mit Bergen und 13 mit verschiedenem Inhalt.

Beim Schichtwechsel fuhren bis zum Schluß der Seilfahrt 951 Mann ein und 771 Mann aus.

Die Förderung ging ausschließlich nach der 660 m-Sohle. Die geförderte Nutzlast erreichte in 24 st die Höhe von 3511 t, entsprechend einer mittleren Leistung von 363 Schacht-PS. Davon entfielen auf die Morgenschicht 1802 t bei 559 Schacht-PS und auf die Nachmittagschicht 1718 t bei 533 Schacht-PS.

Auf die Gesamtförderung von 3511 t kamen 3540 t Kohle sowie 25 t gezogene und 11 t eingelassene Berge in Anrechnung. Die Nutzlast betrug normal 6,4 t. Bei der Produktenförderung wurde von einer Hängebank abgezogen und dreimal umgesetzt. Bei der Seilfahrt wurde einmal umgesetzt. Während beider Schichten ging eine gleichmäßige, beschleunigte Förderung bei gleichbelasteten Zügen ohne Unterbrechung um (vergl. Tafel 1). Sie übertraf die durchschnitt-

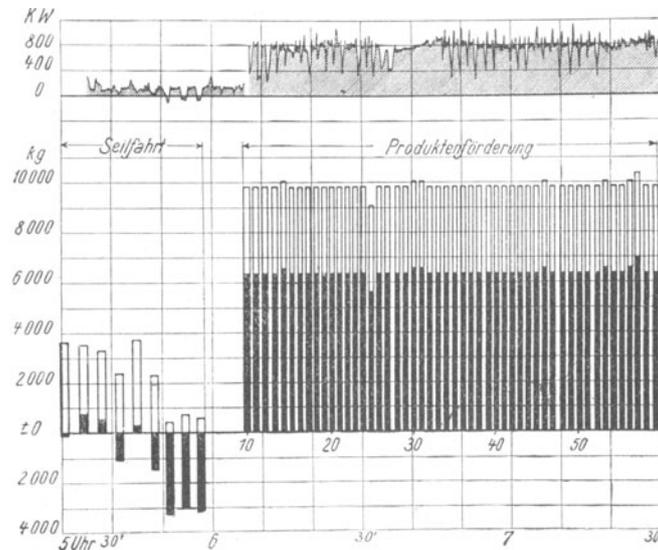


Fig. 46. Ausschnitt aus dem Schaubilde der Tafel 1 in größerem Maßstabe.

liche Tagesförderung eines gewöhnlichen Monats, z. B. des April, um etwa 1100 t. In der Morgenschicht erreichte sie im Durchschnitt 225 t/st in 35,5 Zügen. Die zugesicherte Höchstleistung von 230 t/st und die Zugzahl 38 wurde demnach nicht ganz erreicht, die zugesicherte durchschnittliche Nutzlast eines Zuges von 6 t jedoch noch überschritten. Ein Treiben dauerte in der Morgenschicht durchschnittlich 60,4 sk, das Umsetzen 35 bis 40 sk. Bei Seilfahrtszügen nahm das Treiben etwa 70 bis 100 sk und die Förderpause bei einmaligem Umsetzen 100 bis 125 sk in Anspruch. Fig. 46 zeigt einen Ausschnitt aus dem Schaubild der Tafel 1 in größerem Maßstabe, um den Verlauf der Energiekurve bei der Seilfahrt und bei der Produktenförderung deutlicher hervortreten zu lassen.

An elektrischer Energie wurden in 24 st 13572 KWst gebraucht, wovon auf den Erreger-Umformer 723 KWst entfielen. Auf 1 Schacht-PS bezogen, betrug der Energieverbrauch in der Morgenschicht 1,39 und in der Nachmittagschicht 1,40 KW. Bei diesen Zahlen ist der Wirkungsgrad des Drehstrom-Gleichstromumformers für die Erregung, an dem nur auf der Gleichstromseite Messungen gemacht werden konnten, mit 0,8 in Rechnung gesetzt und für den

Luftverbrauch der Bremse kein Zuschlag gemacht worden. Aus diesem Grunde stellen sich die angegebenen Werte um einen geringen Bruchteil zu günstig.

Die Einzelwerte für die Förderleistung und den Energieverbrauch enthält die Zahlentafel 14.

Zahlentafel 14.  
Zusammenstellung der Versuchsergebnisse für 24 Stunden.

Bezeichnung und Zeit des Meßabschnittes		Morgen- seilfahrt von 5 <sup>20</sup> bis 6 <sup>00</sup> = 40 min	Morgen- schicht von 6 <sup>00</sup> bis 2 <sup>00</sup> = 8 st	Mittag- seilfahrt von 2 <sup>00</sup> bis 2 <sup>30</sup> = 30 min	Mittag- schicht von 2 <sup>30</sup> bis 10 <sup>20</sup> = 8 st	Abend- seilfahrt von 10 <sup>20</sup> bis 11 <sup>00</sup> = 30 min	Nacht- schicht von 11 <sup>00</sup> bis 5 <sup>20</sup> = 6 st 30 min	in 24 st von 5 <sup>20</sup> bis 5 <sup>20</sup>
Förderung	1) gehobene Last . . . t	20,8	2785	15,4	2696	30,7	18,3	5566
	2) eingehängte Last . . . »	31,2	983	18,6	978	25,0	20,2	2055
	3) Nutzlast . . . »	-10,4	1802	-3,2	1718	5,7	-1,9	3511
	4) Förderhöhe . . . m	670	670	670	670	670	670, (660)	670, (660)
	5) geleistete Arbeit . . . tm	-6985	1207659	-2110	1151052	3804	-1231	2352189
	6) mittlere Nutzlast in 1 st t	-15,6	225	-6,3	215	11,4	-0,3	146
	7) Zugzahl . . . . .	9	284	5	275	7	26	608
	8) mittlere Nutzlast eines Zuges . . . . . t	-1,158	6,347	-0,630	6,247	0,811	-0,068	5,774
	9) mittlere Zugzahl in 1 st	13,5	35,5	10,0	34,4	14,0	4,1	25,3
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . sk	91,4	60,4	98,4	61,6	93,4	—	—
	11) mittlere Fördergeschwindigkeit . . . . . m/sk	7,4	11,1	6,8	10,9	7,2	—	—
	12) mittlere Leistung . Schacht-PS	-38,8	559,1	-15,6	532,9	28,2	-0,7	363,0
Energieverbrauch	1) Gesamter Energieverbrauch . . . . . KWst	104,8	6217	100,6	5989	110,2	1051	13572
	2) Energieverbrauch des Ilgner-Motors . . . »	85,4	5950	87,6	5732	97,2	896	12850
	3) Gleichstromenergieverbr. der gesamten Erregung »	16	237	11	226	11	131	632
	4) Rechnerischer Drehstromverbrauch d. Umformers »	18,4	267	13,0	256	13,0	155	723
	5) aufgenommene Gesamtleistung im Mittel . . . KW	157	777	201,2	749	220,4	166	565
	6) mittlerer Energieverbrauch für einen Zug . . . KWst	11,6	21,9	20,1	21,8	15,7	40,4	22,3
	7) mittlerer Energieverbrauch für 1 Schacht-PS-st. . . »	(-)4,05	1,39	(-)13,00	1,40	7,82	(-)237,1	1,56
	8) Wirkungsgrad der gesamten Anlage . . . . . vH	(-)18,2	52,9	(-)5,7	52,5	9,4	(-)0,3	47,1

Die Kurve für die Energieaufnahme des Ilgner-Motors ist ebenso wie bei den früheren Versuchen oberhalb des Belastungsdiagrammes für den ganzen Tag nach den Aufzeichnungen des langsam laufenden Leistungsmessers 5 aufgetragen (vergl. Tafel 1). In Fig. 47 ist die gleiche Kurve des schnellaufenden Leistungsmessers 6 für den Beginn der Morgenschicht wiedergegeben. Die Kurve zeigt auch innerhalb der einzelnen Züge sehr scharfe Spitzen, eine Erscheinung, die wohl in der Hauptsache auf das ungleichmäßige Zusammenarbeiten der beiden parallel geschalteten Turbogeneratoren zurückzuführen ist. Die obere Grenze für die Stromaufnahme des Ilgner-Motors wurde durch Beamte der Zeche dauernd beobachtet und von Hand geregelt. Sie schwankte von Zug zu Zug innerhalb geringer Grenzen und lag ohne Berücksichtigung der erwähnten scharfen Spitzen zwischen 170 bis 200 Amp bei 800 bis 950 KW und 3050 V. Da der Motor 1440 PS leisten soll, war er bei 800 KW Energieaufnahme, wenn

man den Wirkungsgrad zu 0,9 rechnet, nur zu etwa 85 vH belastet. Die Polwechselzahl bewegte sich am Versuchstage zwischen 50,1 und 50,5 in 1 sk.

Die Umlaufschwankungen des Ilgners, wie sie durchgehend während der Förderung verliefen, sind in Fig. 48 nach den Aufzeichnungen des Tachographen dargestellt. Der Schlupf betrug etwa 5,5 vH der gesamten Energieaufnahme. Zu beachten ist hierbei, daß die Schwungmassen des in Betrieb befindlichen Ilgnersatzes durch das Ankuppeln beider Schwungräder vergrößert

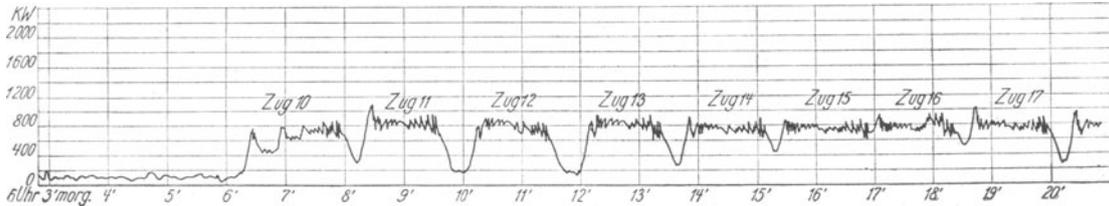


Fig. 47. Leistungskurve des Ilgner-Motors.



Fig. 48. Umlaufschwankungen des Ilgner-Satzes bei der Produktenförderung.

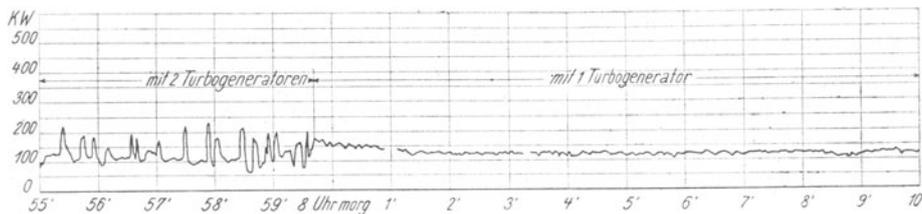


Fig. 49. Leistungskurve des Ilgner-Motors bei Leerlauf.

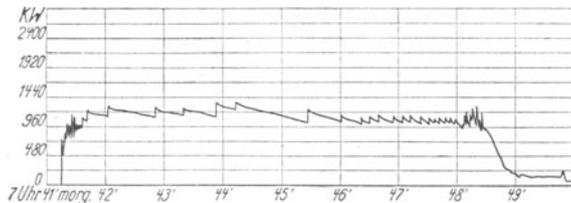


Fig. 50. Leistungskurve beim Aufladen des Ilgner-Schwungrades.

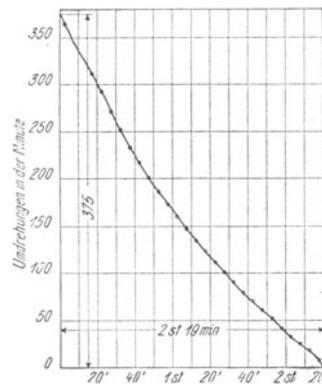


Fig. 51. Auslaufkurve des Ilgnersatzes.

wurden. Bei besonders schneller Zugfolge sank die Umlaufzahl naturgemäß noch mehr. An den stark ausgezogenen Stellen der Umlaufkurve wurde eine Erzitterung des Schwungrades, d. h. eine Ungleichförmigkeit in der Umfangsgeschwindigkeit in sehr kurzen Zeiträumen, z. B. etwa 3 Per./sk, beobachtet.

Der Ilgnersatz gebrauchte nach Messungen am 12. Juni bei der gleichen Schaltung wie am Versuchstage für Leerlauf 125 KW bei 56 Amp, 3120 V und einem  $\cos \varphi$  von 0,41. Der Verlauf der Energieaufnahme ist aus Fig. 49 ersicht-

lich. Bei Antrieb durch zwei parallel geschaltete Turbogeneratoren ist als Folge ihrer mangelhaften Regelung die Energieaufnahme recht ungleichmäßig.

Die Schwungräder wurden in 7,5 min aufgeladen und gebrauchten dazu 120 KW. Fig. 50 enthält die Leistungskurve. Der Auslauf des Ilgner-Rades dauerte 2 st 20 min. Die Auslaufkurve ist in Fig. 51 wiedergegeben.

Für die Erregung der Fördermotoren wurden nach einzelnen Messungen mit den Zeigerinstrumenten 14 und 15 an Gleichstrom in den Förderpausen rd. 15 KW bei 212 V und während des Treibens 20,5 KW bei 223 V gebraucht.

Der Luftbedarf der Bremsen wurde durch einen Zähler der Zeche, der nicht nachgeeicht worden ist, am Versuchstage von 8<sup>30</sup> Uhr morgens ab gemessen. Er betrug, auf 24 st umgerechnet, 160 cbm bei 4,6 at mittlerem Ueberdruck.

Die von den Siemens-Schuckert Werken angeführten Zahlen für Beschleunigung und Verzögerung sind innegehalten worden. Die von der Zeche während der Produktenförderung erstrebte Höchstgeschwindigkeit von 20 m/sk wurde bei normaler Belastung nicht erreicht. Sie betrug allgemein nur etwa 17 m/sk. Der Geschwindigkeitsmesser der Zeche, Bauart Karlick, zeigte zu hoch an; bei einer Seilgeschwindigkeit von 18 m/sk stand sein Zeiger auf 20 m/sk. In Fig. 52

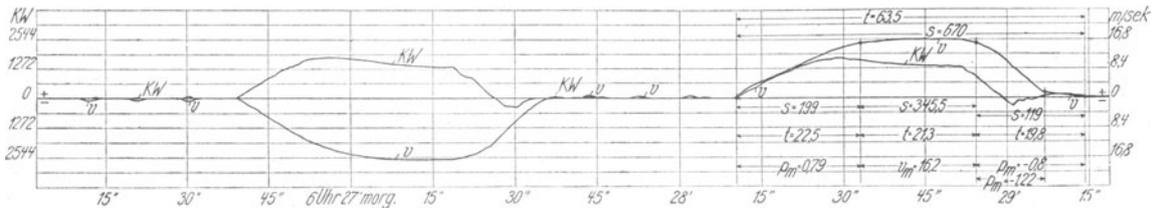


Fig. 52. Geschwindigkeits- und Leistungskurve bei normaler Produktenförderung.

sind zwei normal belastete Züge nach den Aufzeichnungen des schreibenden Spannungsmessers für Geschwindigkeit 10b ausgewertet. Bei dem zweiten Zuge betrug die Beschleunigung 0,79 m/sk<sup>2</sup>, die mittlere Geschwindigkeit während der vollen Fahrt 16,2 m/sk, die erreichte Höchstgeschwindigkeit 16,8 m/sk, die Verzögerung bis zum Einfahren in die Hängebank 1,22 m/sk<sup>2</sup> und die durchschnittliche Verzögerung 0,8 m/sk<sup>2</sup>.

In Fig. 53 ist ein Seilfahrtzug mit 3,3 t negativer Belastung aufgezeichnet.

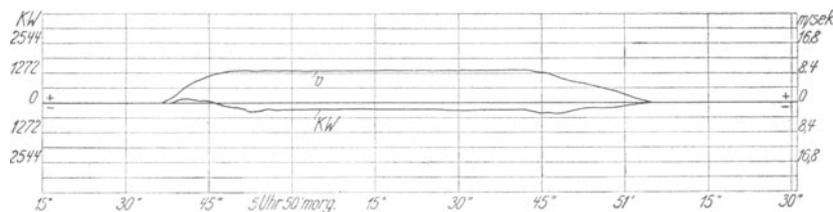


Fig. 53. Geschwindigkeits- und Leistungskurve für einen Seilfahrtzug.

Die Leistung der Fördermotoren stieg beim Anfahren bis rd. 1700 KW, bei voller Fahrt betrug sie im Mittel rd. 1400 KW. Die zurückgegebene Bremsenergie war unbedeutend. Beim Anfahren waren die Motoren danach mit höchstens 70 vH, bei der vollen Fahrt mit etwa 55 vH der angegebenen Höchstleistung belastet. Bei der vollen Fahrt übertraf die Energieaufnahme der Fördermotoren die Energieaufnahme des Ilgner-Motors um 600 KW, d. i. um etwa 75 vH.

Der langsam laufende Leistungsmesser 5, dessen Aufzeichnungen in Tafel 1 oberhalb des Belastungsschaubildes wiedergegeben sind, zeigte am Versuchstage um 4 vH zu niedrig. Für die übrigen Meßgeräte gelten betreffs ihrer Meßgenauigkeit die auf S. 7 gemachten Einschränkungen.

## **B) Die Untersuchungen an den mit Dampf betriebenen Fördermaschinen.**

### Die Messungen und Meßgeräte.

Von den vier untersuchten Dampfförderanlagen arbeiteten zwei mit Auspuff, eine war mit einer Zentralkondensation ausgerüstet und eine an eine Abdampfturbine angeschlossen. Ueberhitzter Dampf stand bei zwei Anlagen zur Verfügung. Zwei Anlagen besaßen Antrieb mit zylindrischen Trommeln, die übrigen Koepelförderung.

Bei den Untersuchungen ist von der Bestimmung des Wirkungsgrades der Kessel abgesehen worden.

Der Dampfverbrauch wurde für die einzelnen Schichten durch Wägen oder Messen des Kesselspeisewassers bestimmt. Wo an die Fördermaschine eine eigene Kondensation angeschlossen war, wurde außerdem deren gesamte Niederschlagmenge gemessen. Zur Feststellung des Speisewasserverbrauchs sonderte man eine entsprechende Anzahl von Kesseln von der übrigen Anlage ab und versah sämtliche Anschlußleitungen mit Blindflanschen. Alle Ventile, Schieber und Flansche der Kessel und Rohrleitungen wurden vor dem Versuch auf ihre Dichtigkeit geprüft und etwaige Mängel abgestellt.

Die Meßabschlüsse für das Kesselspeisewasser wurden bei Schichtwechsel und zwischendurch gewöhnlich alle zwei Stunden vorgenommen. Rechnungsmäßig einwandfreie Zahlen ergeben nur die langfristigen Abschlüsse. Einmal kann der Wasserstand in den Kesseln nicht unbedingt genau gemessen werden, und ferner sammeln sich in den langen Rohrleitungen unter Umständen recht beträchtliche Dampf Wassermengen an, die dann je nach der Dampfströmung mehr oder minder schnell fortgeführt werden und dementsprechend zur Messung kommen. Die Abschlüsse vor und nach der Seilfahrt sollten nur ermöglichen, den Dampfverbrauch der Produktenförderung im Gegensatz zu der Gesamtzeit einzeln zu erfassen. Die für den Dampfverbrauch der Seilfahrt in den betreffenden Zahlentafeln angeführten Zahlen können aus den genannten Gründen keinen Anspruch auf unbedingte Genauigkeit machen. Die kurzfristigen Abschlüsse in der Schicht selbst bezweckten, einen Anhalt und die Möglichkeit einer Ueberschlagrechnung während des Versuches selbst zu bieten.

Außer dem Kesselspeisewasser wurde in allen Fällen das Niederschlagwasser der Leitungen und, wo es zugänglich war, der Bremse, der Umsteuerung, der Zylinder, des Zwischenbehälters und der Turbine gemessen. Zum Messen wurden die in der betreffenden Anlage für den Betrieb vorhandenen Kondensstöpfe benutzt. Der Abdampf der Bremse und der Umsteuerung wurde, falls er ins Freie ausblies, in eigens eingebauten Kühlschlangen niedergeschlagen. Die Verluste, die durch Schwadenbildung entstehen können, sind hierbei in allen Fällen vermieden worden. Die Niederschlagmengen der Zwischenmeßstellen wurden in geeichten Eimern aufgefangen und gemessen.

Falls an die Maschine ein Kondensator angeschlossen war, wurde, wie bereits erwähnt ist, außer der Speisewassermenge der Gesamtniederschlag festgestellt. Er wurde abwechselnd in zwei nebeneinander stehende Behälter geleitet, derart, daß der eine gefüllt wurde, während man den andern nach Feststellung der eingelassenen Menge abließ. Die Behälter waren mit Wasserstandglas und Teilung ausgerüstet. Kurzfristige Abschlüsse sind zur Bestimmung des Dampfverbrauches bei der Niederschlagsmessung ebensowenig zuverlässig wie bei den Messungen des Kesselspeisewassers.

Der Energieverbrauch der Kondensationsanlage wurde festgestellt und auf den Dampfverbrauch der Maschine verrechnet. Die Wassertemperaturen wurden an den einzelnen Meßstellen ermittelt und die Zahlen für den Dampfverbrauch auf  $0^{\circ}\text{C}$  umgerechnet.

Der Dampfdruck an den Kesseln wurde durch geeichte Manometer bestimmt, der Druck vor der Maschine während des Treibens abgelesen. Er schwankt, beeinflußt durch die Strömungsverluste in der Rohrleitung und durch den Spannungsabfall in den Kesseln, bei der verstärkten Dampfantnahme und kann durch derartige Manometerablesungen nur mit annähernder Genauigkeit bestimmt werden. Für genaue Feststellungen wird es sich empfehlen, die Frischdampfleitung zu indizieren. Der Spannungsabfall an den Kesseln, hervorgerufen durch die verstärkte Dampfantnahme während des Treibens, ist im regelrechten Betriebe bei den gewöhnlich reichlich bemessenen Dampfäumen unbedeutend. Bei den Versuchen, bei denen aus meßtechnischen Gründen eine geringere Anzahl von Kesseln angeschlossen werden mußte, war er größer, aber immerhin nicht von solcher Bedeutung, daß die Meßergebnisse bemerkenswert beeinflußt worden wären.

Bei Anlagen, an die eine Kondensation angeschlossen war, wurde die Luftleere im Kondensator und an der Fördermaschine oder Abdampfturbine ermittelt. Der Unterdruck wurde in diesen Fällen durch Ablesen an kommunizierenden Röhren, die mit Quecksilber gefüllt waren, gleichzeitig mit dem Barometerstand und der Temperatur im Maschinenhause festgestellt. Der Einfluß des Dampfzutrittes bei der Förderung ruft heftige Schwankungen der Quecksilbersäule hervor, so daß ein unbedingt genaues Ablesen während des Treibens nicht möglich ist. Praktische Bedeutung dürften jedoch die hierdurch entstehenden Ablesungsfehler kaum haben. Der Kondensator wurde vor Beginn der Förderung auf Dichtheit geprüft.

Bei Anlagen, die mit Ueberhitzung arbeiteten, wurde die Temperatur des zuströmenden Dampfes durch geeichte Quecksilberthermometer, die in einem Oel- oder Quecksilberbade in die zu messende Leitung eingelassen waren, an den Kesseln und vor dem Absperrventil der Maschine festgestellt. Abgelesen wurde gleichzeitig mit den Manometerablesungen in Zeitabständen von 15 Minuten.

Als Dampfverbrauch der Maschine, im Folgenden »rechnerischer Dampfverbrauch« genannt, wurde der Verbrauch am Absperrventil der Maschine gerechnet. Die Kondensatverluste in der Frischdampfleitung wurden somit in Abzug gebracht. Gegebenenfalls wurde noch ein Zuschlag für den Energieverbrauch der Kondensationsantriebsmaschine gemacht. Der rechnerische Dampfverbrauch der Maschine wurde, wie üblich, auf 1 Schacht-PS-st bezogen. Die Rechnung wurde auch für die Seilfahrt und für die Nachtschicht durchgeführt, obwohl die auf diese Weise berechneten Zahlen keinen Vergleichswert besitzen.

Die angeführten Verfahren zur Feststellung des Dampfverbrauches, die allgemein angewandt werden, sind für die kritische Untersuchung einer Förder-

anlage mit ihrem von Zug zu Zug und innerhalb des Zuges stets wechselnden Dampfverbrauch nicht vollkommen und nicht erschöpfend. Hier hätte nur eine Registrierung des Dampfverbrauches, die deutlich genug wäre, um ihn von Hub zu Hub und innerhalb des Hubes verfolgen zu können, die zudem die Undichtigkeits- und Kondensationsverluste der Maschine und der Rohrleitungen bei ruhender Förderung aufgezeichnet hätte, Aufklärung schaffen können. Das Bestreben der Versuchsleitung ging deshalb dahin, einen zuverlässig arbeitenden Dampfmesser zu beschaffen. Sie hat Messungen mit den Messern von Hallwachs und Gehre angestellt; es sei aber vorweg bemerkt, daß keine der untersuchten Vorrichtungen den an sie gestellten Anforderungen gewachsen war.

Der Dampfmesser von Hallwachs überträgt den Druckunterschied vor und hinter einer in die Dampfleitung eingebauten Drosselscheibe auf eine Quecksilbersäule. Diese berührt Platindrähte, die in entsprechenden Abständen in eine Glasröhre eingeschmolzen sind. Sie schließt auf diese Weise Kontakte, die auf einem durch ein Uhrwerk angetriebenen Papierstreifen Linien einritzen. Die so entstehenden Flächen sind planimetrierbar. Der Dampfdruck und gegebenenfalls die Ueberhitzung müssen jedoch gesondert gemessen und bei der Auswertung berücksichtigt werden. Der Messer wird in die Frischdampfleitung in einem großen Abstände von der Maschine eingebaut. Er wurde bei den Versuchen auf Julia, Schürbank und Charlottenburg sowie Helene und Anale benutzt. Bei dem ersten Versuch war die Quecksilbersäule für die am Schluß des Anfahrens die Leitung durchströmenden großen Dampfmen gen zu klein, und beim zweiten zeigte er die geringen Dampfmen gen nicht an. Beim dritten Versuch wurde daher der Durchmesser des Drosselflansches verringert und gleichzeitig die Anzahl der Kontakte vergrößert. Aber auch hier war die Aufzeichnung der geringen Dampfmen gen, wie sie bei Seilfahrtzügen, bei eingehängten Lasten, beim Umsetzen und beim Stillstande der Maschine gebraucht werden, nur unvollkommen. Ein grundsätzlicher Fehler des Messers besteht aber darin, daß die Quecksilbermassen, die für jeden Ventilhub den wechselnden Druckunterschieden vor und hinter dem Drosselflansch entsprechend beschleunigt werden müssen, zu groß sind, um in den kurzen Zeiten folgen zu können. Zudem werden die Spitzen des Diagramms durch eine kleine Drosselscheibe, durch die das Quecksilber bei der Bewegung getrieben wird, ausgeglichen. Die Größe dieser Fehler des Dampfmessers, die sich bei der Verwendung einer Quecksilbersäule nicht vermeiden lassen, ändert sich in jedem Falle mit der Umlaufzahl der Maschine, mit den Durchflußmen gen, mit der Entfernung des Meßflansches von der Maschine usw. Sie wird von dem Fabrikanten bei Angabe des Koeffizienten für die Auswertung der Diagramme gemäß seinen Erfahrungen berücksichtigt. Ein derartiger Dampfmesser kann daher wohl für einen längeren Abschnitt richtige Endergebnisse anzeigen, ohne daß dabei die Ordinaten der Kurven in der Zwischenzeit im einzelnen richtig sind. Derselbe Dampfmesser, der vielleicht unter bestimmten Betriebsverhältnissen richtig zeigt, wird unter anderen Verhältnissen, falls zum Beispiel statt einer Kolbenmaschine eine Turbine oder eine Kolbenmaschine mit anderer Umlaufzahl an dieselbe Leitung und an denselben Meßflansch angeschlossen werden, möglicherweise unstimmmige Endzahlen ergeben. Diese Unterschiede können recht beträchtlich sein. Nach den von der Firma gemachten Angaben kann der erforderliche Ausgleich des Koeffizienten bis zu 40 vH betragen. Der Messer wird daher wohl brauchbar sein können für Betriebe, in denen die Betriebsverhältnisse einigermaßen gleichmäßig sind und wo für die betreffenden Betriebsverhältnisse sein Koeffizient feststeht oder festgestellt ist; für Abnahmeversuche bei wechselnder Dampfentnahme und für wissenschaftliche Zwecke ist der Messer jedoch nicht geeignet.

Außer diesem Messer wurde bei einem Versuche ein schreibender Dampf-  
messer, Bauart Gehre (Type AI<sub>1</sub>), benutzt<sup>1)</sup>. Dieser bedient sich ebenfalls eines  
in die Dampfleitung eingebauten Drosselflansches und überträgt den Druckunter-  
schied durch Quecksilberauschlag. Die Dampfverbrauchskurve wird durch eine  
Schreibfeder aufgezeichnet und zugleich planimetriert. Der Messer wurde bei  
dem Versuche auf Wilhelmine Victoria benutzt; es stellte sich jedoch heraus, daß  
er für die in Frage kommenden Dampfmengen zu klein war und die Spitzen nicht  
anzeigte. Gegen seine Genauigkeit dürften dieselben grundsätzlichen Bedenken

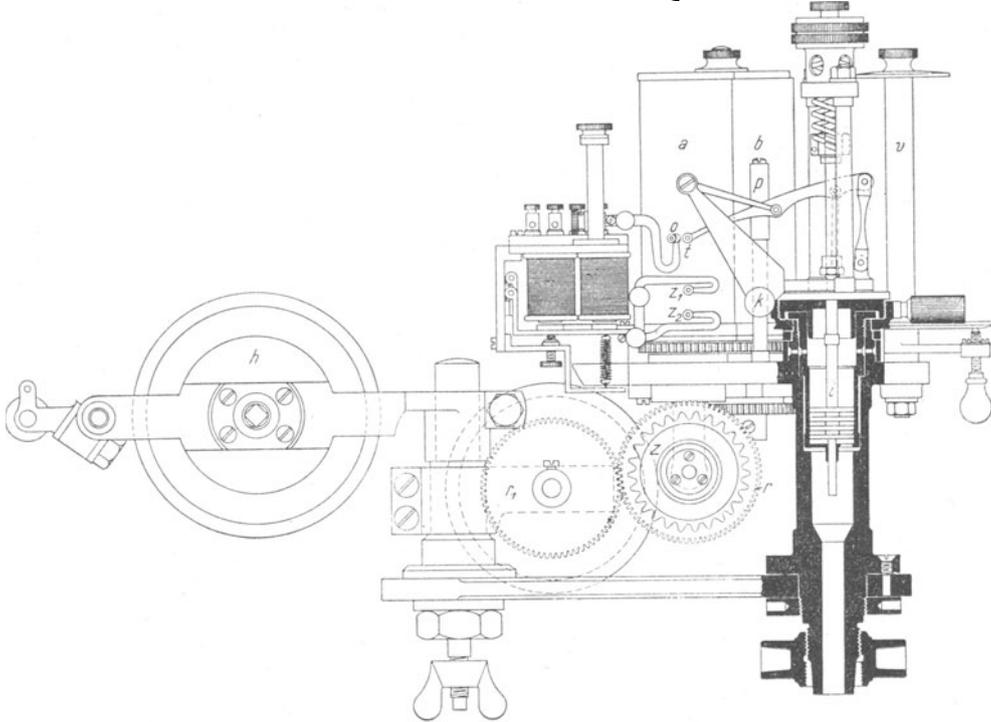


Fig. 54. Aufriß des Indikators mit fortlaufender Diagrammaufzeichnung.

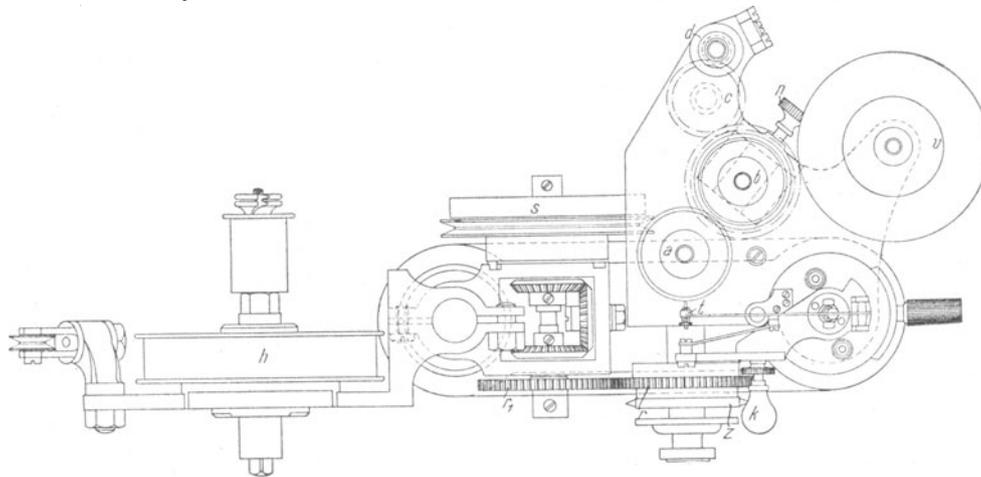


Fig. 55. Grundriß des Indikators mit fortlaufender Diagrammaufzeichnung.

<sup>1)</sup> s. Glückauf 1910 S. 1877; Z. d. V. d. I. 1909 S. 13 und 142.

zu erheben sein, die bei dem Messer von Hallwachs in bezug auf die Massenbeschleunigung und die sich daraus ergebenden Fehler geäußert worden sind.

Andere Dampfmesser als die beiden genannten wurden nicht untersucht. Es ist auch nicht anzunehmen, daß mit den s. Z. vorhandenen bessere Ergebnisse als mit den beiden genannten Messern erzielt worden wären.

Die Dampfmesserfrage ist somit nicht gelöst worden. Sie wird so lange ungelöst bleiben, bis es gelingt, einen Messer zu bauen, der sowohl bei gleichmäßiger als auch bei stoßweißer Dampfströmung, wenigstens so lange Druck und Temperatur unveränderlich sind, mit demselben Koeffizienten oder mit einer Meßteilung auskommt. Die Berichtigungen, die im praktischen Betriebe dann noch wegen des schwankenden Kesseldruckes und bei überhitztem Dampf wegen der auftretenden Temperaturunterschiede nötig sind, wird man gegebenenfalls in den Kauf nehmen können, da sie die Auswertung der Messungen wohl umständlicher machen, aber ihre Genauigkeit nicht beeinträchtigen.

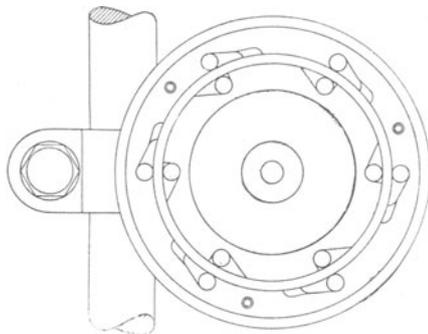


Fig. 56. Vorderansicht des Schaltwerkes

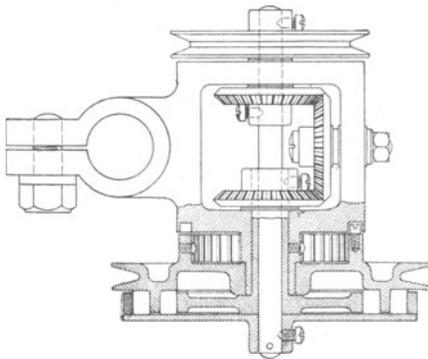


Fig. 57. Schnitt durch das Schaltwerk.

Kolbengeschwindigkeit der Fördermaschine und der zeitraubenden Auswertung der Diagramme nicht geeignet.

Nach Ueberwindung anfänglicher Schwierigkeiten gelang es der Firma Dreyer, Rosenkranz und Droop, G. m. b. H. zu Hannover, die gewünschten Indikatoren herzustellen. Ihre Bauart ist in den Fig. 54 bis 58 dargestellt. Der eigentliche Indikator *i* ist nach dem Patent Rosenkranz mit Momentverschluß und doppelt geführtem Lamellenkolben gebaut. Das Papierband für die Diagrammaufzeichnung wird proportional dem Kolbenweg in einer Richtung abgewickelt. Die Ausströmungs- und Kompressionslinie geht also nicht wie bei den gewöhnlichen Indikatoren rückwärts, sondern läuft in gleicher Richtung weiter,

Zur Feststellung der Maschinenleistung und des wechselseitigen Einflusses von Nutzlast, Massenbeschleunigung und Dampfausnutzung im einzelnen Zuge und weiter in den einzelnen Fahrzeiten waren, abgesehen von einem Dampfmesser, Indikatoren nötig, welche die Dampfentwicklung für den ganzen Zug klar und übersichtlich aufzeichnen. Die von den zur Verfügung stehenden Indikatoren fortschreitend aufgezeichneten versetzten Diagramme, gaben zwar ungefähr ein Bild von dem Verlauf der Dampfentwicklung; für eine rechnerische Behandlung, bei der sie zudem mit der betreffenden Geschwindigkeitskurve deckend zusammengebracht werden müssen, waren sie jedoch unzureichend. In Ermangelung besserer Einrichtungen wurden sie aber bei den ersten Versuchen benutzt. Gleichzeitig wurde jedoch der Bau von Indikatoren für die Aufzeichnung offener, fortlaufend aufgezeichneter Diagramme auf Wegbasis veranlaßt. Die vorhandenen derartigen Indikatoren, die auf Zeitbasis schreiben, waren für die Versuche wegen der wechselnden

so daß sich das nächste Diagramm anschließt, s. Fig. 59 und 60. Bei der vorliegenden Ausführung konnte die Diagrammlänge zwischen 100 und 140 mm gewählt werden. Der Hubverminderer war bis zu 2000 mm benutzbar.

Von einer Vorratstrommel *v* wird durch ein Walzenpaar *a* und *b* ein Papierband von 40 bis 50 m Länge abgewickelt. Die beiden Walzen sind durch

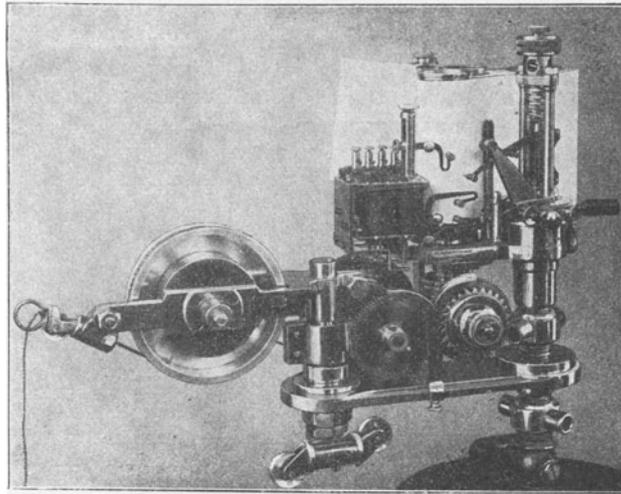


Fig. 58. Gesamtansicht des Indikators mit fortlaufender Diagrammaufzeichnung.

Zahneingriff verbunden. Die Walze *a* dient zugleich als Schreibtrommel für den Indikator *i*. Das Papierband nimmt seinen Weg hinter der Spannrolle *p* her, schlingt sich um die Walze *a* und von da um *b*, und läuft zuletzt bei der kleinen Walze *c* und der leitenden Walze *d* frei ab. Durch eine Stellvorrichtung *n* werden die Walzen *a* und *b* mit dem zur Mitnahme des Papierbandes nötigen Druck zusammengepreßt. Die Walze *b* ist, damit das Papier zuverlässig mitgenommen wird, mit Gummi überzogen. Die Kolbenbewegung wird durch den Hubverminderer *h* auf ein Schaltwerk *s* und von diesem durch ein Wendegetriebe unter Vermittlung der Zahnräder *r* und *r*<sub>1</sub> auf das Walzenpaar *a* und *b* übertragen. Die Einrichtung des Schaltwerkes zur Umwandlung der hin und

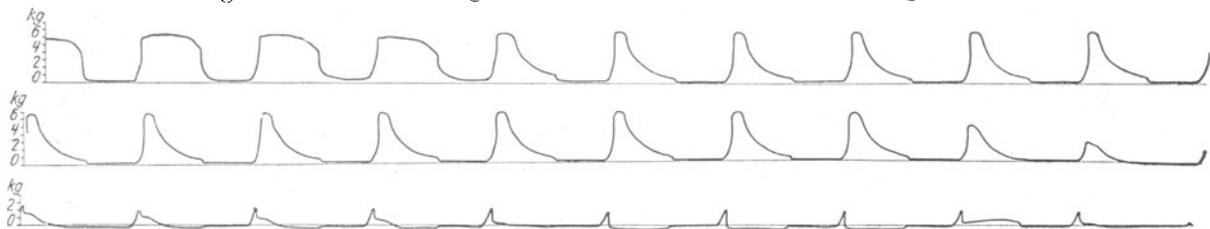


Fig. 59. Fortlaufend aufgezeichnetes Dampfdiagramm an der Kurbelseite des rechten Zylinders.

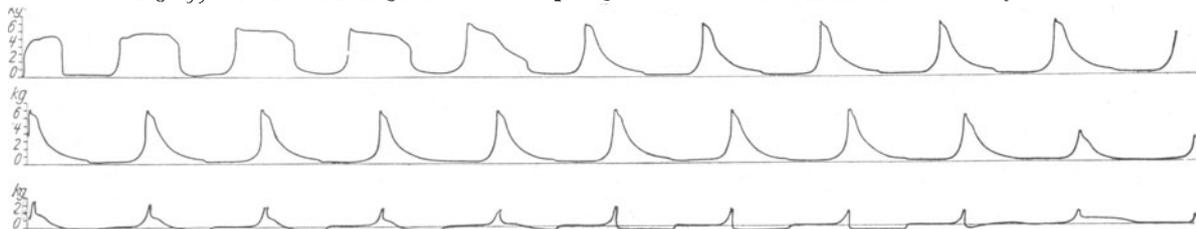


Fig. 60. Fortlaufend aufgezeichnetes Dampfdiagramm an der Deckelseite des linken Zylinders.

her gehenden Kolbenbewegung in eine proportionale geradlinig fortschreitende zeigen die Fig. 56 und 57.

Durch eine Anhaltevorrichtung mit dem Druckknopf  $k$  kann die Bewegung jederzeit unterbrochen werden.

Mit Hilfe des vor dem Rade  $r$  angeordneten Zahnrades  $z$  läßt sich mittels einer Gelenkkette ein weiterer Indikator ankuppeln.

Außer dem Indikatorschreibstift  $t$  sind noch ein von Hand einstellbarer Zeichenstift  $o$  für die Atmosphärenlinie sowie die elektrisch andrückbaren Zeichenstifte  $z_1$  und  $z_2$  zur Markenschreibung für die Zeit und für die Totpunktlagen angeordnet.

Für den Zeichenstift  $t$  des Indikators kann ebenfalls eine elektrisch zu bedienende Andrückvorrichtung angebracht werden. In Fig. 58 ist eine Aufnahme des betriebsfertigen Indikators wiedergegeben,

Einen Satz von Diagrammen, die während desselben Treibens an der Maschine mit dem Indikator aufgenommen sind, zeigen die Fig. 59 und 60. Die Diagramme werden mit Hilfe des Planimeters in der üblichen Weise ausgewertet. Man kann jedoch auch, um Zeit zu sparen, ein Rollkugelplanimeter benutzen, das die fortlaufende Umfahrung einer beliebig großen Anzahl von Diagrammen ermöglicht.

Die beschriebenen Indikatoren wurden bei den Versuchen auf Wilhelmine Victoria benutzt. Sie arbeiteten, abgesehen von einigen unwichtigen Mängeln, die sich leicht beseitigen lassen werden, einwandfrei und können bei der Untersuchung von Fördermaschinen und allen ähnlich arbeitenden Maschinen mit Nutzen verwandt werden<sup>1)</sup>.

### 1) Die Förderanlage der Zeche verein. Schürbank und Charlottenburg zu Aplerbeck.

#### 1) Beschreibung der Anlage.

Die untersuchte Zwilling's-Tandemaschine mit zylindrischen Trommeln ist an eine Zentralkondensation angeschlossen und arbeitet mit überhitztem Dampf von 12-at Druck. Die Förderteufe beträgt 602,8 m.

Die Maschine ist im Jahre 1907 von der Isselburgerhütte zu Isselburg, das Schachtgerüst, ein vierbeiniger Bock aus Walzeisen, Fig. 61 und 62, im Jahre 1906 von der Firma A. Klönne in Dortmund geliefert worden.

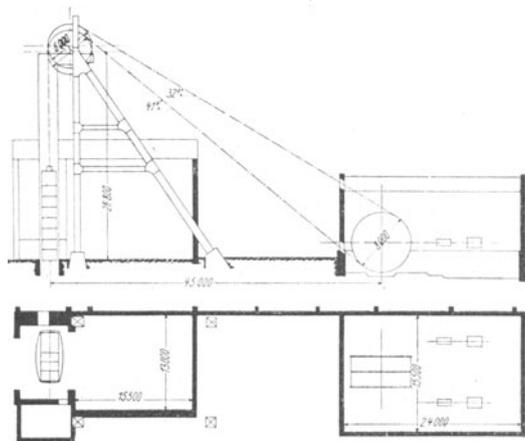


Fig. 61 und 62. Aufriß und Grundriß der Förderanlage.

<sup>1)</sup> Vergl. Stahl und Eisen 1910 S. 1620 und 1830.

Die beiden Trommeln sind für 800 m Teufe bemessen und haben bei einer Breite von 2 m einen Durchmesser von 8 m. Die Arme und der Kranz der Trommeln sind aus Schmiedeisen, die Nabe besteht aus Gußeisen. Als Belag ist Ulmenholz verwendet worden. Das Schwungmoment ( $GD^2$ ) beider Trommeln beträgt  $2460 \text{ tm}^2$ , ihr Gewicht je 86,8 t. Die Achse wiegt einschließlich der beiden Kurbeln 24,5 t. Die Scheibe macht bei der höchsten Fördergeschwindigkeit von rd. 17 m/sk 40,5 Uml./min.

Die Seilscheiben haben 6 m Dmr. Ihr Gewicht beträgt je 8,25 t und das Schwungmoment ( $GD^2$ ) je  $138 \text{ tm}^2$ . Die Scheiben haben einen Stahlgußkranz und schmiedeiserne Speichen. Die Einteilung der Schachtscheibe zeigt Fig. 63.

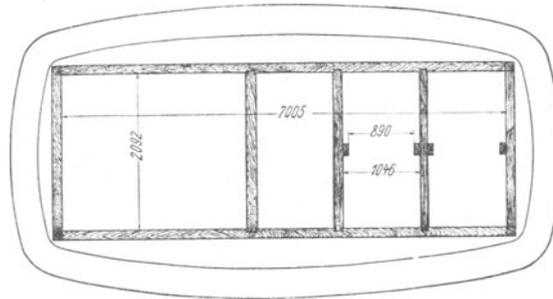


Fig. 63. Schachtscheibe.

Die Förderkörbe werden an den Seiten in Schuhen aus Schmiedeisen an Spurlatten aus Eichenholz geführt. Jeder Korb besitzt 8 Etagen mit je einem Wagen. Das Abziehen kann von einer oder von zwei Etagen erfolgen, sodaß 3 mal oder 7 mal umgesetzt werden muß. Am Füllort befinden sich Anschlußbühnen, Bauart Eickelberg. Bei Seilfahrt wird 3 mal umgesetzt. Ein Förderkorb wiegt einschließlich des Gehänges 6,64 t, das Zwischengeschirr 0,355 t und die Unterseilbefestigung 0,05 t. Unterhalb der Seilscheiben sind selbsttätige Aufsatzvorrichtungen für die Körbe eingebaut.

Die Zeche hat zwei Arten von Förderwagen in Betrieb, deren Gewicht und Inhalt verschieden sind. Als mittlere Gewichte der Wagen wurden festgestellt für:

1 alten Wagen mit Kohle . . . . .	0,944 t,
1 neuen Wagen mit Kohle . . . . .	1,024 t,
1 alten Wagen mit Bergen . . . . .	1,076 t,
1 neuen Wagen mit Bergen . . . . .	1,209 t,
1 alten Wagen leer . . . . .	0,291 t,
1 neuen Wagen leer . . . . .	0,322 t.

Ein alter Wagen faßte demnach 0,625 t und ein neuer Wagen 0,702 t Kohle. Das Verhältnis der alten Wagen zu den neuen Wagen war am Versuchstage wie 8 : 9. Danach betrug das rechnermäßige mittlere Gewicht eines Wagens mit Kohle 0,986 t und eines leeren Wagens 0,307 t und das des Inhalts an Kohle 0,679 t. Ein normaler Kohlenzug hatte mithin eine Nutzlast von 5,431 t.

Die zulässige Höchstbelastung bei der Seilfahrt gibt die Konzession zu 42 Mann an.

Das Oberseil ist ein Rundseil von 54 mm Dmr. Jede der 6 Litzen hat, abgesehen von einem Kerndraht, 3 Drähte von 2,6 mm Dmr. Das Gewicht des Seiles beträgt 9,75 kg/m. Die Bruchfestigkeit ist zu 170 kg/qmm gerechnet. Die rechnerische Gesamtbruchfestigkeit beträgt demnach 178,7 t, sodaß die Sicherheit für die ruhende Last bei der Produktenförderung 7,8 fach und für die

Höchstlast bei Seilfahrt 9,52 fach ist. Als Unterseil wird ein Flachseil von  $150 \times 26$  qmm Querschnitt mit gleichem Gewicht wie das Oberseil verwendet. Beide Seile sind aus Tiegelgußstahl gefertigt und werden geschmiert. Die größte Seilablenkung beträgt  $1^{\circ} 10'$ .

Für die Seilfahrt ist von der Bergbehörde eine Geschwindigkeit von 6 m/sk genehmigt worden.

Der Abstand der obersten Hängebank von den Seilscheibenmitten beträgt 25,2 und 26 m, die freie Höhe über dem Korbe in seiner obersten Stellung 12 m, das freie Stück im Sumpf bei der tiefsten Stellung 8 m.

Die gesamte umlaufende Masse des Aufzuges beträgt  $\frac{52,8}{9,81} = 5,38 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ , die auf- und niedergehende Masse  $\frac{37,1}{9,81} = 3,78 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ . Hiernach sind bei einem normalbelasteten Zuge  $9,16 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  zu beschleunigen und 5,4 t Nutzlast zu heben. In der Zahlentafel 15 sind die Gewichte und Schwungmomente im einzelnen zusammengestellt.

Zahlentafel 15.  
Gewichte und Schwungmomente des Aufzuges für 603 m  
Förderhöhe bei normaler Belastung.

		Gewicht	Schwungmoment ( $G D^2$ )	auf Seilmittle bezogenes Gewicht	auf Seilmittle bezogene Masse
		t	tm <sup>2</sup>	t	tm <sup>-1</sup> sk <sup>2</sup>
umlaufende Teile	1) 2 Trommeln von 8 m Dmr. . . . .	86,8	2460	38,4	3,92
	2) rd. 690 m Seil von 9,75 kg/m . . . .	6,7	—	6,7	0,68
	3) 2 Seilscheiben von 6 m Dmr. . . . .	16,5	276	7,7	0,78
	Summe 1 bis 3 . . . . .	110,0	—	52,8	5,38
auf- und abgehende Teile	4) 2 Förderkörbe einschl. Gehänge . . . .	13,3	—	13,3	1,36
	5) rd. 770 m Oberseil von 9,75 kg/m . . .	7,5	—	7,5	0,76
	6) rd. 620 m Unterseil von 9,75 kg/m . .	6,0	—	6,0	0,61
	7) 16 leere Förderwagen von je 0,307 t . .	4,9	—	4,9	0,50
	8) Inhalt von 8 Wagen mit Kohlen zu je 0,679 t . . . . .	5,4	—	5,4	0,55
Summe 4 bis 8 . . . . .	37,1	—	37,1	3,78	
Summe 1 bis 8 . . . . .	147,1	—	89,9	9,16	

Auf den Kranz der Trommeln wirkt an einem Durchmesser von 7,8 m eine vereinigte Dampf- und Gewichtsbremse. Die Dampfbremse hat nach Angabe der Firma bei 2,6 at Dampfspannung eine wirksame Bremskraft von rd. 21t und die Fallbremse eine solche von rd. 53 t. Bei einer Geschwindigkeit von 15 m/sk und 5,4 t Nutzlast ergibt sich für die Dampfbremse allein ein rechnerischer Bremsweg von 39 m, entsprechend einer Verzögerung von 2,9 m/sk<sup>2</sup>. Der Wirkungsgrad der Bremse ist dabei mit 0,9 und die Reibungsziffer zwischen Kranz und Bremsbacken zu 0,5 gerechnet.

Die Fördermaschine ist an eine Kesselanlage von 5 Zweiflammrohrkesseln mit je 91 qm Heizfläche angeschlossen. Der zulässige Betriebsdruck der Kessel, die mit Ueberhitzern von je 27,5 qm Heizfläche ausgestattet sind, beträgt 12 at. Die Hochdruckzylinder haben 850 und die Niederdruckzylinder 1250 mm Dmr., der Hub beträgt 2000 mm. Für sämtliche Zylindermäntel, für die Deckel und für den Zwischenbehälter ist Frischdampfheizung vorhanden. Die Ein- und Auslaßventile sitzen oberhalb und unterhalb der Zylinder. Die Maschine wird mit Knaggen gesteuert, die so ausgebildet sind, daß die Rollen für die Ventilhebel

in der Stirnlage zwischen den beiden Knaggen stehen, und daß bei Verschiebung der Knaggen zunächst Vollfüllung und darauf abfallend die Füllungen bis zur Normalfüllung gegeben werden. Die Umsteuerung wird durch einen Servomotor betätigt.

Die Fahrdiagramme werden durch einen Geschwindigkeitsmesser, Bauart Karlick, aufgeschrieben. Beim Uebertreiben der Körbe wird die Gewichtsbremse durch den Teufenzeiger ausgelöst. Sonstige Sicherheitseinrichtungen oder Fahrregler sind an der Maschine nicht vorhanden. Sie ist an eine zentrale Oberflächenkondensation angeschlossen, die 30000 kg/st Dampf in 1 st niederschlagen kann, und an die außer ihr noch die Separation, die Wäsche, die Brikettfabrik, zwei Ventilatoren und zwei Kompressoren angeschlossen sind. Die Abdampfleitung hat 475 mm Dmr. und rd. 80 m Länge, die Frischdampfleitung 250 mm Dmr. bei einer Länge von rd. 45 m.

### 2) Vorgesehene Leistungen der Anlage.

Von der Isseburger Hütte waren Zusicherungen für die Dampfverbrauchszahlen der Maschine weder gegeben noch verlangt worden. Sie hatte lediglich gewährleistet, daß die Maschine instande sei, einen Zug von 8 teils mit Kohlen, teils mit Bergen beladenen Wagen mit einer mittleren Geschwindigkeit von 10 m/sk zu fördern und diese Leistung auch bei einer Kesselspannung von 6 at gut zu erreichen.

### 3) Die Anordnung des Versuches.

Der Versuch begann am 8. Juli 1908 um 5 Uhr morgens mit der Seilfahrt und dauerte 24 st. Die Förderung und der Betrieb der Maschinenanlage entsprachen in jeder Beziehung dem gewöhnlichen Betrieb der Zeche.

Für die Fördermaschine waren 3 Kessel von der übrigen Batterie abge sondert worden. Das Speisewasser wurde gewogen. Die Spannung und die Dampftemperatur an den Kesseln und vor dem Absperrventil der Maschine, die Niederschlagmengen der Frischdampf- und Abdampfleitung, die gesamte Niederschlagmenge der Zentralkondensation, die Luftleere dort und an der Fördermaschine wurden gemessen. Das Gesamtkondensat der Zentralkondensation wurde von einem Wassermesser und der Dampfverbrauch der Antriebmaschine für die Kondensation von einem nicht selbst aufzeichnenden Dampfmesser, Bauart Hallwachs, abgelesen. Die Dampfungwicklung in den Zylindern wurde von Indikatoren mit versetzten Diagrammen und die Fördergeschwindigkeit von einem funkenschreibenden Spannungsmesser mit Bogenkoordinaten aufgezeichnet. Die Kesselabschlüsse wurden regelmäßig alle 2 Stunden und ferner zu Anfang und Ende der Seilfahrten und Schichten vorgenommen. Die übrigen Ablesungen erfolgten während des ganzen Versuches in Abständen von 15 min. Die Kondensationsanlage war wegen der übrigen angeschlossenen Maschinen auch während der Nachtschicht in Betrieb.

### 4) Versuchsergebnisse.

In 24 st wurden 282 Züge gemacht, davon entfielen auf die Produktförderung der Morgenschicht 202 und auf die der Nachmittagschicht 35 Züge. Im ganzen wurden 1839 leere Wagen und 14 Wagen mit verschiedenem Inhalt eingehängt. Gezogen wurden 1756 Wagen mit Kohle, 101 Wagen mit Bergen und 26 Wagen mit verschiedenem Inhalt (s. Zahlentafel 16).

Beim Wechsel der Schichten führen 665 Mann ein und 617 Mann zu Tage.

Zahlentafel 16.  
Zusammenstellung der Versuchsergebnisse für 24 Stunden.

Bezeichnung und Zeit des Meßabschnittes		Morgen-seilfahrt von 5 <sup>00</sup> bis 6 <sup>10</sup> = 1 st 10 min	Morgen-schicht von 6 <sup>10</sup> bis 2 <sup>05</sup> = 7 st 55 min	Mittag-seilfahrt von 2 <sup>05</sup> bis 3 <sup>15</sup> = 1 st 10 min	Mittag-schicht von 3 <sup>15</sup> bis 10 <sup>00</sup> = 6 st 45 min	Abend-seilfahrt von 10 <sup>00</sup> bis 10 <sup>50</sup> = 50 min	Nacht-schicht von 10 <sup>50</sup> bis 5 <sup>00</sup> = 6 st 10 min	in 24 st von 5 <sup>00</sup> bis 5 <sup>00</sup>
Förderung	1) gehobene Last . . . . . t	2,1	1598	41,4	254	9,4	0,8	1906
	2) eingehängte Last . . . . . »	37,3	485	13,5	87	1,2	3,2	627
	3) Nutzlast . . . . . »	-35,2 603	1113	27,9	168	8,2	-2,4	1279
	4) Förderhöhe . . . . . m	(480; 244)	603	(480; 244)	100677	603	600 (244)	603, 600
	5) geleistete Arbeit . . . . . tm	-20108	670858	16208	100677	4642	-498	771779
	6) mittlere Nutzlast in 1 st t	-30,2	141	23,9	24,8	9,8	-0,384	53
	7) Zugzahl . . . . .	12	202	13	35	6	14	282
	8) mittlere Nutzlast eines Zuges . . . . . t	-2,937	5,510	2,149	4,789	1,363	-0,169	4,535
	9) mittlere Zugzahl in 1 st	10,3	25,5	11,1	5,2	7,2	2,3	11,8
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . sk	105	55,7	104	71,3	107	—	—
	11) mittlere Fördergeschwindigkeit . . . . . m/sk	5,7	10,8	5,8	8,4	5,6	—	—
	12) mittlere Leistung . Schacht-PS	-63,8	313,8	51,5	55,2	20,6	-0,3	119,1
Dampfverbrauch	1) Speisewasserverbrauch . kg	2436	39467	3927	10542	1740	6453	64565
	2) Dampfwater der Frischdampfleitung . . . . . »	2	11	2	10	1	9	35
	3) tatsächl. Dampfverbrauch der Maschine . . . . . »	2434	39456	3925	10532	1739	6444	64530
	4) Zuschlag f. d. Anteil a. d. Antriebsmaschine d. Zentralkondensation . . . . . »	210	1425	210	1215	150	1110	4320
	5) rechnerischer Dampfverbrauch insgesamt . . . . . »	2644	40881	4135	11747	1889	7554	68850
	6) mittlerer Ueberdruck in den Kesseln . . . . . at	11,6	11,4	10,8	11,1	10,8	10,8	11,1
	7) mittlere Ueberhitzung an den Kesseln . . . . . °C	219	243	236	225	209	214	230
	8) Ueberhitzung vor dem Absperrventil . . . . . »	193	218	208	190	188	189	200
	9) Luftleere i. Kondensator vH	87	86,7	86,6	87,2	87,8	89,4	87,6
	10) Barometerstand . . . mm Hg	751	751,5	751,5	751,5	750	749	750,7
	11) rechn. Dampfverbrauch für einen Zug im Mittel kg	220,3	202,4	318,1	335,6	314,8	539,6	244,1
	12) rechn. Dampfverbrauch für 1 st im Mittel . . . . . »	2266	5164	3543	1740	2268	1225	2869
	13) rechn. Dampfverbrauch für 1 Schacht-PSst . . . . . »	(-)-35,49	16,46	68,8	31,50	109,9	(-)-4083	24,08

Die Förderung ging, abgesehen von einigen nebensächlichen Zügen, ausschließlich nach der 600 m-Sohle. Die geförderte Nutzlast betrug in den 24 st 1279 t entsprechend einer mittleren Leistung von 119 Schacht-PS, wovon auf die Morgenschicht 1113 t mit 314 Schacht-PS entfielen. An Kohle wurden insgesamt 1000 t und an Bergen 86 t gezogen. Die Nutzlast eines Zuges betrug im Mittel in 24 st 4,5 t und in der Morgenschicht allein, in der im Durchschnitt 141 t in 25,5 Zügen gefördert wurden, 5,5 t. In der Morgenschicht wurde von zwei Etagen gleichzeitig abgezogen und somit dreimal umgesetzt. In der übrigen Zeit wurde nur von einer Etage abgezogen und siebenmal umgesetzt. Bei flottem Betriebe dauerte ein Treiben 55 sk, das Umsetzen 65 bis 70 sk. Bei der Seilfahrt nahm ein Treiben 90 bis 110 und das Umsetzen 110 bis 150 sk in Anspruch.

In der Tafel 2 sind die einzelnen Züge und ihre Lasten auf Zeitbasis zusammengestellt.

In den Fig. 64 bis 67 ist eine Anzahl von Dampfdiagrammen von Zügen mit gleicher Belastung wiedergegeben, welche die verschiedene Fahrweise des Maschinisten und die Dampfwirkung erkennen lassen. Das Diagramm eines Seilfahrtzuges mit negativer Belastung zeigt Fig. 68.



Fig. 64. Dampfdiagramm der Deckelseite des linken Hochdruckzylinders von Zug Nr. 167 mit 5,6 t Nutzlast. 1 mm = 1 kg.



Fig. 65. Dampfdiagramm der Deckelseite des rechten Hochdruckzylinders von Zug Nr. 78 mit 5,4 t Nutzlast. 1 mm = 1 kg.

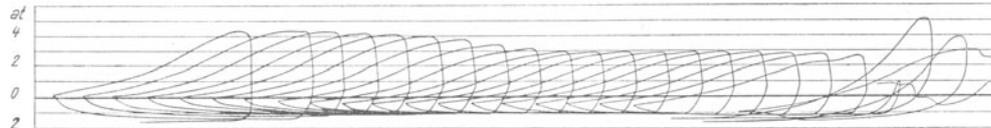


Fig. 66. Dampfdiagramm der Deckelseite des linken Niederdruckzylinders von Zug Nr. 248 mit 5,4 t Nutzlast. 2 mm = 1 kg.

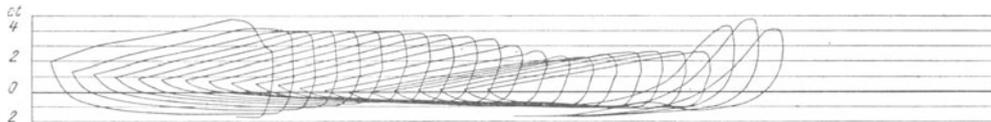


Fig. 67. Dampfdiagramm der Deckelseite des rechten Niederdruckzylinders von Zug Nr. 440 mit 5,4 t Nutzlast. 2 mm = 1 kg.

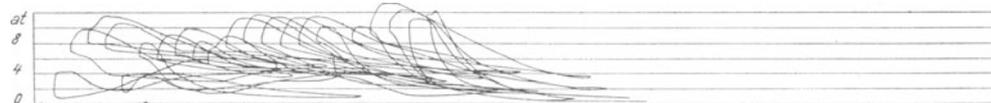


Fig. 68. Dampfdiagramm der Deckelseite des rechten Hochdruckzylinders von Zug Nr. 8 mit einer negativen Belastung von 3,1 t. 1 mm = 1 kg.

Der rechnerische Dampfverbrauch der Fördermaschine betrug in 24 st rd. 69 t, das sind 24,1 kg für 1 Schacht-PS-st. Davon wurden in der Morgenschicht 41 t, entsprechend 16,5 kg für 1 Schacht-PS-st und in der Nachmittagschicht 12 t bei 31,5 kg für 1 Schacht-PS-st benötigt. In der Nachtschicht wurden 7,5 t Dampf gebraucht. Der Dampfverbrauch in dieser Zeit war demnach im Verhältnis zur Nutzleistung und Zugzahl recht beträchtlich. Auf die Stunde entfielen 1,2 t, wovon der größte Teil auf Rechnung von Undichtigkeitsverlusten zu setzen sein wird.

Der Dampfdruck an den Kesseln war allgemein und auch während des Treibens nur geringen Schwankungen unterworfen. Er betrug im Mittel von 24 st 11,1 at Ueberdruck. Die Ueberhitzung an den Kesseln schwankte zwischen 210 und 240° C. Die Temperatur fiel bis zur Maschine während der Morgen-

schiebt um  $25^{\circ} \text{C}$ . Die Luftleere im Kondensator betrug im Mittel rd. 88 vH C des mittleren Barometerstandes von 750,7 mm Q.-S.

Die Frischdampfleitung schlug keine nennenswerten Mengen nieder. In dem Kondensator wurden in 24 st 235 t und in dem zugehörigen Oelabscheider 20 t Niederschlag gemessen. Die mit Dampf von 4,1 at mittlerem Ueberdruck betriebene Kondensatpumpe gebrauchte in 1 st durchschnittlich 747 kg Dampf. Der Anteil der Fördermaschine an dem Gesamtniederschlag von 255 t betrug somit, auf 24 st bezogen, 26 vH. Demnach wurden 26 vH des Dampfverbrauches der Kondensationsantriebsmaschine der Fördermaschine zugeschrieben. Ihr Dampfverbrauch erhöhte sich dadurch auf 68,8 t, d. h. um 6,7 vH. Man könnte zwar den Anteil der Fördermaschine am Dampfverbrauch der Kondensationsmaschine auch nach Schichten trennen oder nach den noch kürzern Abschnitten verrechnen, in denen eine gleichmäßige Belastung des Kondensators vorhanden war; dadurch würde jedoch in dem vorliegenden Falle keine nennenswerte Verschiebung der Endzahlen eintreten.

Die Fig. 69 und 70 enthalten Geschwindigkeitsdiagramme, die mit einem selbst aufzeichnenden Spannungsmesser aufgenommen und in gerade Koordinaten umgezeichnet sind. Die Werte für Zeit, Weg, Geschwindigkeit und mitt-

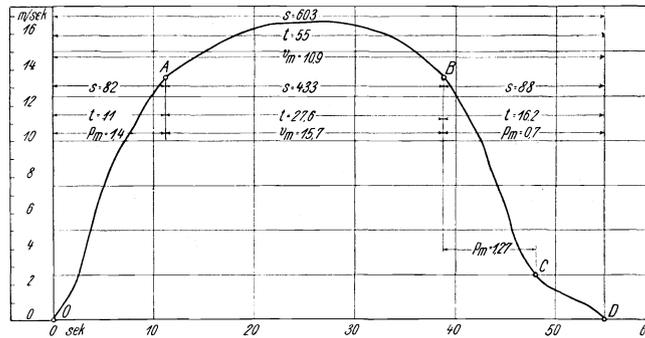


Fig. 69. Geschwindigkeitsdiagramm eines Zuges mit 4,7 t Nutzlast.

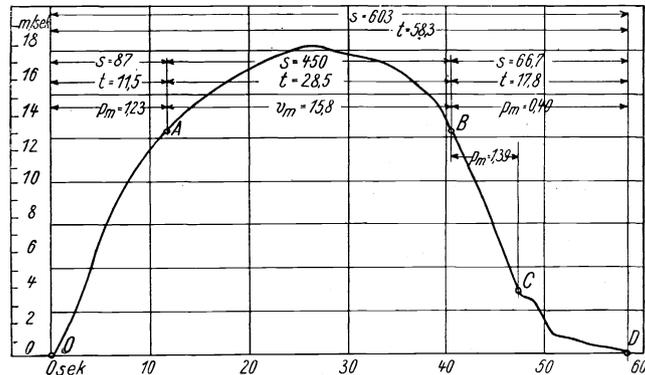


Fig. 70. Geschwindigkeitsdiagramm eines Zuges mit 6 t Nutzlast.

lere Beschleunigung sind in den Figuren vermerkt. In Fig. 69 beträgt die Nutzlast 4,7 t, die Beschleunigung beim Anfahren  $1,4 \text{ m/sk}^2$ , die größte Geschwindigkeit  $16,7 \text{ m/sk}$  und die mittlere Verzögerung  $0,7 \text{ m/sk}^2$ . Die einzelnen Förderabschnitte des Treibens sind allerdings, da der Maschinist die Leistung der Maschine allmählich verringerte, nicht scharf voneinander zu trennen. In Fig. 70 beträgt die Nutzlast 6 t, die Beschleunigung von O bis A  $1,23 \text{ m/sk}^2$ ,

die Geschwindigkeit von *A* bis *B* im Mittel 15,8 m/sk, die Verzögerung beim Gegendampfgaben von *B* bis *C* 1,39 m/sk<sup>2</sup> und von *B* bis *D* 0,40 m/sk<sup>2</sup>. Die Beschleunigung beim Anfahren geht bis 1,8 m/sk<sup>2</sup>, die Höchstgeschwindigkeit bei der vollen Fahrt bis 17,6 m/sk herauf. Bei der Höchstbeschleunigung werden demnach (vergl. Zahlentafel 15)  $9,2 \cdot 1,8 = 16,5$  t der effektiven Umfangskraft der Maschine in Seilmitte auf die Massenbeschleunigung und  $6 \text{ t} = 27 \text{ vH}$  der Gesamtkraft von  $16,5 + 6 = 22,5$  t zum Lastheben verwandt. Der Prozentsatz ist naturgemäß abhängig von der jeweiligen Beschleunigung. So werden von *O* bis *A* im Mittel  $1,23 \cdot 9,2 = 11,3 \text{ t} = \text{rd. } 65 \text{ vH}$  der Gesamtkraft für die Massenbeschleunigung und 35 vH zum Lastheben ausgenutzt. Bei *B* sind an kinetischer Energie  $\frac{9,2 \cdot 12,7^2}{2} = 740 \text{ tm}$  aufgespeichert. Der verbleibende Förderweg beträgt rd. 67 m, zum Lastheben können also noch  $67 \cdot 6 = 400 \text{ tm}$  verbraucht werden. Für diese 67 m stehen daher noch  $740 - 400 = 340 \text{ tm}$  oder  $\frac{340}{67} = 5 \text{ t}$  in Seilmitte zur Verfügung. Von diesen 5 t wird ein Teil zur Ueberwindung der Schacht- und Maschinenwiderstände ausgenutzt; der Rest muß durch Gegendampf vernichtet werden<sup>1)</sup>.

## II) Die Förderanlage der Zeche Julia, Schacht II, in Herne.

### 1) Beschreibung der Anlage.

Die Zeche gehört der Harpener Bergbau-Aktien-Gesellschaft zu Dortmund.

Zur Untersuchung kam die Zwillings-Tandemaschine des Schachtes II, die mit zylindrischen Trommeln und Seilausgleich ausgerüstet ist. Die Maschine ist von der Isselburger Hütte zu Isselburg im Jahre 1906 erbaut worden und

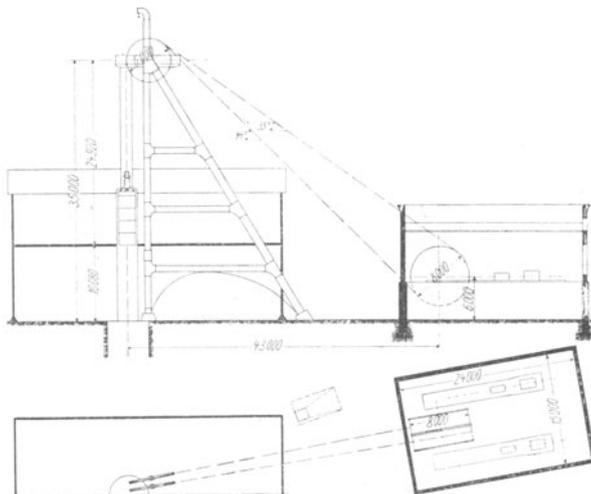


Fig. 71 und 72. Aufriß und Grundriß der Förderanlage.

<sup>1)</sup> Zum »Gegendampfgaben« wird zwar kein Dampf gebraucht, da die Maschine ähnlich wie ein Kompressor arbeitet; ein Verlust entsteht aber durch die Vernichtung der kinetischen Energie, zu deren Aufspeicherung beim Anfahren Dampf erforderlich gewesen ist. Die Größe dieser Verluste richtet sich bei gleichen Förderzeiten nach der jeweiligen Nutzlast; sie sind am geringsten bei der größten Nutzlast. Sie lassen sich bei einer Trommelmaschine nicht vermeiden, falls man den Zug innerhalb angemessener Zeitgrenzen beenden will. Darin liegt ein wirtschaftlicher Nachteil der Trommelmaschine gegenüber der Koepeförderung; ein weiterer Nachteil besteht darin, daß sie für gleiche Anfahrzeiten und Lasten größere Abmessungen haben muß.

entspricht in der Ausführung und sämtlichen Abmessungen der Maschine auf Schürbank & Charlottenburg; jedoch beträgt die Dampfspannung nur 10 at, der Dampf ist gesättigt. Statt einer Zentralkondensation arbeitet hier die Maschine mit Auspuff. Gefördert wird aus 400 m Teufe.

Das Fördergerüst ist ein vierbeiniger Bock aus Walzeisen, Fig. 71 und 72. Der Abstand der obersten Hängebank von Seilscheibenmitte beträgt 25 m, die freie Höhe über dem Korb in seiner höchsten Stellung 16 m, das freie Stück im Sumpf in seiner tiefsten Stellung 7 m.

Die Trommeln haben 8 m Dmr. und sind je 2 m breit. Das Schwungmoment ( $GD^2$ ) beträgt im ganzen 2480 tm<sup>2</sup> und das Gewicht 89,7 t. Die Fördergeschwindigkeit erreicht im Höchsthalle 15 m/sk, entsprechend 36 Uml./min der Trommel.

Die Seilscheiben haben 6 m Dmr. und bestehen im Kranz aus Stahlguß, in den Speichen aus Schmiedeeisen. Eine Scheibe wiegt 7,65 t, das Schwungmoment ( $GD^2$ ) ist zu 138 tm<sup>2</sup> angegeben. Die Einteilung der Schachtscheibe geht aus Fig. 73 hervor.

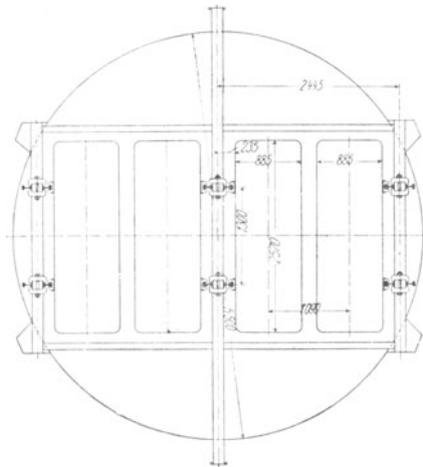


Fig. 73. Schachtscheibe.

Die Körbe, die einseitig durch Stahlklauen an Schienen geführt werden, haben 4 Etagen für je 2 Wagen hintereinander. Bei Produktenförderung und Seilfahrt wird dreimal umgesetzt. Ein Förderkorb einschließlich Gehänge wiegt 6,7 t, das Zwischengeschirr 0,375 t und die Unterseilbefestigung 0,33 t. Bei der Produktenförderung werden Schachtfallen benutzt, die selbsttätig zurückfallen.

Als mittlere Gewichte wurden ermittelt für

1 Wagen Kohle . . . . .	0,835 t
1 leeren Wagen . . . . .	0,309 t
1 Wagen mit Bergen . . . . .	1,016 t.

Der Inhalt an Kohle betrug demnach für einen Wagen 525 kg und die Nutzlast eines Normalzuges 4,208 t. Die Höchstbelastung einer Schale bei Seilfahrt beläuft sich auf 42 Mann.

Für die Seilfahrt ist von der Bergbehörde eine Geschwindigkeit von 6 m/sk genehmigt worden.

Das Oberseil ist ein Rundseil von 57 mm Dmr. und hat 7 Litzen mit 24 tragenden Drähten von 2,7 mm und 6 Drähten von 1,9 mm Dmr. Sein Gewicht

beträgt 10,75 kg/m und die rechnerische Bruchfestigkeit 170 kg/qmm oder 184 t für den Gesamtquerschnitt. Die Sicherheit für ruhende Last gibt die Seilfahrtkonzession für Seilfahrt als 10,9 fach und für Produktenförderung als 9 fach an. Das Unterseil ist ein Bandseil von 120 × 25 mm Querschnitt und gleichem Gewicht wie das Oberseil. Als Material ist für beide Seile, die geschmiert werden, Tiegelgußstahl verwandt worden. Die größte Seilablenkung erreicht 1° 30'.

Die gesamte umlaufende Masse beträgt in Seilmitte  $\frac{51,8}{9,81} = 5,28 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ , die auf- und niedergehende Masse bei Normallast  $\frac{33,2}{9,81} = 3,39 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ . Die nähern Angaben enthält die Zahlentafel 17.

Zahlentafel 17.  
Gewichte und Schwungmomente des Aufzuges für 409 m Förderhöhe bei normaler Belastung.

		Gewicht	Schwungmoment ( $GD^2$ )	auf Seilmitte bezogenes Gewicht	Masse in Seilmitte
		t	tm <sup>2</sup>	t	tm <sup>-1</sup> sk <sup>2</sup>
umlaufende Teile	1) 2 Trommeln von 8 m Dmr. . . . .	89,7	2480	38,8	3,94
	2) rd. 490 m Seil von 10,75 kg/m . . .	5,3	—	5,3	0,54
	3) 2 Seilscheiben von 6 m Dmr. . . . .	15,3	276	7,7	0,78
	Summe 1 bis 3 . . . . .	110,3	—	51,8	5,28
auf- und abgehende Teile	4) 2 Förderkörbe einschl. Gehänge . . .	13,4	—	13,4	1,37
	5) rd. 580 m Oberseil von 10,75 kg/m . .	6,2	—	6,2	0,63
	6) rd. 420 m Unterseil von 10,75 kg/m .	4,5	—	4,5	0,46
	7) 16 leere Förderwagen von je 0,309 t	4,9	—	4,9	0,50
	8) Inhalt von 8 Wagen mit Kohlen zu je 0,526 t . . . . .	4,2	—	4,2	0,43
	Summe 4 bis 8 . . . . .	33,2	—	33,2	3,39
Summe 1 bis 8 . . . . .		143,5	—	85,0	8,67

Auf den Kranz der Treibscheibe wirkt an einem Durchmesser von 8 m eine vereinigte Dampf- und Fallgewichtbremse. Die Dampfbremse hat nach Angabe der Isselburger Hütte bei 2,6 at Ueberdruck auf Seilmitte bezogen, eine wirksame Bremskraft von 21,8 t, die Fallbremse von 41,0 t. Bei einem Zuge mit normaler Nutzlast und 15 m/sk Geschwindigkeit ergibt sich demnach ein Bremsweg bei alleiniger Wirkung der Dampfbremse von 37,7 m, entsprechend einer Verzögerung von 3,0 m/sk<sup>2</sup>. Der Wirkungsgrad der Bremse ist dabei zu 0,9, die Reibungsziffer zwischen Kranz und Bremsbacken zu 0,5 gerechnet.

Die Fördermaschine ist an eine Batterie von 6 Einflammrohrkesseln angeschlossen, für die 10 at Ueberdruck genehmigt sind.

Die Abmessungen der Maschine sind aus dem Versuchsbericht über die Anlage auf Schürbank und Charlottenburg zu entnehmen (vergl. S. 62).

2) Vorgesehene Leistungen der Anlage.

Die Maschine, die zurzeit des Versuches aus 400 m Teufe förderte, soll später aus 800 m fördern. Zusicherungen für Dampfverbrauch und Leistung waren bei der Lieferung weder verlangt noch gegeben worden.

3) Anordnung des Versuches.

Der Versuch begann am 9. Oktober 1908 um 4<sup>45</sup> Uhr morgens kurz vor der Seilfahrt und erstreckte sich über 24 st. Die Förderung und der Betrieb der Maschine entsprachen dabei den gewöhnlichen Verhältnissen der Zeche.

Von der Kesselbatterie waren 5 Kessel durch Blindflansche abgetrennt worden. Das Speisewasser wurde gewogen. Ferner war ein selbstaufzeichnender Dampfmesser, Bauart Hallwachs, in die Frischdampfleitung eingebaut. Das Dampf- wasser der Frischdampfleitung und die Dampfspannung wurden in der üblichen Weise bestimmt und die Zylinder ebenso wie beim vorhergehenden Versuche von Zeit zu Zeit durch Indikatoren für fortlaufend aufzeichnende versetzte Dia- gramme indiziert. Zur Geschwindigkeitsmessung wurde hier zum ersten Mal der eingangs (vergl. S. 3) beschriebene Morsedrucker benutzt.

#### 4) Versuchsergebnisse.

Im ganzen sind 600 Züge gemacht worden. Davon entfielen auf die Morgenschicht 246 und auf die Nachmittagschicht 260 Züge. Es wurden 3703 leere Wagen, 142 Wagen mit Bergen, 156 Wagen mit Schrot, 63 Förderwagen und Teckel mit Holz, 32 Stempel von 9 Fuß Länge und 24 Wagen mit ver- schiedenem Inhalt eingehängt. Gezogen wurden 4011 Wagen mit Kohle, 57 leere Teckel, 8 Wagen mit Bergen sowie 17 Wagen leer oder mit verschiedenem Inhalt. Beim Schichtwechsel fuhren 1231 Mann ein und 1204 Mann zu Tage.

Die Produktenförderung und die Seilfahrt gingen ausschließlich nach der 400 m-Sohle, die Materialzüge der Nachtschicht nach verschiedenen Sohlen. Die geförderte Nutzlast betrug im ganzen 1900 t, entsprechend einer Leistung von 120 Schacht-PS. Davon entfielen auf die Morgenschicht 925 t mit 187 und auf die Mittagschicht 979 t mit 198 Schacht-PS. In der Nachtschicht wurde mehr Last eingehängt als gehoben. Die Lasten der einzelnen Züge sind aus der Tafel 2 zu entnehmen. Auf die Gesamtförderung entfielen 2100 t Kohle, sowie 195 t Berge und Schrot. Während der beiden Hauptschichten ging eine flotte Förderung ohne nennenswerte Unterbrechung um. In der Nachmittagschicht wurden in 1 st im Mittel 130 t in 34,7 Zügen von je 3,8 t Nutzlast gehoben. Die Nutzlast stieg bei einzelnen Zügen ausnahmsweise bis 6,7 t. Die mittlere Nutzlast eines Zuges blieb um 0,4 t hinter der Normallast eines Kohlenzuges von 4,2 t zurück. Ein Treiben dauerte bei flottem Betrieb während der Produktenförderung rd. 40 bis 50 sk und während der Seilfahrt 70 bis 80 sk. Das Umsetzen nahm während der Produktenförderung 45 bis 50 sk und bei der Seilfahrt 160 bis 165 sk in An- spruch. In beiden Fällen wurde dreimal umgesetzt.

Der rechnerische Dampfverbrauch der Maschine betrug in 24 st 89 t und in der Nachmittagschicht, wo die Förderung am stärksten war, 40 t. Auf 1 Schacht-PS-st bezogen, ergeben sich im Mittel 31 kg für den ganzen Tag und 26,8 kg für die Nachmittagschicht. Die Kondensatmenge der Frischdampfleitung stellte sich in 24 st auf 4,5 t und in der Nachmittagschicht auf 1,5 t. Der rech- nerische Dampfverbrauch betrug in den  $5\frac{3}{4}$  st der Nachtschicht, in denen 10,7 t Nutzlast in 46 Zügen (vergl. die Darstellung der Belastung auf Tafel 2) eingehängt wurden, 7,1 t. Auf 1 st entfiel somit in dieser Zeit ein Dampfver- brauch von 1,2 t (s. Zahlentafel 18).

Die Fig. 74 bis 77 zeigen die Indikator diagramme verschiedener Kohlen- züge und die Fig. 78 und 79 2 zusammenhörige Diagramme eines Seilfahrtzuges mit annähernd gleicher Last auf beiden Schalen. Bei den beiden ersten Dia- grammen, die von normal belasteten Kohlenzügen genommen sind, fuhr der Maschinist mit Vollfüllung an, drosselte in der Mitte und gab am Schluß noch während dreier Umläufe Gegendampf. Der Spannungsunterschied zwischen Anfang und Mitte des Treibens beträgt bei dem dritten Diagramm 3 at und bei dem ersten 5 at gegenüber 9,5 at Eintrittspannung beim Beginn des Treibens.

Zahlentafel 18.  
Zusammenstellung der Versuchsergebnisse für 24 Stunden.

Bezeichnung und Zeit des Meßabschnittes		Morgen- seilfahrt von 4 <sup>45</sup> bis 6 <sup>00</sup> = 1 st 15 min	Morgen- schiebt von 6 <sup>00</sup> bis 1 <sup>30</sup> = 7 st 30 min	Mittag- seilfahrt von 1 <sup>30</sup> bis 2 <sup>30</sup> = 1 st	Mittag- schiebt von 2 <sup>30</sup> bis 10 <sup>00</sup> = 7 st 30 min	Abend- seilfahrt von 10 <sup>00</sup> bis 11 <sup>00</sup> = 1 st	Nacht- schiebt von 11 <sup>00</sup> bis 4 <sup>45</sup> = 5 st 45 min	in 24 st von 4 <sup>45</sup> bis 4 <sup>45</sup>
Förderung	1) gehobene Last . . . . . t	37,0	1606	41,8	1724	33,8	26,3	3469
	2) eingehängte Last . . . . . »	52,5	681	38,1	745	15,3	37,0	1569
	3) Nutzlast . . . . . »	-15,5	925	3,7	979	18,5	-10,7	1900
	4) Förderhöhe . . . . . m	409	409	409	409	409 (316,6)	409 (317) (306) (93)	409 (399) (317) (306) (93)
	5) geleistete Arbeit . . . . . tm	-6340	378492	1504	400693	7588	-6530	7754 8
	6) mittlere Nutzlast in 1 st t	-12,4	123	3,7	130	18,5	-1,9	79
	7) Zugzahl . . . . . »	19	246	14	260	15	46	600
	8) mittlere Nutzlast eines Zuges . . . . . »	-0,815	3,758	0,263	3,765	1,235	-0,233	3,167
	9) mittlere Zugzahl in 1 st	15,2	32,8	14	34,7	15	8	25
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . . sk	76,3	46,7	78,6	47,3	74,8	—	—
	11) mittlere Fördergeschwindigkeit . . . . . m/sk	5,4	8,8	5,2	8,7	5,5	—	—
	12) mittlere Leistung . Schacht-PS	-18,78	186,91	5,57	197,9	28,11	—	119,66
Dampfverbrauch	1) Speisewasserverbrauch . . . kg	2300	39000	1400	41300	1400	8050	93450
	2 a) Dampfwater a. d. Dampfsammler . . . . . »	106	675	91	710	100	493	2175
	2 b) Dampfwater a. d. Frischdampfleitung . . . . . »	229	485	33	498	30	251	1526
	2 c) Dampfwater a. d. Wasserabscheider . . . . . »	79	253	20	284	22	183	841
	2 d) Gesamtdampfwater zwisch. Kesseln und Maschine . . »	414	1413	144	1492	152	927	4542
	3) rechner. Dampfverbrauch d. Maschine . . . . . »	1886	-37578	1256	39808	1248	7123	88908
	4) mittlerer Ueberdruck in den Kesseln . . . . . at	9,2	9,5	9,7	9,3	9,4	9,4	9,4
5) rechner. Dampfverbrauch für einen Zug im Mittel . . . kg	99,3	152,8	89,7	153,1	83,2	154,8	148,2	
6) rechner. Dampfverbrauch für 1 st im Mittel . . . . . »	1509	5012	1256	5308	1248	1239	3705	
7) rechner. Dampfverbrauch für 1 Schacht-PSst . . . . . »	(-180,4	26,82	225,5	26,82	44,4	—	30,96	

Dieser Spannungsabfall, der im wesentlichen auf die Drosselung durch den Maschinisten zurückzuführen ist<sup>1)</sup>, schließt natürlich einen erheblichen Energieverlust ein.

Fig. 80 gibt das Geschwindigkeitsdiagramm eines normal beladenen Kohlenzuges wieder. Die Beschleunigung beträgt von O bis A während 31 m 1,41 m/sk<sup>2</sup>, von A bis B während 122 m 0,59 m/sk<sup>2</sup>, von O bis B im ganzen 1,07 m/sk<sup>2</sup>, die mittlere Geschwindigkeit von B bis C 15,0 m/sk, die Verzögerung von C bis D unter dem Einfluß des Gegendampfes 1,04 m/sk<sup>2</sup> und von C bis E 0,54 m/sk<sup>2</sup>. Zu dem in Fig. 80 wiedergegebenen Geschwindigkeitsdiagramm gehört das in Fig. 74 dargestellte Hochdruckdiagramm.

Der Dampfverbrauch von 27 kg für 1 Schacht-PS-st in der Hauptförderschicht erscheint für eine modern gebaute Maschine recht beträchtlich. Man muß

<sup>1)</sup> Ein geringer Teil davon entfällt auf die Druckverminderung in den Kesseln infolge der verstärkten Dampfentnahme während des Treibens und auf die Strömungsverluste in den Zuleitungen.

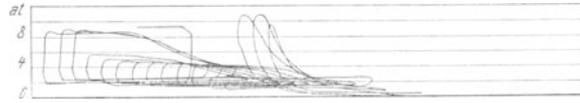


Fig. 74. Dampfdiagramme der Deckelseite des linken Hochdruckzylinders von Zug Nr. 336 mit 4,2 t Nutzlast. 1 mm = 1 kg.

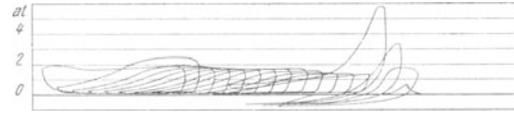


Fig. 75. Dampfdiagramm der Deckelseite des linken Niederdruckzylinders von Zug Nr. 92 mit 4,2 t Nutzlast. 2 mm = 1 kg.

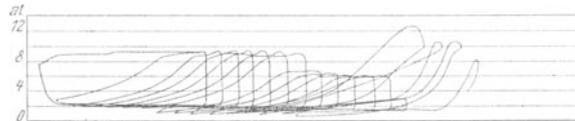


Fig. 76. Dampfdiagramm der Kurbelseite des rechten Hochdruckzylinders von Zug Nr. 339 mit 4,2 t Nutzlast. 1 mm = 1 kg.

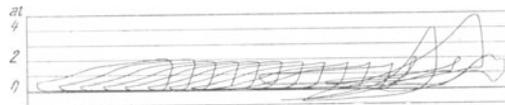


Fig. 77. Dampfdiagramm der Deckelseite des rechten Niederdruckzylinders von Zug Nr. 186 mit 3,6 t Nutzlast. 2 mm = 1 kg.

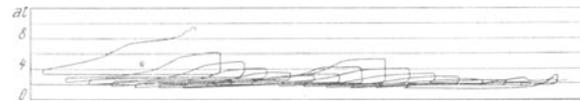


Fig. 78. Dampfdiagramm der Kurbelseite des linken Hochdruckzylinders von Seilfahrtzug Nr. 267 mit 0 t Nutzlast. 1 mm = 1 kg.



Fig. 79. Dampfdiagramm der Kurbelseite des linken Niederdruckzylinders von Seilfahrtzug Nr. 267 mit 0 t Nutzlast. 2 mm = 1 kg.

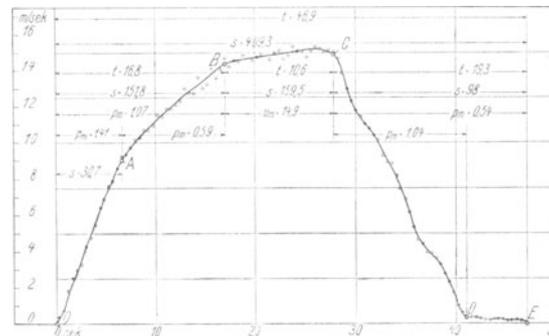


Fig. 80. Geschwindigkeitsdiagramm des Zuges Nr. 336 mit 4,2 t Nutzlast.

jedoch bei diesen Zahlen beachten, daß die Schachtleistung von 198 PS nicht sehr hoch und die mittlere Nutzlast für einen Zug mit 3,8 t recht niedrig ist; auf Schürbank und Charlottenburg zog z. B. die gleiche Maschine in der Schicht 5,5 t mit jedem Zuge aus 602 m Teufe und leistete dabei 314 Schacht-PS. Dazu kommen die hohen Drosselverluste in der Mitte des Treibens. Diese hätten sich bei einer den Abmessungen der Maschine entsprechenden Nutzlast vermeiden lassen. Aber auch bei der vorhandenen niedrigen Nutzlast hätte der Dampf besser ausgenutzt werden können. Zwar kann der Maschinist, um Drosselverluste zu vermeiden, die Füllung nicht beliebig verringern, da hierdurch die Expansion unter die Nulllinie getrieben und der Ungleichförmigkeitsgrad unzulässig erhöht werden würde; wohl aber würde er, um die für die betreffende Maschine günstigste Füllung auszunutzen, den Zug mit anderen Beschleunigungszahlen als den in Fig. 80 angegebenen fahren können. Er hätte etwa bei *A* mit dieser günstigsten Füllung einsetzen und diese von *A* bis etwa *C* einhalten müssen. Die Beschleunigung von *A* bis *C* wäre dann im Mittel geringer ausgefallen, als von *A* bis *B* und größer als von *B* bis *C*. Die Höchstgeschwindigkeit wäre gegebenenfalls um ein geringes Maß gestiegen.

Ferner ist bei Beurteilung der Dampfzahlen zu beachten, daß infolge der Größe der Trommelmassen die Verluste, die mit dem Gegendampfgaben zusammenhängen, bei niedrigen Nutzlasten besonders hoch ausfallen. Außerdem fällt, allgemein betrachtet, ins Gewicht, daß die untersuchte Maschine ohne Kondensation und ohne Ueberhitzung arbeitet, und daß für die nur teilweise erfolgende Ausnutzung der Abdampfwärme zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers Abzüge auf die Dampfverbrauchzahlen nicht gemacht worden sind. Zudem wird bei einer so niedrigen Teufe wie der vorliegenden der Dampfverbrauch unter sonst gleichen Umständen im Verhältnis immer bedeutend höher ausfallen als bei einer großen Teufe, weil der Abschnitt in der Mitte des Treibens, der die günstigste Füllung und dementsprechend die günstigste Dampfausnutzung ermöglicht, nur kurze Zeit anhalten kann.

Für eine ins einzelne gehende Rechnung, in der die verschiedenartigen und wechselseitigen Einflüsse aller dieser Momente geklärt werden könnten, fehlten wegen der unzulänglichen Meßeinrichtungen die Unterlagen.

### **III) Die Förderanlage des Schachtes Amalie zu Essen-West der Zeche Helene und Amalie.**

#### **1) Beschreibung der Anlage.**

Die Anlage gehört der Gewerkschaft Helene-Amalie in Bergeborbeck.

Zur Untersuchung kam eine Zwillings-Tandemaschine mit Koepescheibe, die aus 548 m Teufe förderte. Der Abdampf der Maschine geht zusammen mit dem einiger anderer Maschinen durch einen Wärmespeicher auf eine Abdampfturbine; die Fördermaschine kann jedoch auch mit Auspuff betrieben werden. Der Ueberdruck an den Kesseln beträgt 8 at. Der Dampf kann bis auf 270° C überhitzt werden.

Die Fördermaschine und die Turbine sind im Jahre 1907 von der Gutehoffnungshütte gebaut worden.

Das Schachtgerüst, Fig. 81 u. 82, besteht aus drei Gelenkböcken. Der Abstand der obersten Hängebank von den Seilscheibenmitten beträgt 17,3 und 24,3 m, die freie Höhe bis zu den Prellträgern 9,7 m und das freie Stück im Sumpf bei tiefster Korbstellung 10 m.

Die ganz aus Stahlguß hergestellte Koescheibe hat 7 m Dmr. Ihr Gewicht beträgt 25 t, das Schwungmoment ( $GD^2$ ) 560 tm<sup>2</sup>. Bei der Höchstgeschwindigkeit von rd. 16 m/sk macht sie 44 Uml./min.

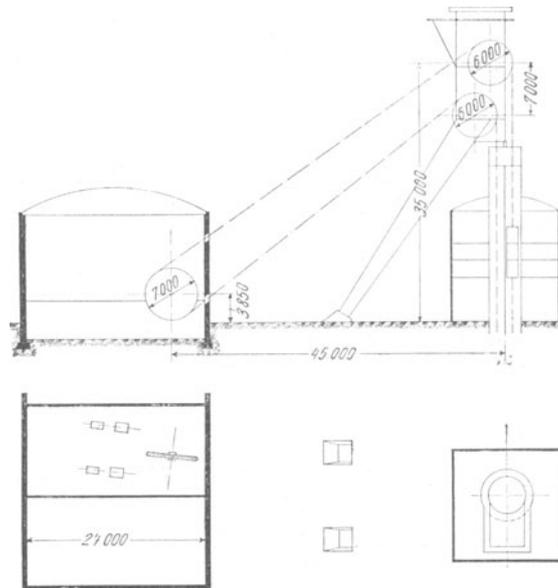


Fig. 81 und 82. Aufriß und Grundriß der Förderanlage.

Die Seilscheiben haben 6 m Dmr., Kranz und Arme aus Schmiedeeisen und eine gußeiserne Nabe. Das Schwungmoment ( $GD^2$ ) einer Scheibe beträgt 110 tm<sup>2</sup> und das Gewicht 8 t.

Die Einteilung der Schachtscheibe zeigt Fig. 83.

Die Förderkörbe haben 3 Etagen für je zwei Wagen nebeneinander. Sie wiegen einschl. der Verbindungsstücke je 7,15 t, das Zwischengeschirr 0,85 t und die Unterseilbefestigung 0,65 t. Die Körbe haben Seitenführung in Stahl-

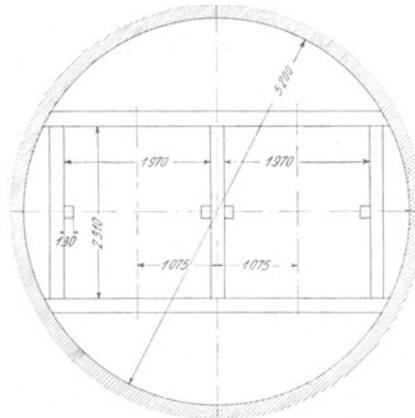


Fig. 83. Schachtscheibe.

schuhen an Pitchpine-Spurlatten. Bei der Produktenförderung wird zweimal umgesetzt und bei der Seilfahrt von sämtlichen drei Hängebänken Gebrauch gemacht. Am Füllort sind Anschlußbühnen, Bauart Eickelberg, und an der Hängebank Aufsatzvorrichtungen von Beien eingebaut; die Aufsatzvorrichtungen werden jedoch nicht benutzt.

Im Mittel wiegt

1 Wagen mit Kohle . . . . .	0,887 t
1 Wagen mit Bergen . . . . .	1,210 t
1 leerer Wagen . . . . .	0,340 t.

Der Inhalt eines Wagens an Kohle beträgt somit 0,547 t und die Nutzlast eines normalen Kohlenzuges 3,282 t. Bei Seilfahrt sind die Schalen bei Höchstbelastung mit 42 Mann besetzt.

Das Oberseil ist ein Rundseil von 55 mm Dmr.; es hat 6 Litzen mit je 30 Drähten von 2,7 mm Dmr. und wiegt 9,8 kg/m. Die Bruchfestigkeit beträgt 149,4 kg/qmm oder 154 t für den ganzen Querschnitt. Die Sicherheit bei ruhender Last ist demnach bei der Produktenförderung 8,56fach und bei der Seilfahrt 9,55 fach. Das Unterseil ist ein Flachseil von 178 × 24 qmm Querschnitt und gleichem Gewicht wie das Oberseil. Beide Seile sind aus Tiegelgußstahl gefertigt und werden geschmiert. Die Seilablenkung ist annähernd gleich 0°.

Für die Seilfahrt ist von der Bergbehörde eine Geschwindigkeit von 8 m/sk genehmigt worden.

Die gesamte umlaufende Masse des Aufzuges berechnet sich zu  $\frac{17,5}{9,81}$  = 1,78 tm<sup>-1</sup> sk<sup>2</sup>. Die auf- und abgehende Masse auf  $\frac{34,3}{9,81}$  = 3,5 tm<sup>-1</sup> sk<sup>2</sup> und die Gesamtmasse auf 5,28 tm<sup>-1</sup> sk<sup>2</sup>. Die in Betracht kommenden näheren Angaben hierfür enthält die Zahlentafel 19.

Zahlentafel 19.

Gewichte und Schwungmomente der Aufzuges für 554 m Förderhöhe bei normaler Belastung.

	Gewicht	Schwungmoment (GD <sup>2</sup> )	auf Seilmitte bezogenes Gewicht	Masse in Seilmitte
	t	tm <sup>2</sup>	t	tm <sup>-1</sup> sk <sup>2</sup>
umlaufende Teile	1) 1 Köepescheibe von 7 m Dmr. . . . .	25,0	11,4	1,16
	2) 2 Seilscheiben von 6 m Dmr. . . . .	16,0	6,1	0,62
	Summe 1 und 2 . . . . .	41,0	17,5	1,78
auf- und abgehende Teile	3) 2 Förderkörbe einschl. Gehänge . . . . .	14,3	14,3	1,46
	4) rd. 710 m Oberseil von 9,8 kg/m . . . . .	7,0	7,0	0,71
	5) rd. 570 m Unterseil von 9,8 kg/m . . . . .	5,6	5,6	0,57
	6) 12 leere Förderwagen von je 0,340 t . . . . .	4,1	4,1	0,42
	7) Inhalt von 6 Wagen mit Kohlen zu je 0,547 t . . . . .	3,3	3,3	0,34
	Summe 3 bis 7 . . . . .	34,3	34,3	3,50
	Summe 1 bis 7 . . . . .	75,3	51,8	5,28

Auf die Treibscheibe wirkt eine Dampfbremse, die mit einer Gewichtsbremse vereinigt ist. Der Bremskranz hat 16,6 m Dmr., die wirksame Bremskraft der Dampfbremse beträgt für 7 at 19,15 t. Der Bremsweg berechnet sich für 15 m/sk Umfangsgeschwindigkeit und 3,6 t aufwärtsgehende Nutzlast zu 26 m, entsprechend einer Verzögerung von 4,3 m/sk<sup>2</sup>. Der Wirkungsgrad der Bremse ist dabei mit 0,9 und die Reibungsziffer zwischen Bremsbacken und Scheibenkranz ist dabei zu 0,45 gerechnet. Die wirksame Bremskraft der Fallbremse ist zu 19,9 t angegeben, so daß die Bremskraft bei gleichzeitiger Wirkung beider Bremsen rechnerisch ungefähr verdoppelt wird.

Die Fördermaschine ist an eine Batterie von 17 Zweiflammrohrkesseln angeschlossen, die insgesamt 1528 qm Heizfläche besitzen. Zu den Kesseln

gehört ein Ueberhitzer von 300 qm Heizfläche, der die Dampftemperatur auf 270° C steigern kann; im gewöhnlichen Betriebe beträgt die Ueberhitzung allerdings nur 250° C. Der Ueberhitzer kann von der Kesselbatterie abgeschaltet werden, so daß dann gesättigter Dampf in die Maschinen strömt.

Die Hochdruckzylinder haben 700 und die Niederdruckzylinder 1200 mm Dmr. bei 1600 mm Hub. Für die Zylindermäntel und Deckel sowie für den Zwischenbehälter ist Frischdampfheizung vorgesehen, die aber gewöhnlich nicht eingeschaltet wird. Die Maschine hat Knaggensteuerung und zur Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit einen Regler, Bauart Hartung. Die Ventilkästen sitzen oberhalb und unterhalb der Zylinder. Die Knaggen geben beim Verschieben auf der Steuerwelle zuerst bei kleinem Ventilhub die zum Manövrieren erwünschte Füllung bis zu 90 vH; durch weiteres Verschieben auf der Steuerwelle werden bei vollem Ventilhub Füllungen bis etwa 70 vH und darauf allmählich kleinere Füllungen eingestellt. Die Umsteuerung erfolgt unter Zwischenschaltung eines Servomotors.

Beim Uebertreiben der Körbe und außerdem bei zu großer Geschwindigkeit in der Nähe der Hängebank wird die Dampfbremse durch eine mit dem Teufenanzeiger verbundene Sicherheitsvorrichtung ausgelöst. Ferner befindet sich an der Maschine eine weitere Sicherheitsvorrichtung, Bauart Schütz, die den Steuerhebel in Abhängigkeit vom Teufenanzeiger selbsttätig und für normale Belastung und normalen Dampfdruck rechtzeitig in die Nullstellung zurückführt und außerdem während der vollen Fahrt die Füllung der Normallast entsprechend regelt. Endlich ist ein Geschwindigkeitsmesser, Bauart Horn, vorhanden, der die Förderzüge und ihre Geschwindigkeit dauernd aufzeichnet.

Der Abdampf der Fördermaschine geht zusammen mit dem Abdampf zweier Kompressoren in einen Wärmespeicher für den Betrieb einer Abdampfturbine. Bei Mangel an Abdampf wird im Wärmespeicher selbsttätig Frischdampf zugesetzt, sobald der Druck unter 1,2 at abs. fällt. Die Abdampfturbine soll 750 KW bei 1500 Uml./min abgeben. An die Turbine schließt sich ein Oberflächenkondensator, der in 1 st bis zu 12000 kg Dampf bei einer Luftleere von 92 vH niederzuschlagen vermag.

## 2) Vorgesehene Leistungen der Anlage.

Zur Zeit des Versuches betrug die Förderhöhe 554 m; die Maschine soll später aus 678 m Teufe fördern, und zwar soll sie dann eine Nutzlast von 110 t in 31 Zügen, d. i. 3,6 t in einem Zuge ziehen. Die Beschleunigung beim Anfahren soll dann 0,98 m/sk<sup>2</sup>, die Geschwindigkeit bei der vollen Fahrt 12 m/sk, die Verzögerung bei freiem Auslauf 0,94 m/sk<sup>2</sup> und die Zeit für das Umsetzen 46 sk betragen. Diese Leistung soll bei einer verringerten Füllung von 25 vH beim Auffahren sowie von 12,5 vH bei der vollen Fahrt und bei freiem Auslauf erzielt werden. Die Gutehoffnungshütte hat gewährleistet, daß der Dampfverbrauch bei der angegebenen Förderleistung und 678 m Teufe bei 7 at Ueberdruck am Absperrventil, bei Betrieb mit Satttdampf und Auspuff sowie bei gleichzeitigem Abziehen von sämtlichen drei Etagen 17,5 kg für 1 Schacht-PS-st nicht übersteigen soll.

Für den Dampfverbrauch bei einer Teufe von 554 m waren keine Zusicherungen gegeben worden.

## 3) Anordnung des Versuches.

Man beabsichtigte, den Dampfverbrauch unter dem Einfluß verschiedener Betriebsverhältnisse, d. h. bei angeschlossener Abdampfturbine, bei Auspuff,

bei Satttdampf und bei überhitztem Dampf festzustellen. Zu diesem Zwecke wurden 4 Einzelversuche gemacht.

Versuch 1 war ein 24-stündiger Versuch mit angeschlossener Abdampfturbine bei Betrieb mit Satttdampf. Während der Produktenförderung war die Turbine angeschlossen, die jedoch nur den Abdampf der Fördermaschine erhielt.

Versuch 2 fand unter gleichen Verhältnissen mit überhitztem Dampf statt.

Versuch 3. Am 5. Oktober 1909 wurde ein 8-stündiger Versuch während der Morgenschicht bei Betrieb mit Satttdampf und angeschlossener Abdampfturbine vorgenommen. Die Turbine lief während dieser Zeit mit  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{3}{4}$  ihrer Normalbelastung. An den Wärmespeicher waren außer der Fördermaschine noch 2 derart belastete Kompressoren angeschlossen, daß der Druck im Wärmespeicher sich durchgehend auf normaler Höhe hielt. Die Kompressoren mußten überlastet werden, weil eine Vorrichtung zum Messen des betriebsmäßigen Frischdampfzusatzes nicht anzubringen war. Für die Nachmittagschicht wurden die Untersuchungen an der Fördermaschine ausgesetzt, während die Versuche an der Abdampfturbine bei normal belasteten Kompressoren und Frischdampfzusatz keine Unterbrechung erfuhren.

Versuch 4 wurde mit 8 st Dauer am 6. Oktober 1909 während der Produktenförderung der Morgenschicht bei Betrieb der Maschine mit Satttdampf und Auspuff ins Freie vorgenommen.

Bei den Versuchen 1, 2 und 4 waren 5 Kessel mit 500 qm Heizfläche für den Betrieb der Fördermaschine abgeflanscht, was bei dem Versuch 3 der Lage des Ueberhitzers wegen nicht möglich war; daher wurde bei Versuch 3 die gesamte Kesselanlage an die Fördermaschine angeschlossen. Während der Versuche 1 und 2 wurde zur Bestimmung des Dampfverbrauches und parallel damit das gesamte Dampfwasser gemessen. Bei Versuch 3 stellte man nur den Gesamtniederschlag und bei Versuch 4 nur den Speisewasserverbrauch fest. Außerdem wurden, wie üblich, der Niederschlag der Rohrleitungen und der Bremse, die Ueberhitzung, der Druck im Wärmespeicher und die Luftleere im Kondensator bestimmt. Für die Feststellung des Druckes im Wärmespeicher fand ein selbstaufzeichnendes Federmanometer, dessen Zuverlässigkeit zuvor geprüft war, Verwendung.

#### 4) Versuchsergebnisse.

Bei den Versuchen 1 und 2, bei denen die Turbine nur den Abdampf der Fördermaschine erhielt, war ihr Betrieb nicht durchgehend aufrecht zu erhalten. In größeren Förderpausen reichten die Abdampfmengen der Fördermaschine auch für den Leerlauf nicht aus, der Kondensator zog die Luftleere bis zum Wärmespeicher durch, und die Fördermaschine arbeitete daher zeitweise mit außergewöhnlich niedrigem Gegendruck. Die ermittelten Versuchszahlen geben aus diesem Grunde keine einwandfreien Unterlagen für eine vergleichende Beurteilung der Leistung von Maschine und Turbine unter den verschiedenen Betriebsverhältnissen. Von einer Veröffentlichung dieser Zahlen ist daher Abstand genommen worden, so daß sich der Bericht auf die beiden achtstündigen Versuche 3 und 4 beschränkt. Erwähnt sei jedoch, daß der rechnerische Dampfverbrauch der Maschine in der Nachtschicht bei Versuch 1 in  $6\frac{1}{4}$  st 3,0 t und bei Versuch 2 in  $6\frac{1}{2}$  st 1,5 t betrug. Bei Versuch 1 wurden in dieser Zeit 12 Züge von je 0,1 t und beim 2. Versuch 2 Züge von je 0,5 t mittlerer Nutzlast gemacht. Der Dampfverbrauch in der Nachtschicht war demnach im ganzen und

im Verhältnis wesentlich größer als auf Schürbank und Charlottenburg und auf Julia. Allerdings waren auf Helene und Amalie, wo der Versuch gleichzeitig als Abnahmeversuch galt, sämtliche Ventile vorher nachgesehen und in Ordnung gebracht worden.

Versuch 3. Die Maschine erhielt Sattedampf, die Turbine wurde durch den Abdampf der Fördermaschine und zweier Kompressoren betrieben. Der Versuch erstreckte sich über die Produktenförderung der Morgenschicht. Er begann um 6 Uhr vormittags und endete um 2 Uhr nachmittags. In dieser Zeit wurden 217 Züge gemacht, 1089 leere Wagen, 27 Wagen mit Holz und 18 Wagen mit verschiedenem Inhalt eingehängt und 1260 Wagen Kohle sowie 6 Wagen mit verschiedenem Inhalt gehoben. Die Förderung ging ausschließlich nach der 548 m-Sohle. Die Nutzlast betrug 724 t bei 186 Schacht-PS. Von der Gesamtförderung entfielen 690 t auf Kohle. Die Nutzlast für einen Zug stellte sich im Mittel auf 3,3 t und erreichte ausnahmsweise 5,3 t. Ein Zug dauerte bei flottem Betriebe 55 bis 60 sk, die Förderpause, falls keine Störung eintrat, 40 bis 45 sk.

Der rechnerische Dampfverbrauch der Maschine belief sich im ganzen auf 37 t und für 1 Schacht-PS/st 24,7 kg; der Ueberdruck an den Kesseln betrug 7,5 at, der Ueberdruck vor dem Absperrventil der Maschine während des Treibens etwa 7,1 at und der Gegendruck im Wärmespeicher 1,32 at abs. Die einzelnen Zahlen für die Förderung und den Dampfverbrauch enthält die Zahlentafel 20.

Zahlentafel 20. Ergebnisse des Versuches 3<sup>1)</sup>.

Versuchsdauer: 6 Uhr morgens bis 2 Uhr nachmittags = 8 st.

Förderung:		Dampfverbrauch:	
gehobene Last . . . . .	1120 t	Speisewasserverbrauch . . . . .	38540 kg
eingehängte Last . . . . .	397 »	Dampfwasser aus Frischdampf-	
Nutzlast . . . . .	724 »	leitung und Maschine . . . . .	1860 »
Förderhöhe . . . . .	554 m	rechnerischer Dampfverbrauch .	36680 » <sup>1)</sup>
geleistete Arbeit . . . . .	400847 tm	Dampfwasser der Bremse . . . . .	222 »
mittlere Nutzlast in 1 st . . . . .	90,4 t	mittl. Ueberdruck in den Kesseln	7,5 at
Zugzahl . . . . .	217	mittl. Druck im Wärmespeicher	1,32 at abs.
mittlere Nutzlast eines Zuges	3,336 »	rechnerischer Dampfverbrauch	
mittlere Zugzahl in 1 st . . . . .	27,1	im Mittel für 1 st . . . . .	4585 kg <sup>1)</sup>
mittlere Dauer eines Zuges		rechnerischer Dampfverbrauch	
ohne Umsetzen . . . . .	58,3 sk	im Mittel für einen Zug . . . . .	169 » <sup>1)</sup>
mittl. Fördergeschwindigkeit	9,5 m/sk	rechnerischer Dampfverbrauch	
mittlere Leistung . . . . .	185,6 Schacht-PS	für 1 Schacht-PSst . . . . .	24,7 » <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Ohne Berücksichtigung der Turbinenleistung und bei Abzug des Dampfwassers aus der Maschine.

Die Abdampfturbine arbeitete in der Morgenschicht zweimal je 1 st mit  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{3}{4}$  Belastung, in der Nachmittagschicht zweimal 1 st mit Vollast und  $\frac{1}{4}$  st mit Ueberlastung. Die einzelnen Belastungsstufen folgten nicht unmittelbar aufeinander, da der Umbau der elektrischen Meßgeräte einige Zeit erforderte. Die Turbine brauchte bei  $\frac{1}{2}$  Last 21,5 kg, bei  $\frac{3}{4}$  Last 19,8 kg, bei Vollast 18,3 kg und bei Ueberlastung 17,8 kg Dampf für 1 KW-st. Die Versuchszahlen sind im einzelnen in Zahlentafel 21 wiedergegeben. Der Kondensator benötigte für den Betrieb der Luftpumpe und der Kühlwasserpumpe im Mittel 73 KW. Rechnet man mit einer stündlichen Abdampflieferung der Fördermaschine von 4585 kg und mit einem Dampfverbrauch der Turbine von 18,5 kg für 1 KWst, so werden der Fördermaschine im günstigsten Falle  $\frac{4585}{18,5} = \text{rd. } 248 \text{ KW}$  für 1 st zugute gerechnet werden können. Bei entsprechender Verteilung des Energieverbrauches

Zahlentafel 21.  
Leistung der Abdampfturbine bei Versuch 3.

	7 <sup>03</sup> —7 <sup>59</sup>	7 <sup>59</sup> —9 <sup>00</sup>	10 <sup>00</sup> —10 <sup>59</sup>	10 <sup>59</sup> —11 <sup>57</sup>	2 <sup>40</sup> —3 <sup>39</sup>	3 <sup>39</sup> —4 <sup>36</sup>	5 <sup>45</sup> —6 <sup>03</sup>
Zeit des Versuches . . . . .	1/2	1/2	3/4	3/4	1/1	1/1	Ueberlast
Belastung der Turbine . . . . .	11,5	11,5	11,0	10,5	11,5	11,5	12,5
Verbrauch für die Erregung . . . KW	74	74	73	74	72	72	71
Verbrauch der Kondensation . . . »	350	395	565	570	735	740	920
von der Turbine abgegebene Leistung, an den Klemmen gemessen . . . KW	7200	8400	10800	10800	13200	13200	4800
Gesamtdampfwater . . . . . kg	7742	8280	10989	11134	13431	13838	16397
Dampfwater für 1 st . . . . . »	0,15	0,22	0,11	0,17	0,18	0,16	0,27
Druck des Dampfes vor Eintritt in die Turbine . . . . . at	745,5	743,6	744	744	742,3	741,9	741
Barometerstand . . . . . mm Q.-S.	93,6	93,7	91,5	90,9	89,7	88,8	87,8
Luftleere . . . . . vH <sup>1)</sup>	22,12	20,96	19,43	19,53	18,27	18,70	17,80
bei der jeweiligen Luftleere erreichter Dampfverbrauch für 1 KWst . . . »	23,31	22,12	19,86	19,76	18,19	18,36	—
Dampfverbrauch für 1 KWst, umgerechnet auf 90 vH Luftleere . . . » <sup>2)</sup>	23,0	23,0	—	—	17,5	17,5	—
gewährleisteter Dampfverbrauch f. 1 KWst bei 0,1 at Ueberdruck und 90 vH Luftleere . . . . . »							

<sup>1)</sup> Auf den Barometerstand bezogen.

<sup>2)</sup> Für 1 vH Unterschied in der Luftleere sind der Dampfverbrauchszahl 1,5 vH zugute gerechnet worden.

der Kondensationsmaschine entfallen auf die Fördermaschine  $\frac{248}{730} = 34$  vH von 73 KW = 25 KW als Anteil; nutzbar sind also noch  $248 - 25 = 223$  KW. Man könnte nun 1 KWst mit rd. 7 kg Frischdampf in Rechnung stellen, dann würde die Fördermaschine  $7 \times 223 = 1561$  kg Dampf in Wirklichkeit weniger gebraucht haben, so daß sich der rechnerische Dampfverbrauch auf  $4585 - 1561 = 3024$  kg = 16,3 kg für 1 Schacht-PS-st statt auf 24,7 kg stellen würde. Der Anschluß der Abdampfturbine würde dann gegenüber dem Auspuffbetrieb eine Ersparnis von 34 vH bedeuten. Tatsächlich stellen sich die Verhältnisse aber anders. Der Betrieb der Fördermaschine liefert wegen der unvermeidlichen Stillstände und der wechselnden Belastung von Zug zu Zug in den seltensten Fällen gleichmäßige Dampfmen gen. Im vorliegenden Falle lieferten die Kompressoren einen Teil des erforderlichen Abdampfes. Sobald aber wegen Mangels an Abdampf Frischdampf zugesetzt wird, muß dieser Frischdampf minderwertig gemacht werden. Er leistet also, um eine Zahl zu nennen, nicht für 7 kg Dampf 1 KWst, sondern wie im vorliegenden Falle, erst für etwa 18 kg. Wenn man demnach nicht genügend Abdampf zur Verfügung hat und dem Gesamtverbrauch der Turbine bei normaler Belastung der Kompressoren im ganzen 39 vH Frischdampf zusetzen muß, so kann man mit Frischdampf und Abdampf zusammen nicht mehr leisten als mit der betreffenden Frischdampfmenge allein.

Außerdem ist bei einer derartigen Anlage wohl zu beachten, daß eine Kondensation, die unmittelbar auf die Fördermaschine arbeitet, also unter Ausschluß der Kosten für eine Turbinenanlage Dampfersparnisse herbeiführt, zumal durch die Einschaltung eines Wärmespeichers der Gegendruck in der Maschine gesteigert und ihr Dampfverbrauch ungünstig beeinflusst wird; besonders trifft dies zu, wenn, wie im vorliegenden Falle, der Abdampfspeicher zu klein ist. Ferner ist zu berücksichtigen, daß bei Auspuffbetrieb, gegebenenfalls durch Benutzung des Abdampfes zum Vorwärmen von Kesselspeisewasser und zu sonstigen Heizzwecken, nicht unerhebliche weitere Wärmemengen nutzbar gemacht werden können.

In den Fig. 84 und 85 sind Indikatordiagramme für Hochdruck- und Niederdruckzylinder wiedergegeben; der durch den Wärmespeicher hervorgerufene Gegendruck ist deutlich erkennbar, besonders durch Vergleich mit Fig. 85. Fig. 86 zeigt das Geschwindigkeitsdiagramm eines Zuges bei Normallast. Die

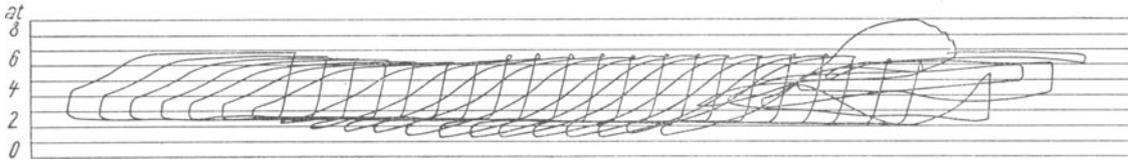


Fig. 84. Dampfdiagramm der Kurbelseite des linken Hochdruckzylinders von Zug Nr. 134 mit 3,282 t Nutzlast. 2 mm = 1 kg.

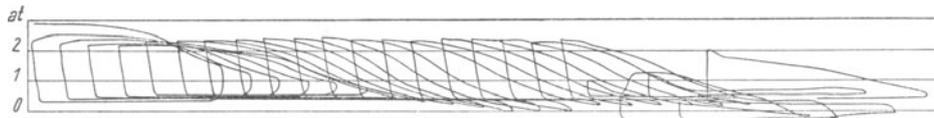


Fig. 85. Dampfdiagramm der Kurbelseite des rechten Niederdruckzylinders von Zug Nr. 82 mit 3,282 t Nutzlast. 4 mm = 1 kg.

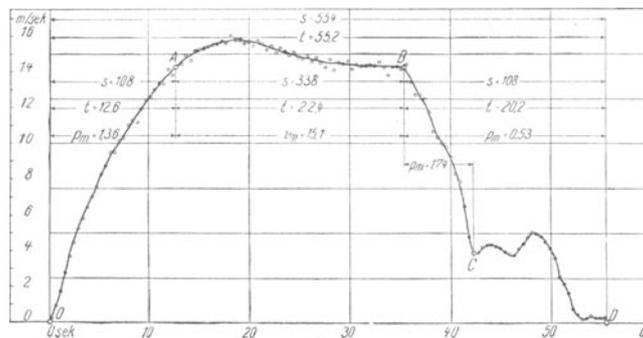


Fig. 86. Geschwindigkeitsdiagramm eines Zuges mit normaler Nutzlast.

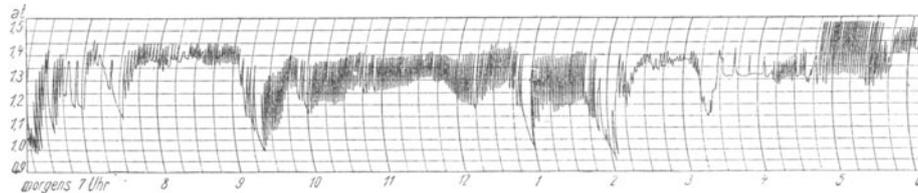


Fig. 87. Schaulinie für den Verlauf des Gegendruckes im Wärmespeicher.

Figuren geben ein anschauliches Bild von der wenig befriedigenden Fahrweise des Maschinisten mit Gegendampf.

Fig. 87 enthält das Druckdiagramm des Wärmespeichers. Aus den Spitzen des Diagramms ist jeder Zug der Fördermaschine und die hervorgerufene Druckerhöhung deutlich zu erkennen.

Versuch 4. Die Maschine wurde mit Satttdampf und Auspuff betrieben. Der Versuch erstreckte sich auf die Produktenförderung der Morgenschicht. Er begann um 6 Uhr vormittags und endete um 2 Uhr nachmittags. Bei den gefahrenen 240 Zügen wurden 1305 leere Wagen, 29 Wagen mit Holz sowie 16 Wagen mit verschiedenem Inhalt eingehängt und 1374 Wagen mit Kohle und 11 Wagen sowie verschiedenem Inhalt gehoben. Die Förderung ging ausschließlich nach der 548 m-Sohle. Die Nutzlast betrug im ganzen 758 t bei einer mittleren Leistung von 184 Schacht-PS. Von der Gesamtförderung entfielen

750 t auf Kohle. Die Nutzlast stellte sich auf 95 t/st, entsprechend je 3,16 t in 30 Zügen. Der rechnerische Dampfverbrauch betrug rd. 38 t im ganzen und 23,0 kg für 1 Schacht-PSst.

Der Ueberdruck in den Kesseln stand auf 7,6 at und fiel während des Treibens an der Maschine um etwa 0,4 at. Die einzelnen Werte für Leistung und Dampfverbrauch enthält die Zahlentafel 22.

Die Fig. 88 und 89 zeigen Indikator diagramme von Hoch- und Niederdruckzylinder, während Fig. 90 ein Geschwindigkeitsdiagramm wiedergibt. Die Fahrweise des Maschinisten war in diesem Falle besser als bei dem durch die Fig. 86 gekennzeichneten Treiben. Der Unterschied erklärt sich z. T. daraus,

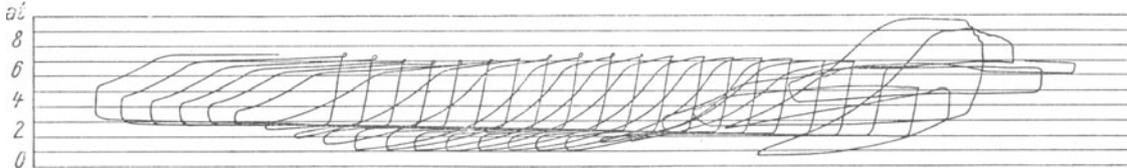


Fig. 88. Dampfdiagramm der Kurbelseite des rechten Hochdruckzylinders von Zug Nr. 82 mit 3,282 t Nutzlast. 2 mm = 1 kg.

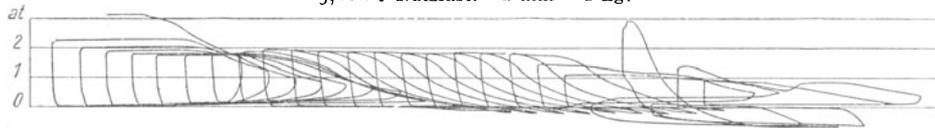


Fig. 89. Dampfdiagramm der Kurbelseite des rechten Niederdruckzylinders von Zug Nr. 114 mit 3,282 t Nutzlast. 4 mm = 1 kg.

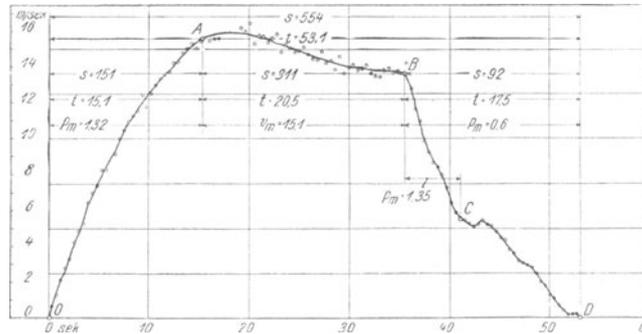


Fig. 90. Geschwindigkeitsdiagramm eines Zuges mit normaler Nutzlast.

Zahlentafel 22. Ergebnisse des Versuches 4.

Versuchsdauer: 6 Uhr morgens bis 2 Uhr nachmittags = 8 st.

Förderung:		Dampfverbrauch:	
gehobene Last . . . . .	1226 t	Speisewasserverbrauch . . . . .	38090 kg
eingehängte Last . . . . .	468 »	Dampfwasser aus Frischdampf- leitung und Maschine . . . . .	2275 »
Nutzlast . . . . .	758 »	rechnerischer Dampfverbrauch . . . . .	35815 »
Förderhöhe . . . . .	554 m	Dampfwasser der Bremse . . . . .	222 »
geleistete Arbeit . . . . .	420000 tm	mittl. Ueberdruck in den Kesseln	7,6 at
mittlere Nutzlast in 1 st. . . . .	94,8 t	mittl. Ueberdruck an der Maschine	7,2 »
Zugzahl . . . . .	240	rechnerischer Dampfverbrauch im Mittel für 1 st. . . . .	4777 kg
mittlere Nutzlast eines Zuges	3,159 t	rechnerischer Dampfverbrauch im Mittel für einen Zug . . . . .	149 »
mittlere Dauer eines Zuges	30	rechnerischer Dampfverbrauch für 1 Schacht-PSst . . . . .	23,0 »
ohne Umsetzen . . . . .	57,4 sk		
mittl. Fördergeschwindigkeit	9,7 m/sk		
mittlere Leistung . . . . .	194,4 Schacht-PS		

daß die Maschine im ersten Falle an den Wärmespeicher angeschlossen war, dessen stark schwankender Gegendruck die regelrechte Führung sehr erschwerte, während sie im zweiten Falle mit Auspuff arbeitete.

Gegenüberstellung der Versuchszahlen. Bei einem Vergleich der Versuchszahlen ergibt sich, daß bei Versuch 3 die mittlere Zugzahl in 1 st 27,1, bei Versuch 4 dagegen 30 betrug. Die mittlere Nutzlast stellte sich dagegen bei Versuch 3 auf 3,34 t und bei Versuch 4 auf 3,16 t. Der Dampfverbrauch war bei Versuch 4, bei Auspuffbetrieb 1,7 kg, das ist 7,4 vH für 1 Schacht-PSst niedriger als bei Versuch 3 mit angeschlossener Turbine. Der Unterschied wird im wesentlichen auf erhöhte Gegendrücke bei angeschlossenem Wärmespeicher zurückzuführen sein. Einen durchaus richtigen Maßstab für den Einfluß des Wärmespeichers liefert eine derartige Zahl allerdings auch nicht, da außerdem noch etwaige Verschiedenheiten in der Handhabung der Steuerung an beiden Tagen, die verschieden hohe Nutzlast und Zugzahl den Dampfverbrauch im Verhältnis zu den an und für sich geringen Unterschieden der Verbrauchszahlen nicht unerheblich beeinflußt haben können. Bei Beurteilung der Verbrauchszahlen, die im Verhältnis zu den mit anderen Dampfmaschinen erzielten Zahlen hoch erscheinen, ist zu berücksichtigen, daß die Nutzlast mit 3,34 t bzw. 3,16 t für 1 Zug, die zudem noch hinter der vorgesehenen Nutzlast von 3,6 t zurückblieb, recht niedrig ist, und daß ferner die verhältnismäßig geringe Zugzahl und die nicht hohe Dampfspannung sowie das Gegendampfgeben die erzielten Werte beeinträchtigen mußten.

#### IV) Förderanlage der Zeche Wilhelmine Victoria zu Gelsenkirchen.

##### 1) Beschreibung der Anlage.

Die Anlage gehört der Bergwerksgesellschaft Hibernia in Herne.

Untersucht wurde die westliche Förderung des Schachtes I, die mit einer von der Maschinenbau-A.-G. Union zu Essen im Jahre 1907 gelieferten Zwillings-Fördermaschine ausgerüstet ist. Die Maschine arbeitet mit Sattdampf von 7 at und Auspuff durch einen Röhrenspeisewasservorwärmer ins Freie. Nur das untersuchte westliche Trum wird zur Hauptförderung, das östliche Trum ausschließlich zur Materialförderung benutzt. Die Teufe betrug zur Zeit der Untersuchung 600 m, später soll die Maschine aus 800 m fördern.

Die Koepescheibe besteht aus Schmiedeeisen, hat 6,5 m Dmr. und wiegt 37,8 t; ihr Schwungmoment ( $GD^2$ ) beträgt 880 tm<sup>2</sup>. Die Maschine macht bei der Höchstgeschwindigkeit von etwa 23,5 m/sk 69 Uml./min. Am Umfang der Scheibe ist zum Massenausgleich ein Gewicht von 760 kg mit einem Schwungmoment von 32 tm<sup>2</sup> angebracht.

Das Schachtgerüst, Fig. 91 und 92, besteht aus einem vierbeinigen Bock aus Walzeisen, der von der Firma Wirtz & Co. in Schalke erbaut worden ist. Der Abstand der obersten Hängebank von Seilscheibenmitte beträgt 20,14 m, die freie Höhe oberhalb des Korbes 10 m und das freie Stück bis zur Sicherheitsbühne im Sumpf bei tiefster Korbstellung etwa 15 m.

Das Gewicht der Seilscheiben mit 6 m Dmr. beträgt je 7,5 t, das Schwungmoment 110 tm<sup>2</sup>. Kranz und Speichen sind aus Schmiedeeisen, die Nabe ist aus Gußeisen.

In Fig. 93 ist die Einteilung der Schachtscheibe wiedergegeben.

Die Förderkörbe haben 4 Etagen für je 2 Wagen hintereinander und Kopfführung in Stahlshuhen an Pitchpine-Spurlatten. Am Füllort und an der

Hängebank sind Aufsatzvorrichtungen eingebaut, die bei der Produktenförderung benutzt werden. Das Gewicht eines Korbes einschließlich der Verbindungsstücke beträgt 4,2 t, das Zwischengeschirr wiegt 0,645 t und die Unterseilbefestigung 0,075 t.

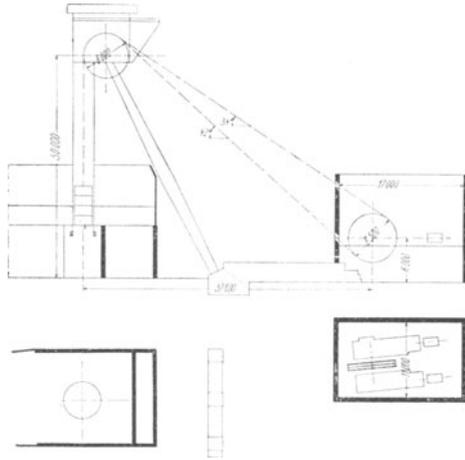


Fig. 91 u. 92. Aufriß und Grundriß der Förderanlage.

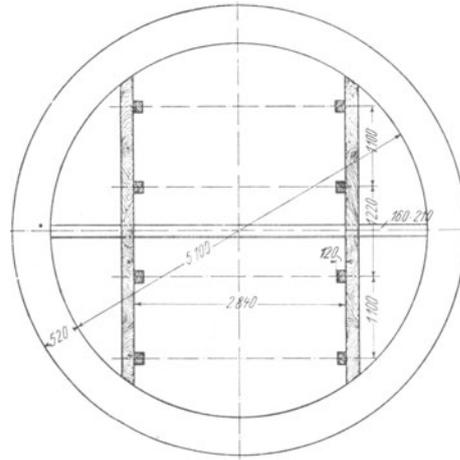


Fig. 93. Schachtscheibe.

Als mittlere Gewichte wurden ermittelt für

1 Förderwagen mit Kohle . . . . .	0,929 t
1 leeren Wagen . . . . .	0,357 t
1 Wagen mit Bergen . . . . .	1,222 t.

Ein Wagen faßt demnach normal 0,572 t Kohle, ein Kohlenzug hat also eine Nutzlast von 4,576 t.

Bei der Seilfahrt darf jeder Korb mit höchstens 42 Mann besetzt werden. Für die Seilfahrt ist von der Bergbehörde eine Geschwindigkeit von 8 m/sk zugelassen worden.

Das Oberseil ist ein Dreikantlitzenseil von 48 mm Dmr. und 7,5 kg/m Gewicht. Es besteht aus 6 Litzen mit je 27 Drähten von je 2,5 mm Dmr. Die Bruchfestigkeit ist zu 150 kg/qmm gerechnet entsprechend einer Gesamtbruchbelastung von 119 t. Die rechnerische Sicherheit wird in der Seilfahrtkonzession für die Seilfahrt bei ruhender Last als 9,84-fach und für die Produktenförderung als 7,92-fach angegeben. Das Unterseil ist ein Flachseil von 125 × 23 qmm Querschnitt; es besitzt das gleiche Gewicht wie das Oberseil. Als Material ist für beide Seile Tiegelgußstahl verwandt worden. Die Seile werden nicht geschmiert. Die größte Seilablenkung beträgt 1°.

Die gesamten umlaufenden Massen des Aufzuges betragen in Seilmitte  $\frac{27,7}{9,81} = 2,81 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ , die auf- und abgehenden Massen  $\frac{29,1}{9,81} = 2,97 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ . Demnach sind beim Anfahren normal  $5,78 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  zu beschleunigen und 4,6 t Nutzlast zu heben. Die einzelnen Zahlen sind in der Zahlentafel 23 zusammengestellt.

Auf die Treibscheibe wirkt an einem Durchmesser von 6,2 m eine vereinigte Dampf- und Fallgewichtbremse. Die wirksame Bremskraft der Dampf- bremse beträgt bei  $4\frac{1}{2}$  at Dampfdruck in Seilmitte 15,53 t. Der Bremsweg beträgt demnach bei einer Geschwindigkeit von 15 m/sk und 4,6 Nutzlast 33,8 m, entsprechend einer Verzögerung von  $3,3 \text{ m/sk}^2$ . Der Wirkungsgrad der Bremse einschließlich der Reibungsziffer der Bremsbacken ist dabei im ganzen zu 0,3 gerechnet.

Zahlentafel 23.

Die Gewichte und Schwungmassen des Aufzuges für 607 m Förderhöhe bei normaler Belastung.

		Gewicht	Schwungmoment $GD^2$	auf Seilmitte bezogenes Gewicht	Masse in Seilmitte
		t	tm <sup>2</sup>	t	tm <sup>-1</sup> sk <sup>2</sup>
umlaufende Teile	1) 1 Treibscheibe von 6,5 m Dmr., einschließlich Gewichtsausgleich . .	37,8	912	21,6	2,19
	2) 2 Seilscheiben von 6 m Dmr. . . .	15,0	220	6,1	0,62
	Summe 1 und 2 . . . . .	53,8	—	27,7	2,81
auf- und abgehende Teile	3) 2 Förderkörbe einschl. Gehänge . .	8,4	—	8,4	0,86
	4) rd. 750 m Oberseil von 7,5 kg/m . .	5,6	—	5,6	0,57
	5) rd. 640 m Unterseil von 7,5 kg/m . .	4,8	—	4,8	0,49
	6) 16 leere Förderwagen von je 0,357 t	5,7	—	5,7	0,58
	7) Inhalt von 8 Wagen mit Kohlen zu je 0,572 t . . . . .	4,6	—	4,6	0,47
	Summe 3 bis 7 . . . . .	29,1	—	29,1	2,97
	Summe 1 bis 7 . . . . .	82,9	—	56,8	5,78

Die Fördermaschine ist an eine Batterie von 10 Einflammrohrkesseln mit je 93 qm Heizfläche angeschlossen, von denen bei der gewöhnlichen Förderung nur 6 in Betrieb stehen. Die Kessel sind für einen betriebsmäßigen Ueberdruck von 8 at berechnet.

Die Zylinder der Fördermaschine haben 1050 mm Dmr. und 2 m Hub. Sie sind mit Dampfmänteln ausgerüstet, die jedoch nicht geheizt werden. Die Ventilkästen sind oberhalb und unterhalb der Zylinder angeordnet. Die Maschine hat Knaggensteuerang, deren Knaggen derart ausgebildet sind, daß bei der Bewegung des Steuerhebels aus der Nulllage zuerst die zum Manövrieren nötigen Füllungen bis zu 95 vH gegeben werden; bei weiterem Verschieben der Knaggen auf der Steuerwelle werden bei vollem Ventilhub größere Füllungen und darauf kleiner werdende Füllungen gegeben.

Sobald die Seilgeschwindigkeit 17 m/sk erreicht, setzt ein Regler, Bauart Hartung, ein, der durch Ausklinken die entsprechende Füllung einstellt. Beim Uebertreiben der Körbe und bei zu schneller Fahrt am Anfang und Schluß des Treibens wird die Fallbremse durch eine Sicherheitvorrichtung, Bauart Baumann, in Abhängigkeit vom Teufenzeiger ausgelöst. Die Frischdampfleitung hat etwa 80 m Länge bei 300 mm Dmr. Die Abdampfleitung ist rd. 50 m lang und weist 500 mm Dmr. auf. Der Abdampf wird zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers benutzt.

2) Vorgesehene Leistungen der Anlage.

Für die Teufe von 600 m waren keine Zusicherungen für Leistung und Dampfverbrauch gegeben worden. Bei 800 m Teufe soll die Maschine bei reiner Kohlenförderung in 32 Zügen von 4 4 t 140 t/st Nutzlast heben und der Dampfverbrauch dann bei 8 at an den Kesseln 21 kg für 1 Schacht-PS-st nicht übersteigen. Für 1 Zug sind 62 sk vorgesehen worden; dabei soll die Beschleunigung beim Anfahren 1 m/sk<sup>2</sup>, die Geschwindigkeit bei voller Fahrt 18 m/sk und die Verzögerung beim Auslauf 1 m/sk<sup>2</sup> betragen. Für dreimaliges Umsetzen sind 50 sk gerechnet. Der Ungleichförmigkeitsgrad der Maschine soll  $\frac{1}{60}$  nicht übersteigen. Die Schachtverluste sind mit 1 t in Seilmitte in Rechnung

gestellt. Die Gewichte der auf- und niedergehenden und der umlaufenden Massen waren im wesentlichen den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend (vergl. Zahlentafel 23) vorgesehen.

### 3) Anordnung des Versuches.

Der Versuch begann am 9. November 1909 morgens mit der Seilfahrt und dauerte 24 st. Im Betriebe der Maschinenanlage und der Förderung waren gegenüber den gewöhnlichen Verhältnissen der Zeche keine Aenderungen getroffen worden. Den Dampf für die Fördermaschine lieferten am Versuchstage 3 Kessel mit zusammen 282 qm Heizfläche. Das Kesselspeisewasser wurde gezogen. Außerdem bestimmte man gesondert das Dampfwater der Frischdampfleitung, der Bremse und der Umsteuerung. Die Zylinder wurden durch die eingangs beschriebenen Indikatoren von Dreyer, Rosenkranz & Droop (vgl. S. 58 u. f.) indiziert. Für einzelne Züge wurden dann gleichzeitig die Indikatordiagramme sämtlicher Kolbenseiten und die Geschwindigkeitskurven durch Morsedrucker aufgenommen. Außerdem wurde bei diesen Zügen die Belastung der Körbe durch Wagen der betreffenden Wagen festgestellt. Für die Messung der für den einzelnen Zug gebrauchten Dampfmenge war ein selbstaufzeichnender Dampfmesser, Bauart Gehre<sup>1)</sup>, in die Frischdampfleitung eingebaut.

### 4) Versuchsergebnisse.

Im ganzen wurden 302 Züge gemacht, davon entfielen 210 Züge auf die Morgenschicht. Eingehängt wurden 1612 leere Wagen, 25 Wagen mit Holz und 13 Wagen mit verschiedenem Inhalt. Gehoben wurden 1608 Wagen mit Kohle, 60 Wagen mit Bergen sowie 15 Teckel und Wagen mit verschiedenem Inhalt.

Beim Schichtwechsel fuhren 307 Mann ein und 223 Mann aus.

Die Kohlenförderung erfolgte ausschließlich von der 600 m-Sohle; die in der Nachmittagschicht eingehängten Materialien waren für verschiedene Sohlen bestimmt. Die geförderte Nutzlast betrug in 24 st 988 t entsprechend 93 Schacht-PS. Hieran war die Morgenschicht mit 977 t und 275 Schacht-PS beteiligt. An Kohlen wurden 918 t und an Bergen 52 t gezogen. Die Nutzlast eines Zuges betrug in 24 st im Mittel 3,3 t und in der Morgenschicht, in der im Durchschnitt 122 t/st in 26,2 Zügen gezogen wurden, 4,7 t. Bei der Produktenförderung wurde dreimal und bei der Seilfahrt einmal umgesetzt. Bei flottem Betriebe dauerte ein Treiben 55 bis 60 sk und das Umsetzen 55 bis 60 sk.

Der rechnerische Dampfverbrauch der Maschine betrug in 24 st 62 t; also 27,8 kg für 1 Schacht-PSst. Der Niederschlag der Frischdampfleitung stellte sich auf 10 t, der Bremse auf 0,5 t, der Umsteuerung, deren Schieber undicht waren, auf 2 t. Bei der Umsteuerung durch Servomotoren wird sich allerdings eine vollständige Dichtheit des Schiebers der geringen Ueberdeckung wegen im Betriebe nur schwer erreichen lassen. Auf die Morgenschicht entfiel ein rechnerischmäßiger Dampfverbrauch der Maschine von 46 t oder 21,1 kg für 1 Schacht-PSst. Von 2 Uhr 30 mittags bis 5 Uhr 25 morgens wurden von der Maschine 13,4 t verbraucht und in der Frischdampfleitung 3,8 t niedergeschlagen. In dieser Zeit wurden 76 Züge nach verschiedenen Sohlen und zwischen ihnen gemacht; der Dampfverbrauch der Maschine stellte sich dabei auf 0,9 t/st. In der eigentlichen Nachtschicht von 11 Uhr bis 5 Uhr 15 machte

<sup>1)</sup> Z. 1909 S. 146; Glückauf 1910 S. 1877.

die Maschine 16 Züge (vergl. Tafel 2) mit geringer Nutzleistung. Der rechnerische Dampfverbrauch in dieser Zeit stellte sich auf 3,7 t oder 0,59 t/st. Dabei betrug der Niederschlag der Frischdampfleitung im ganzen 1,67 t und der Bremse 0,32 t.

Der Dampfdruck an den Kesseln schwankte während des ganzen Versuchstages zwischen 7,0 und 7,4 at; er stand im Mittel auf 7,3 at. Der Abfall bis zur Maschine betrug bei einem normalen Treiben nach den vorgenommenen Augenablesungen im Mittel etwa 0,4 at. Der Abdampf wurde zum Vorwärmen des Speisewassers benutzt. Die auf diese Weise zurückgewonnene Wärmemenge ist nicht festgestellt und auch nicht rechnerisch berücksichtigt worden. Die einzelnen Zahlen für Förderleistung und Dampfverbrauch enthält die Zahlentafel 24.

Zahlentafel 24.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse für 24 Stunden.

Bezeichnung und Zeit des Meßabschnittes.		Morgen- seilfahrt von 5 <sup>25</sup> bis 6 <sup>00</sup> = 35 min	Morgen- schicht von 6 <sup>00</sup> bis 2 <sup>00</sup> = 8 st	Mittag- seilfahrt von 2 <sup>00</sup> bis 2 <sup>30</sup> = 30 min	Mittagschicht, Abendseilfahrt u. Nachtschicht von 2 <sup>30</sup> bis 5 <sup>25</sup> = 14 st 55 min	in 24 st von 5 <sup>25</sup> bis 5 <sup>25</sup>
Förderung	1) gehobene Last . . . . . t	0,6	1560	16,1	39,4	1616
	2) eingehängte Last . . . . . »	18,5	583	4,6	21,8	628
	3) Nutzlast . . . . . »	-17,9	977	11,5	17,6	988
	4) Förderhöhe . . . . . m	(407); 607	607	(200; 407); 607	(100; 200; 400); (500; 407; 507); 607	(100; 200; 400); (500; 407; 507); 607
	5) geleistete Arbeit . . . . . tm	-9455	593006	6514	9993	600058
	6) mittlere Nutzlast in 1 st . . . . t	-30,7	122	23,1	1,12	41,2
	7) Zugzahl . . . . . »	8	210	8	76	302
	8) mittlere Nutzlast eines Zuges . . »	-2,231	4,652	1,444	0,232	3,272
	9) mittlere Zugzahl in 1 st . . . . . »	13,7	26,2	16	5,1	12,6
	10) mittlere Dauer eines Zuges ohne Umsetzen . . . . . sk	118	55,9	93	—	—
	11) mittlere Fördergeschwindigkeit . m/sk	5,1	10,9	6,5	—	—
	12) mittlere Leistung . . . . . Schacht-PS	-60	274,5	48,3	2,49	92,6
Dampfverbrauch	1) Speisewasserverbrauch . . . . . kg	1060	52440	1370	17155	72025
	2) Dampfwater der Frischdampfleitung »	133	6040	310	3798	10281
	3) rechner. Dampfverbrauch der Maschine »	927	46400	1060	13357	61744
	4) Dampfwater der Bremse . . . . . »	22	47	25	358	452
	5) Dampfwater der Umsteuerung . . . »	70	770	50	1099	1989
	6) mittlerer Ueberdruck in den Kesseln at	7,4	7,4	7,0	7,2	7,3
	7) rechner. Dampfverbrauch für einen Zug im Mittel . . . . . kg	116	221	133	176	205
	8) rechner. Dampfverbrauch für 1 st im Mittel . . . . . »	1590	5800	2120	898	2573
	9) rechnerischer Dampfverbrauch für 1 Schacht-PSst . . . . . »	(-)26,5	21,13	43,9	361	27,8

Fig. 94 zeigt das Geschwindigkeitsdiagramm für einen normalen Förderzug mit 4,6 t Nutzlast. Die Beschleunigung von O bis A beträgt 1,75 m/sk<sup>2</sup>, die mittlere Geschwindigkeit von A bis B 19,8 m/sk und die Verzögerung von B bis C 0,64 m/sk<sup>2</sup>. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 22 m/sk; auch von A bis B tritt noch eine weitere Beschleunigung der Massen von 0,36 m/sk<sup>2</sup> ein. In diesem Abschnitt wird die Füllung ausschließlich vom Regler beherrscht. Der Maschinist hat dabei nur die Möglichkeit, mit der vom Regler eingestellten Füllung entweder Triebdampf oder Gegendampf zu geben. Mit dieser kleinsten Füllung wollte man mit Rücksicht auf eine in Fällen der Gefahr erwünschte

Gegendampfwirkung nicht unter die aus den Fig. 59 und 60 ersichtliche Grenze gehen. Dabei mußte man in den Kauf nehmen, daß bei der reichlich bemessenen Maschine in dem Abschnitt *A* bis *B*, Fig. 94, eine weitere Beschleunigung der Massen eintrat. Bei *B* schließt der Maschinist das Fahrventil und fährt mit ausgelegter Steuerung ohne Gegendampf in durchaus einwandfreier Weise in die Hängebank ein. Es sei ausdrücklich bemerkt, daß das wiedergegebene Diagramm kein ausgesucht günstiges ist, sondern daß der Maschinist durchweg in dieser Weise die Steuerung zu handhaben verstand. Der Verlauf des Indikatordiagrammes entspricht demjenigen der Fig. 59 und 60.

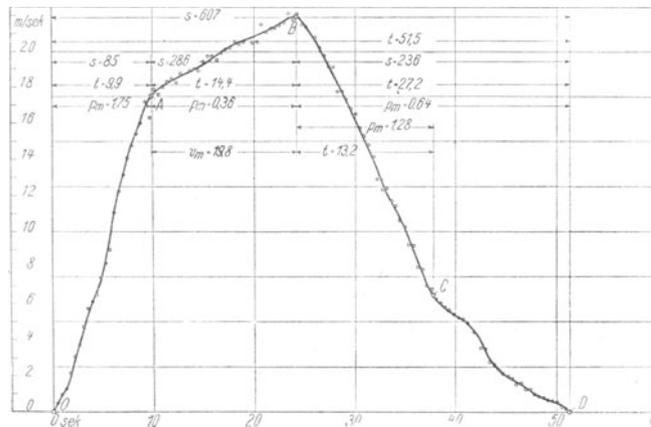


Fig. 94. Geschwindigkeitsdiagramm eines Zuges mit normaler Nutzlast.

Der Versuch, auch den Dampfverbrauch bei den einzelnen Förderzügen mit Hilfe des Gehre-Dampfmessers festzustellen, ist gescheitert, denn der Dampfmesser konnte den bei jedem Zuge auftretenden starken Schwankungen im Dampfverbrauche nicht folgen; ferner war sein Meßbereich für die sehr erheblichen Schwankungen in dem durch die Drosselscheibe hervorgerufenen Druckunterschied zu klein gewählt, so daß das in dem Niveaugefäß befindliche Quecksilber herausgedrückt und damit der Messung ein Ziel gesetzt wurde.

### Zusammenfassung und Erörterung der Versuchsergebnisse.

Der leitende Gedanke bei Inangriffnahme der Versuche war, Vergleichszahlen für den Energieverbrauch von elektrisch und mit Dampf betriebenen Fördermaschinen durch betriebsmäßige Dauerversuche zu gewinnen. Dieser Zweck ist nicht erreicht worden und kann auch wegen der Verschiedenheiten in den Betriebsverhältnissen sowie in der Bauart und den Abmessungen der einzelnen Anlagen durch solche Versuche nicht erreicht werden.

Durchaus abweichende Zahlen zeigen zunächst schon die Gewichte und die Gewichtverteilung des eigentlichen Aufzuges (vergl. Zahlentafel 26). An und für sich und im Verhältnis zueinander verschieden waren die Gewichte der leeren Förderwagen, der Nutzlast bei Produktenförderung und Seilfahrt, der Körbe und der Seile, kurz der Schwungmasse der umlaufenden sowie der auf- und niedergehenden Teile. Das Leergewicht eines Förderwagens schwankte zwischen 307 und 433 kg, der Wageninhalt zwischen 526 und 794 kg. Die Wagenzahl auf einem Korbe betrug bei einigen Förderungen 6, bei anderen 8. Die Wagen standen auf den Körben auf einigen Anlagen zu zweien nebeneinander,

Zahlentafel 26.

Gewichte und Gewichtsverteilung des Aufzuges bei den untersuchten Anlagen.

	Betriebsart der Anlage		elektrisch betriebene Maschinen				Maschinen mit Dampftrieb			
	Name der Anlage		Rhein- Elbe	Mathias Stinnes		Emscher- Lippe	Schürbank und Charlotten- burg	Julia	Helene und Amalie	Wilhel- mine Victoria
				Masch. I	Masch. II					
I. Korbbelastung	399	386	349	386	433	307	309	340	357	
1) Gewicht eines leeren Förderwagens . . . . .	946	1068	919	1068	1227	986	835	887	929	
2) Gewicht eines mit Kohle beladenen Wagens . . . . .	547	682	570	682	794	679	526	547	572	
3) Inhalt eines Wagens an Kohle . . . . .	8	8	8	8	8	8	8	6	8	
4) Anzahl Wagen auf einem Korbe . . . . .	7,568	8,544	7,332	8,544	9,816	7,888	6,680	5,322	7,432	
5) normale Belastung eines Korbes bei Kohlenförderung t . . . . .	4,376	5,456	4,500	5,456	6,352	5,431	4,208	3,282	4,576	
6) normale Nutzlast eines Zuges bei Kohlenförderung . . . . .	50	50	42	50	50	42	42	42	42	
7) höchste Anzahl der Personen auf einem Korbe bei Seilfahrt . . . . .	3,750	3,750	3,150	3,750	3,750	3,150	3,150	3,150	3,150	
8) höchste Belastung eines Korbes bei Seilfahrt . . . . . t . . . . .	6,385	7,340	5,630	6,100	4,830	6,235	5,995	5,050	3,480	
I) Gewicht eines Korbes . . . . .	1,065	0,880	0,800	0,640	0,830	0,355	0,375	0,850	0,645	
2) Gewicht des Zwischengeschirres . . . . .	8,000	8,275	6,500	6,850	5,810	6,640	6,700	7,150	4,200	
3) Gewicht der Untersellbefestigung . . . . .	4	4	4	4	4	8	4	3	4	
4) Gewicht eines Korbes einschl. der Verbindungsstücke . . . . .	2 hinter- einander	2 neben- einander	2 hinter- einander	2 hinter- einander	2 hinter- einander	einzel	2 hinter- einander	2 neben- einander	2 hinter- einander	
5) Anzahl der Etagen eines Korbes . . . . .	378	534	369	534	670	603	409	554	607	
6) Stellung der Wagen auf dem Korbe . . . . .	55	62	48	57	48,5	54	57	55	48	
1) den Seillängen entsprechende Förderhöhe . . . . . m . . . . .	10,5	14,0	9,3	10,5	9,3	9,75	10,75	9,8	7,5	
2) Durchmesser des Oberseiles . . . . .										
3) Gewicht des Oberseiles für I m . . . . . kg . . . . .										
4) Flechtart des Oberseiles . . . . .	Rundseil	Rundseil	Dreikant- litzen	Rundseil	Dreikant- litzen	Rundseil	Rundseil	Rundseil	Rundseil	
5) rechnerische Bruchfestigkeit des Oberseiles . . . . . kg/qmm . . . . .	160	150	150	150	160	170	170	150	150	
6) rechnerische Sicherheit bei Kohlenförderung . . . . .	9,2	7,9	8,0	8,2	7,0	7,8	9,0	8,6	7,9	
7) rechnerische Sicherheit bei Seilfahrt . . . . .	11,3	9,6	9,8	10,0	9,6	9,5	10,9	9,6	9,8	
8) Gewicht des Unterseiles für I m . . . . . kg . . . . .	10,5	9,1	8,7	9,1	9,3	9,75	10,75	9,8	7,5	
9) Durchmesser oder Querschnitt des Unterseiles . . . . . mm . . . . .	55	132×26	140×25	132×26	125×24	150×26	120×25	178×24	125×23	
10) gesamtes Seilgewicht (ohne die Seile auf den Trommeln) . . . . . t . . . . .	10,2	15,1	8,2	12,6	14,3	13,5	10,7	12,6	10,4	

Zahlentafel 26 (Fortsetzung).

Betriebsart der Anlage	elektrisch betriebene Maschinen				Maschinen mit Dampftrieb			
	Deutscher Kaiser	Rhein-Elbe	Mathias Stinnes Masch. I Masch. II	Emseher-Lippe	Schürbank und Charlottenburg	Julia	Helene und Amalie	Wilhelmine Victoria
IV. Seilscheiben								
1) Gewicht einer Scheibe . . . . .	7,5	9,0	4,9	7,0	8,25	7,65	8,0	7,5
2) Schwungmoment ( $GD^2$ ) einer Scheibe . . . . .	100	125	65	100	138	138	110	110
3) Durchmesser der Scheiben . . . . .	6,0	6,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
4) Masse einer Scheibe in Seilmitt. . . . .	0,28	0,35	0,27	0,28	0,39	0,39	0,31	0,31
V. Treibscheibe								
1) Gewicht . . . . .	22,0	30,0	17,5	18,7	86,8	89,7	25,0	37,8
2) Schwungmoment ( $GD^2$ ) . . . . .	725	406	400	380	2460	2480	560	912
3) Durchmesser . . . . .	8,0	7,0	6,5	6,4	8,0	8,0	7,0	6,5
4) Masse der Scheibe in Seilmitt. . . . .	1,15	0,85	0,96	0,95	3,92	3,94	1,16	2,19
5) Masse der aufliegenden Seile . . . . .	—	—	—	—	0,68	0,54	—	—
6) Gesamtmasse in Seilmitt. . . . .	1,15	0,85	0,96	0,95	4,60	4,48	1,16	2,19
Summe der bewegten Massen in Seilmitt. ohne Kurbelgetriebe oder Fördermotoren bei einem normalen Kohlenzug . . . . .	5,49	4,75	5,94	5,06	5,16	8,67	5,28	5,78

Zahlentafel 27.

Verhältnis der Nutzlasten zur Totlast des Korbes und der Förderwagen bei normalen Kohlenzügen.

Name der Anlage	Deutscher Kaiser	Rhein-Elbe	Mathias Stinnes		Schürbank und Charlottenburg	Julia	Helene und Amalie	Wilhelmine Victoria
			Masch. I	Masch. II				
auf 1 kg Wagengewicht entfallen an Nutzlast Kohle . . . kg	1,37	1,63	1,77	1,77	2,21	1,70	1,61	1,60
auf 1 kg Korbgewicht einschl. Gehänge entfallen an Höchstbelastung bei Seilfahrt . . . . .	0,47	0,48	0,45	0,34	0,47	0,47	0,44	0,75
auf 1 kg Korbgew. einschl. Gehänge entfallen an Nutzlast Kohle . . . . .	0,55	0,70	0,66	0,60	0,82	0,63	0,46	1,09
auf 1 kg des Korbgewichtes einschl. Gehänge und der leeren Wagen entfallen an Nutzlast Kohle . . . . .	0,39	0,49	0,48	0,45	0,60	0,46	0,36	0,65

auf anderen hintereinander, z. T. war nur ein Wagen auf einer Etage des Korbes untergebracht. Die Nutzlast für einen normalen Kohlenzug schwankte bei den Zügen mit normal 8 Wagen zwischen 4,2 t (Julia) und 6,4 t (Emscher-Lippe) und verringerte sich bei den Zügen mit 6 Wagen bis auf 3,3 t (Helene und Amalie). Dabei hatten schwere Körbe oft leichte Lasten und leichte Körbe verhältnismäßig schwere Lasten zu tragen. So entfielen auf 1 kg Wagengewicht an Nutzlast 2,2 kg auf Schürbank und Charlottenburg und nur 1,4 kg auf Deutscher Kaiser. Auf 1 kg Korbgewicht betrug die Belastung bei Seilfahrt einmal 0,75 kg (Wilhelmine Victoria) und im anderen Falle 0,34 kg (Mathias Stinnes, Maschine II); ferner die geförderte Nutzlast 1,1 kg auf Wilhelmine-Victoria und Emscher-Lippe gegenüber 0,46 kg bei Helene Amalie. Auf 1 kg Korbgewicht einschl. des Gewichtes der darauf befindlichen leeren Wagen entfielen bei Emscher-Lippe 0,69 kg und bei Helene und Amalie 0,36 kg Nutzlast (vergl. Zahlentafel 27). Die Gewichte der leeren Wagen und Körbe beeinflussen das Seilgewicht und weiterhin, besonders bei großen Teufen, die Abmessungen der Maschine. Die Bedenken, die gegen die Verwendung leicht gebauter Körbe wegen ihrer geringen Widerstandsfähigkeit gegen die zahlreichen Beanspruchungen durch Stöße erhoben werden, scheinen nicht so schwerwiegend zu sein, wie man bisher vielfach angenommen hat; beispielsweise stehen die Körbe auf Wilhelmine Victoria und Emscher-Lippe seit Jahren, ohne daß Ausbesserungen erforderlich waren, im Betriebe<sup>1)</sup>. Die Bruchfestigkeit der Seile wurde nach den Seilfahrtkonzessionen in einigen Fällen mit 150 kg/qmm, in anderen Fällen mit 170 kg/qmm gerechnet. Die geringste Förderhöhe hatte Rheinelbe mit 369 m und die größte Emscher-Lippe mit 670 m. Die Seilgewichte waren, auch abgesehen von den durch die Teufe bedingten Abweichungen, recht verschieden. Am günstigsten stellten sich im allgemeinen die Dreikantlitzenseile. Das Oberseil (Rundseil) der Maschine I auf Mathias Stinnes wog bei 534 m Förderhöhe und 5,5 t normaler Nutzlast 14,0 kg/m und bei Emscher-Lippe (Dreikantlitzenseil) für 670 m Förderhöhe und 6,4 t Nutzlast nur 9,3 kg/m. Die meisten Anlagen arbeiteten mit vollkommenem Seilausgleich. Bei Mathias Stinnes, Maschine I, war jedoch das Unterseil 4,9 kg/m leichter als das Oberseil<sup>2)</sup>.

Sechs Förderanlagen waren mit Koepescheibe und zwei Anlagen mit Trommeln ausgerüstet. Der Durchmesser der Scheiben und Trommeln schwankte bei den Antriebsarten zwischen 6,4 und 8 m. Der Durchmesser der Seilscheiben betrug im allgemeinen 6 m, auf Mathias Stinnes jedoch nur 5 m. Als Masse für die Treibscheibe sind auf Wilhelmine Victoria, wo alle übrigen Teile des Aufzuges leicht gehalten waren,  $2,19 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  und auf Rheinelbe  $0,85 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  angegeben worden. Die Masse der Seiltrommeln einschließlich der umlaufenden Teile kam dem gegenüber bei Schürbank und Charlottenburg auf  $4,60 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ . Als Gesamtmasse des Aufzuges (ohne Fördermotoren) hatte Emscher-Lippe bei 670 m Förderhöhe und 6,4 t Nutzlast  $5,74 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  und Deutscher Kaiser bei nur 378 m Förderhöhe mit 4,4 t Nutzlast  $5,63 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  zu bewegen; dabei waren beide Anlagen mit Treibscheiben ausgerüstet. Bei der Trommelförderung auf Julia stellte sich die Gesamtmasse des Aufzuges bei nur 4,2 t Nutzlast und 409 m Förderhöhe auf  $8,67 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$ .

Beträchtlich waren auch die Verschiedenheiten in den Abmessungen und Betriebsverhältnissen der Maschinen. Bei den Dampfmaschinen finden sich z. B.

<sup>1)</sup> Will man zudem die Körbe widerstandsfähig und doch leicht bauen, so würde sich gegebenenfalls empfehlen, als Baustoff statt wie bisher Flußeisen, Stahl zu verwenden.

<sup>2)</sup> Man hatte hier, als man das erste Oberseil durch ein schwereres ersetzte, das alte Unterseil beibehalten.

auf Schürbank und Charlottenburg 12 at Kesseldruck, überhitzter Dampf, Zentral-kondensation und Zwillingstandemanordnung; auf Wilhelmine Victoria 8 at Kesseldruck, Sattedampf, Auspuff mit Speisewasservorwärmung und Zwillingsan-ordnung. Von den elektrischen Fördermaschinen hatte die auf Emscher-Lippe einen Ilgnermotor von 1440 PS Leistung und eine Schwungmasse von 80 t<sup>1)</sup> sowie Fördermotoren von 1900 PS, Mathias Stinnes 1 Ilgnermotor von 500 PS, 40 t Schwungradgewicht und Fördermotoren von 1100 PS Leistung<sup>2)</sup> (vgl. Zahlen- tafel 28 und 29).

Zahlentafel 28.  
Abmessungen und Betriebsverhältnisse der mit Dampf  
betriebenen Maschinen.

Name der Anlage		Schürbank und Charlottenburg	Julia	Helene und Amalie	Wilhelmine Victoria
1	Bauart . . . . .	Zwillings- Tandemaschine	Zwillings- Tandemaschine	Zwillings- Tandemaschine	Zwillings- maschine
2	Zylinderdurchmesser . . mm	2×850/1250	2×800/1250	2×700/1200	2×1050
3	Hub . . . . . »	2000	2000	1600	2000
4	zulässiger Ueberdruck in den Kesseln . . . . . at	12	10	8	8
5	höchste Ueberhitzung . . °C	250 bis 300	Sattedampf	270 od. Sattedampf	Sattedampf
6	Abdampfverwertung . . . }	Kondensation	Auspuff mit Speise- wasservorwärmung	Auspuff oder Abdampfturbine	Auspuff mit Speise- wasservorwärmung

Zahlentafel 29.  
Abmessungen und Betriebsverhältnisse der elektrischen Maschinen.

Name der Anlage		Deutscher Kaiser	Rhein-Elbe	Mathias Stinnes	Emscher-Lippe
1	Bauart . . . . .	Ilgner	Ilgner	Ilgner	Ilgner
2	Betriebsspannung . . . . . V	5250	5000	5000	3000
3	Leistung des Ilgner-Motors . . . . . PS	765	1000	2×500 <sup>1)</sup>	1440
4	minütliche Umlaufzahl des Ilgnerrades	370	360	370	370
5	Gewicht des Schwungrades . . . . . t	46	50	40	2×40
6	höchste kinetische Energie d. Schwung- rades . . . . . tm	11300	10200	2×9400 <sup>1)</sup>	2×9400 <sup>2)</sup>
7	Normalleistung der Fördermotoren . . PS	2×510	2×750	2×550	2×950

<sup>1)</sup> für 2 Maschinen.      <sup>2)</sup> nur am Versuchstage.

Bei den Berechnungen für die Leistungsfähigkeit der Dampf- oder Luft- druckbremsen ist zum Teil nur der niedrigste in Frage kommende Druck be- rücksichtigt worden. Das geschieht, um die Gewißheit zu erhalten, daß die Bremskraft unter allen Umständen ausreicht, die Förderkörbe zum Stillstand zu bringen. Diese Berechnung erscheint aber nicht immer ausreichend, weil bei dem höchsten jeweils in Frage kommenden Druck Bremskräfte auftreten, die bei Trommelmaschinen zu Unzuträglichkeiten führen können. Durch Ein- setzen solcher Höchstwerte in die übliche Rechnung<sup>3)</sup> kann sich ergeben,

<sup>1)</sup> Für den Versuchstag waren die Schwungräder zweier Ilgnersätze zusammengekuppelt, der zweite, nicht untersuchte Satz lief dabei ohne Schwungrad.

<sup>2)</sup> Hier arbeiteten 2 gekuppelte Ilgnersätze auf 2 Fördermaschinen.

<sup>3)</sup> Bezeichnet man mit:

- $Q_1$  die wirksame Bremskraft der Dampfbremse am Umfange des Bremskranzes,
- $Q_2$  die Bremskraft der Fallbremse am Umfange des Bremskranzes,
- $m$  die gesamte Masse des Aufzuges in Seilmitte bei Normallast,

daß bei normaler Fördergeschwindigkeit schon bei alleiniger Wirkung der Dampfbremse das Seil mit dem niedergehenden Korb sekundenweise etwa doppelt so stark wie bei normaler Belastung beansprucht wird, während das Seil mit dem aufgehenden Korb vollständig entlastet ist. Es kann sogar bei gleichzeitiger Wirkung beider Bremsen der Fall eintreten, daß die Verzögerung des aufwärts gehenden Korbes durch die Erdbeschleunigungskräfte geringer ist, als die Verzögerung der Trommel- und Seilmassen. Infolgedessen eilt der Korb dem Seil in der Aufwärtsbewegung um mehrere Meter vor, um dann entweder frei in das Seil zurückfallen und durch die ruckweise starke Belastung einen Seilbruch herbeizuführen, oder aber die Fangklauen werden durch die Entlastung der Korbfedern in Wirksamkeit treten, also zur Unzeit wirken. Da die Geschwindigkeit bei der Seilfahrt nicht so groß ist wie bei der Produktenförderung, so ist hier kein Vorschnellen des aufwärtsgehenden Korbes, welches von praktischer Bedeutung ist, zu befürchten. Dagegen ist die Beanspruchung des Seiles mit dem niedergehenden Korb ebenso groß wie bei der Produktenförderung, nur ihre Dauer ist kürzer und der Bremsweg kleiner, wie sich bei Einsetzen der entsprechenden Zahlen in die Rechnung ohne weiteres ergibt. Diese Uebelstände bei stark schwankendem Druck lassen sich, wie es in den meisten Fällen bereits geschieht, dadurch vermeiden, daß man in die zum Bremszylinder führende Dampfleitung ein Druckminderventil einschaltet, das man auf einen bestimmten, annähernd gleichbleibenden Druck einstellt.

Als dritte verzögernde Kraft kommt außer den beiden Bremsen noch die Gegendampfwirkung in Frage, deren Größe je nach Füllung, Ventilhub und Bauart der Sicherheitsventile in weiten Grenzen schwankt.

Aus den Gleichungen folgt ferner, daß bei großen Massen, also allgemein bei Trommelmaschinen, die Nutzlast von untergeordnetem Einfluß auf die Länge des Bremsweges und die Verzögerung ist. Die Größe der Verzögerung ist nicht abhängig von der jeweiligen Geschwindigkeit (vergl. die Gleichungen 2 und 5). Der Bremsweg wächst mit dem Quadrate der Seilgeschwindigkeit und ist umgekehrt proportional der Größe der verzögernden Kräfte. Die Bremszeit steigt

- $N$  die zu hebende Last,
- $r$  den Halbmesser der Treibscheibe.
- $r_1$  den Halbmesser der Bremscheibe,
- $v$  die Seilgeschwindigkeit beim Einsetzen der Bremse,
- $s_1$  den Bremsweg in Seilmitte,
- $s_2$  den Weg des aufgehenden Korbes, wenn  $p > g$  ist,
- $p$  die Verzögerung der Massen durch das Bremsen,
- $t$  die Bremszeit,

so ergibt sich ohne Berücksichtigung der Schacht- und Maschinenreibung allein als Wirkung der Dampfbremse bei aufgehender Last:

$$s_1 = \frac{1}{2} \frac{m v^2 r}{Q_1 r_1 + N r} \quad \dots \dots \dots (1),$$

$$p = \frac{Q_1 r_1 + N r}{m r} \quad \dots \dots \dots (2),$$

$$t = \frac{v}{p} \quad \dots \dots \dots (3),$$

und bei Wirkung von Dampf- und Fallbremse:

$$s_1 = \frac{1}{2} \frac{m v^2 r}{(Q_1 + Q_2) r_1 + N r} \quad \dots \dots \dots (4),$$

$$p = \frac{(Q_1 + Q_2) r_1 + N r}{m r} \quad \dots \dots \dots (5),$$

$$s_2 = \frac{v^2}{2 g} \quad \dots \dots \dots (6).$$

in gleichem Verhältnis mit der Geschwindigkeit und fällt ebenso mit der Verzögerung (Gleichung 3).

Die sich aus dieser Rechnung ergebenden Zahlen machen naturgemäß keinen Anspruch auf unbedingte Genauigkeit in praktischen Fällen; denn wie sich tatsächlich die Reibungsziffer, die an und für sich mit 0,5, wie sie meist eingesetzt wird, schon an der oberen Grenze liegt, bei den auftretenden hohen Drücken gestaltet, steht nicht fest. Es soll nur darauf hingewiesen werden, daß bei einer Bremse gegebenenfalls nicht nur die niedrigste, sondern auch die höchste Bremskraft berücksichtigt werden muß, und weiter, in welcher Abhängigkeit Geschwindigkeit, Bremskraft, Größe der Massen und der Nutzlast, Verzögerung, Bremszeit und Bremsweg zueinander stehen.

Aehnlich wie die Gewichtverteilung des Aufzugs und die Abmessungen der Anlagen war auch die Förderleistung recht verschieden. Ein Teil der untersuchten Anlagen förderte in 2 Hauptschichten, ein anderer in einer Hauptförderschicht. Die höchste Tagesleistung betrug 3511 t<sup>1)</sup> aus 670 m Förderhöhe auf Emscher-Lippe, die niedrigste 677 t aus 534 m Förderhöhe bei Maschine I (8 Wagen auf 1 Korbe) auf Mathias Stinnes. Die höchste Stundenleistung in der Hauptförderschicht wies ebenfalls Emscher-Lippe mit 225 t auf, die niedrigste Mathias Stinnes', Maschine II (6 Wagen auf 1 Korbe), mit 83 t. Die größte mittlere Schachtleistung in 24 st hatte Emscher-Lippe bei 363 Schacht-PS, die niedrigste Mathias Stinnes, Maschine I, bei 56 Schacht-PS. Die höchste

<sup>1)</sup> Durch besondere Vorbereitungen und Hilfsmannschaften wurde die Förderung absichtlich gesteigert.

Zahlentafel 30.

Versuchsergebnisse bei den Anlagen mit elektrischem Antrieb.

Zeit	Name der Anlage	Deutscher Kaiser		Rhein-Elbe		Mathias Stinnes				Emscher-Lippe	
		Versuchstage		8./9. VI. 1909		22./23. IV. 1910		22./23. IV. 1910		9./10. VI. 1910	
		8 st Hauptförderschicht	24 st	7 1/2 st Hauptförderschicht	24 st	8 st Hauptförderschicht	24 st	8 st Hauptförderschicht	24 st	8 st Hauptförderschicht	24 st
Förderung	1) Nutzlast . . . . . t	683	1265	1442	2692	696	677	663	958	1802	3511
	2) Förderhöhe. . . . . m	378	378	369	369	534	534	534; (384 <sup>1)</sup> )	534; (384 <sup>1)</sup> )	670	670
	3) Anzahl der Züge. . . .	181	365	294	678	157	232	172	305 <sup>1)</sup>	284	608
	4) Umsetzen bei der Produk- tenförderung . . . . .	3 mal	3 mal	3 mal	3 mal	3 mal	3 mal	5 mal	5 mal	3 mal	3 mal
	5) mittlere Nutzlast in 1 st t	85,4	52,7	192	112	87	28	83	40	225	146
	6) mittl. Nutzlast für 1 Zug »	3,773	3,466	4,904	3,970	4,431	2,917	3,853	3,140	6,347	5,774
	7) mittlere Fördergeschwin- digkeit . . . . . m/sk	8,2	—	8,4	—	7,5	—	7,7 <sup>2)</sup>	—	11,1	—
	8) mittl. Leistung . Schacht-PS	119,6	73,8	262,7	153,4	172,0	55,9	161,9	76,3	559,1	363,0
Energiever- brauch	1) Drehstrombetriebspan- nung . . . . . V	5250	5250	5000	5000	Masch. I u. II in 8 st	5000	Masch. I u. II in 24 st	5000	3000	3000
	2) insgesamt aufgenomme- ne Energie . . . . . KWst	2195	4777	3290	7476	Masch. I u. II in 8 st	3850 <sup>3)</sup>	Masch. I u. II in 24 st	8454 <sup>3)</sup>	6217 <sup>4)</sup>	13572 <sup>4)</sup>
	3) Energieverbrauch für 1 Schacht-PS . . . . . KW	2,29	2,70	1,67	2,03	Masch. I u. II in 8 st	1,97 <sup>3)</sup>	Masch. I u. II in 24 st	2,66 <sup>3)</sup>	1,39 <sup>4)</sup>	1,56 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 32 Züge von der 4. Sohle.  
verbrauch des Bremsluftkompressors.

<sup>2)</sup> für Züge von der 6. Sohle.  
<sup>4)</sup> ohne Zuschlag für die Bremse.

<sup>3)</sup> ohne Abzug für den Mehrver-

Zahlentafel 31.  
Versuchsergebnisse bei den Anlagen mit Dampftrieb.

Name der Anlage		Schürbank und Charlottenburg		Julia		Helene u. Amalie		Wilhelmine Victoria	
Versuchstage		8./9. VII. 1908		9./10. X. 1908		5. X. 09	6. X. 09	9./10. XI. 1909	
Zeit	Versuchsdauer	7 st	24 st	7 1/2 st	24 st	8 st	8 st	8 st	24 st
		55 min Hauptförder- schicht		Hauptförder- schicht		Hauptförder- schicht	Hauptförder- schicht	Hauptförder- schicht	
Förderung	1) Nutzlast . . . . . t	1113	1279	979	1900	724	758	977	988
	2) Förderhöhe . . . . . m	603	603	409	409	554	554	607	607
	3) Anzahl der Züge . . .	202	282	260	600	217	240	210	302
	4) Umsetzen während der Produktenförderung .	3 mal	3 mal nachm. 7 mal	3 mal	3 mal	2 mal	2 mal	3 mal	3 mal
	5) mittlere Nutzlast für 1 st t	141	53	130	79	90	95	122	41
	6) mittl. Nutzlast für 1 Zug »	5,510	4,535	3,765	3,167	3,336	3,159	4,652	3,272
	7) mittlere Fördergeschwin- digkeit . . . . . m/sk	10,8	—	8,7	—	9,5	9,7	10,9	—
	8) mittl. Leistung . Schacht-PS	313,8	119,2	197,9	119,7	185,6	194,4	274,5	92,6
Dampfverbrauch	1) Spannung vor dem Ab- sperrventil d. Maschine at abs.	11,2	10,9	9,2	9,2	7,1	7,2	7,4	7,3
	2) Ueberhitzung vor dem Absperrventil d. Maschine °C	218	200	Satt- dampf	Satt- dampf	Satt- dampf	Satt- dampf	Satt- dampf	Satt- dampf
	3) Luffleere an der Maschine vH	74	76,3	Auspuff	Auspuff	Auspuff	Auspuff	Auspuff	Auspuff
	4) rechner. Gesamtdampf- verbrauch . . . . . kg	40881	68850	39808	88908	36680	35815	46400	61744
	5) rechner. Dampfverbrauch für 1 Schacht-PSst . . . kg	16,5	24,1	26,82 <sup>1)</sup>	30,96 <sup>1)</sup>	24,7 <sup>2)</sup>	23,0 <sup>2)3)</sup>	21,13 <sup>1)</sup>	27,80 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> ohne Abzug für die Speisewasservorwärmung durch den Abdampf.

<sup>2)</sup> Das Kondensat der Maschine ist von dem Kondensat der Frischdampfleitung nicht getrennt gemessen und ist mit in Abzug gebracht worden.

<sup>3)</sup> ohne Abzug für die Abdampfleistung der Turbine.

Schachtleistung in der Hauptförderschicht ergab sich ebenfalls auf Emscher-Lippe mit 599 Schacht-PS, die niedrigste auf Deutscher Kaiser mit 120 Schacht-PS. Die mittlere Nutzlast für einen Zug betrug im Tagesmittel auf Emscher-Lippe 5,8 t und auf Matthias Stinnes Maschine I, 2,9 t. Die mittlere Nutzlast für einen Zug in der Hauptförderschicht berechnet sich zu 6,3 t auf Emscher-Lippe und zu 3,2 t auf Helene und Amalie Versuch 4 (6 Wagen auf einem Korbe) am 6. Oktober 1909 (vergl. Zahlentafeln 30 und 31).

Naturgemäß schwankten auch der absolute und der relative Energieverbrauch in weiten Grenzen. Die elektrische Maschine auf Emscher-Lippe gebrauchte insgesamt 13572, die auf Deutscher Kaiser 4777 KWst. Auf 1 Schacht-PS bezogen, betrug in 24 st der Energieverbrauch 1,56 KW auf Emscher-Lippe und 2,70 KW auf Deutscher Kaiser und in der Hauptförderschicht bei der erstern Anlage 1,39 und bei der letzteren 2,29 KW (vergl. Zahlentafel 30). Von den Dampfmaschinen (vergl. Zahlentafel 31) benötigte Julia in 24 st 89 t Dampf und Wilhelmine Victoria 62 t. Der Dampfverbrauch für 1 Schacht-PSst war am größten auf Julia, wo er in 24 st 31,0 kg und in der Schicht 26,8 kg betrug, am geringsten auf Schürbank und Charlottenburg, wo er sich auf 24,1 kg und 16,5 kg belief. Zu berücksichtigen ist bei diesen Zahlen, daß Schürbank und Charlottenburg hauptsächlich in einer Schicht förderte.

Auch die Beschleunigungs- und die Geschwindigkeitzahlen schwankten in erheblichen Grenzen. Die elektrischen Maschinen fahren im allgemeinen mit

niedrigerer Beschleunigung an als die Dampfmaschinen. Bei den ersteren betrug die Anfahrbeschleunigung fast gleichmäßig etwa 0,8 m/sk<sup>2</sup>, bei den Dampfmaschinen stieg sie dagegen auf Wilhelmine Victoria bis auf 1,75 m/sk<sup>2</sup>. Die erreichte Höchstgeschwindigkeit bei der vollen Fahrt war am niedrigsten auf Mathias Stinnes, wo sie etwa 13 m/sk betrug und am höchsten auf Wilhelmine Victoria mit 22 bis 23 m/sk. Die einzelnen Zahlen für Geschwindigkeit und Beschleunigung sind in der Zahlentafel 32 zusammengestellt, die zugehörigen Geschwindigkeitsdiagramme in gleichem Maßstabe in den Fig. 95 bis 102 eingezeichnet. Auf Deutscher Kaiser sind einwandfreie Geschwindigkeitsdiagramme mit den damals noch unvollkommenen Meßvorrichtungen nicht genommen worden.

Zahlentafel 32.

Für einzelne normale Züge der Kohlenförderung ermittelte Geschwindigkeits- und Beschleunigungszahlen.

Name der Anlage	elektrische Maschinen				Dampfmaschinen				
	Deutscher Kaiser <sup>1)</sup>	Rhein-Elbe	Mathias Stinnes Maschine I	Emscher-Lippe	Schürbank u. Charlottenburg	Julia	Helene und Amalie	Wilhelmine Victoria	
Förderhöhe . . . . . m	378	369	534	670	603		409	554	607
mittlere Geschwindigkeit während des Treibens m/sk	rd. 8,3	8,6	7,5	10,5	10,9 <sup>3)</sup>	10,3 <sup>4)</sup>	9,8	10,4	11,8
erreichte Höchstgeschwindigkeit . . . . . »	rd. 16	17,6	13,2	16,8	16,7	17,6	15,2	15,9	22
mittlere Beschleunigung beim Anfahren . . . m/sk <sup>2</sup>	rd. 0,7	0,89	0,49, (0,74) <sup>2)</sup>	0,79	1,4	1,23	1,41 - 0,59 <sup>5)</sup>	1,32	1,75
mittlere Geschwindigkeit bei der vollen Fahrt . m/sk	rd. 15	17,4	12,8	16,2	15,7	15,8	14,9	15,1	19,8
mittlere Verzögerung b. Auslauf . . . . . m/sk <sup>2</sup>	rd. 1,0	0,72	0,30, (1,18) <sup>2)</sup>	0,80	0,70	0,40	0,54	0,60	0,64
mittl. Verzögerung beim Auslauf ohne die Verzögerung kurz vor der Hängebank . . . . . »	—	1,4	1,18	1,22	1,27	1,39	1,04	1,35	1,28

<sup>1)</sup> Die Messungen sind nur annähernd richtig, es sind bis 15 vH Fehler möglich.  
<sup>2)</sup> nach Aufsetzen bzw. Anheben der Schachtdeckel. <sup>3)</sup> für 4,7 t Nutzlast. <sup>4)</sup> für 6,0 t Nutzlast.  
 Die normale Nutzlast betrug 5,4 t. <sup>5)</sup> Die Anfahrzeit zerfiel hier in 2 Abschnitte, 1,07 ist das Mittel aus beiden.

Schon die Verschiedenartigkeit der im Vorstehenden angeführten Zahlen ist ein Beweis dafür, daß die Endzahlen keinen Rückschluß auf die Güte und die Leistungsfähigkeit der untersuchten Anlage zulassen. Will man einwandfrei vergleichen, so darf man nicht die Endzahlen gegenüberstellen, sondern muß im einzelnen die Größe der Nutzlast, die Zugzahl, die Häufigkeit des Umsetzens, die Verluste bei ruhender Förderung, die Teufe und den Einfluß des mehr oder minder gut fahrenden Maschinisten berücksichtigen.

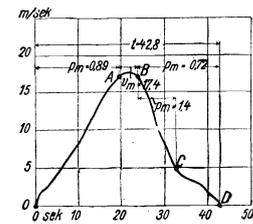
Im Folgenden sollen einige grundsätzliche Gesichtspunkte, die den Energieverbrauch maßgebend beeinflussen, in allgemeiner Form erörtert werden:

Nutzlast. Eine Dampfmaschine wird um so günstiger arbeiten, je mehr sich die mittlere betriebsmäßige Nutzlast der Nutzlast, für die sie berechnet ist, nähert. Je kleiner die Nutzlast wird, um so ungünstiger arbeitet die Maschine. Auch bei negativen Nutzlasten werden noch geringe Dampfmen gen gebraucht, allerdings nicht zum Gegendampfgaben <sup>1)</sup>. Die elektrische Fördermaschine paßt

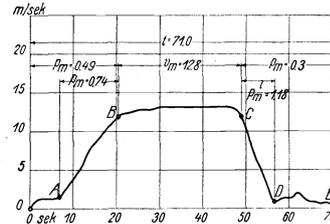
<sup>1)</sup> vergl. S. 68.

sich, soweit der Energieverbrauch der Fördermotoren in Frage kommt, einer Verringerung der Nutzlast besser an als die Dampfmaschine. Sie wird bei negativer Nutzlast, sobald diese eine bestimmte Höhe überschritten hat, Energie zurückgeben. Die Energie wird allerdings in den seltensten Fällen das Netz erreichen, sondern in der Regel vom Iglner für seine Leerlaufarbeit aufgezehrt werden.

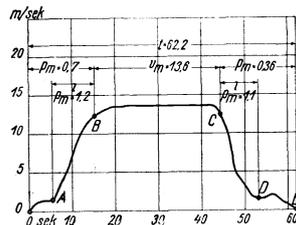
Umsetzen. Der Dampfverbrauch beim Umsetzen richtet sich in jedem Falle nach der jeweiligen Kolbenstellung. Sind Schachtfallen (Aufsatzvorrichtungen) vorhanden, so steigt er nicht unerheblich. Bei elektrischen Maschinen ist die Energieaufnahme beim Umsetzen im Verhältnis nicht so beträchtlich wie bei den Dampfmaschinen.



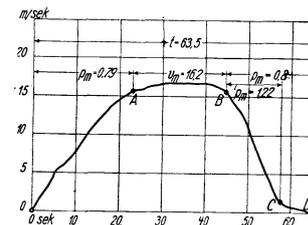
Rhein-Elbe, 4,7 t Nutzlast.



Mathias Stinnes, Maschine I,  
5,7 t Nutzlast.

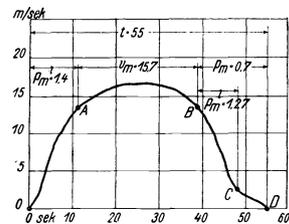


Mathias Stinnes, Maschine II,  
4,1 t Nutzlast.

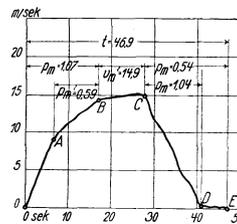


Emscher-Lippe, 6,35 t Nutzlast.

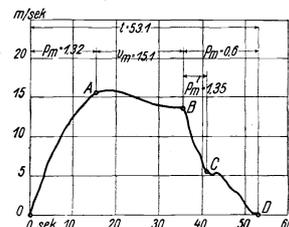
Fig. 95 bis 98. Geschwindigkeitsdiagramme von Zügen der Produktenförderung der elektrisch angetriebenen Fördermaschinen.



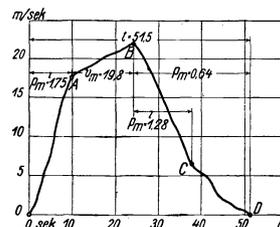
Schürbank und Charlottenburg,  
4,7 t Nutzlast.



Julia, 4,2 t Nutzlast.



Helene und Amalie, 3,3 t Nutzlast.



Wilhelmine Victoria, 4,6 t Nutzlast.

Fig. 99 bis 102. Geschwindigkeitsdiagramme von Zügen der Produktenförderung der Dampf-  
fördermaschinen.

Zugzahl und Energieverbrauch bei ruhender Förderung. Bei den Dampfmaschinen entstehen Verluste durch Undichtigkeit der Maschinenorgane und durch Abkühlung. Beide scheinen, soweit es sich bei den Versuchen feststellen ließ, je nach dem Zustand der Maschine in erheblichen Grenzen zu schwanken. So wurden auf Helene und Amalie in der Nachtschicht bei geringer Förderung in einem Falle 0,48 t und in einem anderen 0,23 t Dampf in der Stunde (vergl. S. 78 u. f.), auf Schürbank und Charlottenburg dagegen in der gleichen Zeit 1,1 t Dampf verbraucht. Bei den elektrischen Anlagen entstehen Verluste ohne Rücksicht auf die Förderung durch den Energieverbrauch für den Leerlauf des Ilgnersatzes, durch die Erregung und durch den Betrieb der Ölpumpen. Diese Verluste bedeuten bei einer geringen Förderung einen hohen Prozentsatz des Gesamtverbrauches und beeinflussen die Endzahlen erheblich. Nach Abzug dieser Verluste, die ohne Rücksicht auf die Förderintensität entstehen, betrug beispielweise der Energieverbrauch für 1 Schacht-PS in der Hauptförderschicht auf Deutscher Kaiser 1,37 KW, auf Rheinelbe 1,27 KW, auf Mathias Stinnes 1,29 KW und auf Emscher-Lippe 1,13 KW. Hieraus geht hervor, daß die Anlagen unter sich gleichwertig sind. Einschließlich dieser Verluste betrug der Energieverbrauch dagegen 2,29 KW auf Deutscher Kaiser (mittlere Schachtleistung 73,8 Schacht-PS) und 1,39 KW (mittlere Schachtleistung 363,0 Schacht-PS) auf Emscher-Lippe. Die Leerlaufverluste selbst weichen im Verhältnis zu der Größe der Anlagen wenig voneinander ab. Eine Ueberschlagsrechnung wie die vorstehende läßt sich natürlich nur anstellen, wenn die mittlere Nutzlast für einen Zug bei den verschiedenen Anlagen annähernd gleich groß ist.

Teufe. Wesentlich wird der Energieverbrauch der Fördermaschinen durch die Teufe beeinflußt. Ein Treiben zerfällt unter gewöhnlichen Umständen in drei Abschnitte, in denen die Maschine unter ganz verschiedenen Verhältnissen zu arbeiten hat, nämlich das Anfahren, die volle Fahrt und den Auslauf. Während des Anfahrens sind außer der zu leistenden Nutzarbeit die Massen des Aufzuges zu beschleunigen. Eine Dampfmaschine muß daher mit verhältnismäßig großer Füllung anfahren. Sie wird also hierbei bedeutend unwirtschaftlicher arbeiten als bei der günstigsten Füllung während der vollen Fahrt. Je größer aber die Teufe wird, desto länger hält die volle Fahrt an und desto niedriger wird der mittlere Dampfverbrauch für 1 Schacht-PS während eines Zuges. Bei den elektrischen Fördermaschinen ist die Verschiedenheit im Energieverbrauch der Fördermotorenanker während der einzelnen Abschnitte nicht so groß wie bei den Dampfmaschinen. Aber auch hier werden die Endverbrauchszahlen bei großer Teufe bedeutend günstiger ausfallen als bei geringer Teufe, da mit der gesteigerten Schachtleistung der Anteil der Leerlaufverluste im Verhältnis bedeutend geringer wird.

Die Größe der Teufe beeinflußt naturgemäß auch die Abmessungen der Maschinen, da die Massen durch die schwerer und länger ausfallenden Seile vergrößert werden. Immerhin ist diese Vergrößerung für einige 100 m Unterschied in der Teufe nicht so bedeutend, daß sie für die Abmessungen der Dampfmaschinen oder der Fördermotoren stark ins Gewicht fiele. Der zahlenmäßige Einfluß der Teufe auf die Maschinenleistung und auf die Beschleunigung beim Anfahren läßt sich leicht durch Zusammenstellen der vergrößerten Seilgewichte mit den übrigen Schwunggewichten feststellen. Bei den elektrischen Fördermaschinen würde eine Vergrößerung der Teufe auf die Höhe der Schlupfverluste und die Abmessungen des Ilgner-Motors, auf die obere Grenze seiner jeweiligen Belastung und auf die zu wählende Größe des Schwungrades einwirken.

Seiltrommeln. Bei der Förderung mit Seiltrommeln sind die Massen stets erheblich größer als bei der Koepförderung. Die Maschinen müssen daher im ersteren Falle stets stärker gebaut werden als im letzteren. Wegen der großen Massen erhöht sich der Dampfverbrauch beim Anfahren, ferner wird häufig beim Auslauf des Treibens mit Gegendampf gefahren werden.

Der Einfluß der verschiedenartigen Größenverhältnisse bei Trommel- und Koepmaschinen auf den Energieverbrauch soll durch die folgende Rechnung erläutert werden, wobei die Verhältnisse von Schürbank und Charlottenburg zugrunde gelegt sind.

Wäre die Anlage Schürbank und Charlottenburg mit einer Treibscheibe von rd.  $1 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2$  ausgerüstet, dann betrüge nach Zahlentafel 15 die Gesamtmasse

$$9,16 - (3,92 + 0,68^1) - 1 = 9,16 - 3,6 = 5,56 \text{ tm}^{-1} \text{ sk}^2.$$

Bei Koepförderung würde demnach, um in der gleichen Zeit 6 t Nutzlast zu heben, bei einer Beschleunigung von  $1,8 \text{ m/sk}^2$  (vergl. Fig. 70) eine Umfangskraft von  $1,8 \cdot 5,56 + 6 = 16,0 \text{ t}$  nötig sein gegenüber 22,5 t bei einer unter gleichen Verhältnissen arbeitenden Trommelmaschine.

Bei einer Beschleunigung von  $1,23 \text{ m/sk}^2$  (in Fig. 70 von O bis A) betrüge die Umfangskraft bei einer Koepmaschine  $1,23 \cdot 5,56 + 6 = 6,8 + 6 = 12,8 \text{ t}$  gegenüber 17,3 t bei der Trommelmaschine. Eine Trommelmaschine müßte also unter sonst gleichen Verhältnissen bei  $1,8 \text{ m/sk}^2$  Beschleunigung um  $\frac{(22,5 - 16,0) \cdot 100}{16,0} = 41 \text{ vH}$  und bei  $1,23 \text{ m/sk}^2$  Beschleunigung um  $\frac{(17,3 - 12,8) \cdot 100}{12,8} = 35 \text{ vH}$  stärker gebaut werden als eine Maschine für Koepförderung.

Aber auch für den Auslauf stellen sich die Verhältnisse für die Koepescheibe günstiger; denn hier wären bei B (vergl. Fig. 70)  $\frac{56 \cdot 12,7^2}{2} = 450 \text{ tm}$  an kinetischer Energie vorhanden. Da allein zum Lastheben  $67 \cdot 6 = \text{rd. } 400 \text{ tm}$  verbraucht werden, blieben für die Ueberwindung der Schacht- und Maschinenreibung nur  $\frac{450 - 400}{67} = 0,750 \text{ t}$  am Umfange übrig. Eine Vernichtung von Energie durch Gegendampf wäre also nicht notwendig.

Die bei der in Betracht kommenden Trommelmaschine durch Gegendampf entstehenden Verluste würden sich einwandfrei feststellen lassen, wenn die Schacht- und Maschinenwiderstände, ähnlich wie es später auf Wilhelmine Victoria geschehen ist, festgestellt worden wären. Nach einer Ueberschlagrechnung, bei der diese Widerstände mit  $1,8 \text{ t} = \frac{1}{3}$  der Normallast eingesetzt sind, belaufen sich die Verluste bei der Nutzlast von 6,0 t (vergl. Fig. 70) auf 6 vH der Schachtleistung des Zuges.

Bei 4,7 t Nutzlast (vergl. Fig. 69) ergibt eine entsprechende Rechnung für die Trommelmaschine hinsichtlich ihrer Größe und Wirtschaftlichkeit noch ungünstigere Zahlen als bei der obenstehenden. Die Gegendampfverluste würden bei 4,7 t Nutzlast z. B. etwa 10 vH der insgesamt aufgewandten Nutzarbeit betragen.

Führung der Maschine. Der Einfluß, den der Fördermaschinist auf den Energieverbrauch durch mehr oder minder geschicktes Fahren ausüben kann, ist bei den elektrischen Maschinen gering, bei den Dampfmaschinen dagegen von wesentlicher Bedeutung. Bei der Dampfmaschine muß vor allem ein Drosselverlust möglichst vermieden und die günstigste Füllung ausgenutzt werden.

<sup>1)</sup> Masse des auf die Fördertrommel aufgewickelten Seiles.

Wieviel durch die neuerdings in Aufnahme kommenden Fahrtregler<sup>1)</sup> in dieser Beziehung zu erreichen ist, konnte bei den vorliegenden Versuchen nicht festgestellt werden, da keine der untersuchten Anlagen mit einer solchen Einrichtung ausgerüstet war. Naturgemäß kann die Wirksamkeit des Maschinisten bei Dampfmaschinen durch eine entsprechende Schulung und Beaufsichtigung vorteilhaft beeinflusst werden.

Die vorstehenden Erörterungen sollen für die verschiedenartigen Einflüsse auf den Energieverbrauch naturgemäß nur allgemeine Gesichtspunkte für eine vergleichende Beurteilung bieten. Sollen dafür rechnerische Unterlagen aufgestellt werden, so müßte man die Messungen von vornherein dementsprechend einrichten. Man würde also nicht betriebsmäßige Versuche von längerer Dauer, wie es bisher geschehen ist, vornehmen, sondern entsprechend dem im Einzelfalle beabsichtigten Zweck der Untersuchung, bestimmte, darauf besonders zugeschnittene Einzelmessungen anstellen. Dabei wären im einzelnen durch getrennte Versuche, z. B. bei den elektrisch betriebenen Maschinen der Energieverbrauch des Ilnermotors bei Leerlauf, der Energieverbrauch für die Erregung und beim Umsetzen sowie ferner der Verbrauch der Fördermotorenanker bei abgestufter positiver und negativer Nutzlast und die entsprechenden Schlupfverluste festzustellen. Bei Dampfmaschinen würde man den Dampfverbrauch bei abgestufter positiver und negativer Nutzlast, den Verbrauch beim Umsetzen und bei Stillstand der Maschine in einzelnen, voneinander unabhängigen Versuchen zu bestimmen haben. Zugleich müßten sowohl bei Dampftrieb als auch bei elektrischem Antrieb die Geschwindigkeit, der Einfluß der Massen bei den einzelnen Förderzügen unter Berücksichtigung der Teufe, nach den Fahrzeitabschnitten unterschieden, festgestellt werden.

Mit derartigen Einzelversuchen hat der Versuchsausschuß bereits einen Anfang gemacht. Wegen der unzulänglichen Meßgeräte können sie aber nur als Vorversuche für gegebenenfalls vorzunehmende endgültige Versuche angesehen werden. Für die elektrischen Untersuchungen ist indes die Meßgeräfrage so weit geklärt und zum Abschluß gebracht worden, daß Einzelversuchen nach den dargelegten Gesichtspunkten keine Hindernisse mehr im Wege stehen dürften. Für Einzelversuche an Dampfmaschinen fehlt z. Z. noch ein geeigneter, zuverlässig arbeitender, selbstaufzeichnender Dampfmesser. Das Ergebnis der bisherigen Einzelversuche an Dampffördermaschinen, das, falls die Versuche in Zukunft fortgesetzt werden sollen, von Bedeutung sein wird, möge im Folgenden mitgeteilt werden.

#### Einzelmessungen.

Diese Messungen wurden auf Wilhelmine Victoria vorgenommen. Sie bezogen sich auf einen einzelnen, normal belasteten Förderzug. Die auf den Körben befindlichen Lasten wurden dabei einzeln durch Wägen genau bestimmt. Die Korb- und Seilgewichte sind im einzelnen, obwohl auch hier Verschiedenheiten möglich sind, nicht festgestellt worden<sup>2)</sup>. Die nachstehenden Zahlen können daher keinen Anspruch auf unbedingte Genauigkeit für den betreffenden Fall, sondern nur auf allgemeine Bedeutung erheben. In Fig. 103 ist die Zylinderleistung nach Kolbenseiten auf Wegbasis eingezeichnet. Der Darstellung liegen

<sup>1)</sup> Unter Fahrtreglern sind hier solche Vorrichtungen verstanden, die sowohl die Geschwindigkeit als auch die Füllung der Zylinder beeinflussen.

<sup>2)</sup> Will man eine derartige Nachprüfung, die immerhin umständlich ist, umgehen, so würde es sich empfehlen, die Untersuchungen jedesmal auf zwei Züge mit entgegengesetzter Drehrichtung auszudehnen.

die Messungen mit den fortlaufend aufzeichnenden Indikatoren von Dreyer, Rosenkranz & Droop zugrunde. Fig. 104 gibt das Geschwindigkeitsdiagramm und die indizierte Leistung des betreffenden Zuges auf Zeitbasis wieder. In Fig. 105 sind die einzelnen Vorgänge als Summen dargestellt<sup>1)</sup>. Die Punkte *O*, *A*, *B*, *C* und *D* geben in den einzelnen Figuren die gleiche Tiefe an. In Fig. 103



Fig. 103. Schaulinien für Geschwindigkeit Nutzlast, Umfanglast und Leistung auf Wegbasis eines Zuges mit normaler Nutzlast der Fördermaschine auf Zeche Wilhelmine Victoria.

sind auf Wegbasis als Ordinaten aufgetragen: die Nutzlast *P*, die Umfangsgeschwindigkeit *v*, die indizierte Umfangskraft *P*, die Schachtleistung *PS* und die indizierte Leistung *PS*. Unterhalb der Kurven ist ein zugehöriges Indikator-diagramm eingezeichnet. Die indizierte Umfangskraft ist nach Hüben für

<sup>1)</sup> Vergl. Z. d. V. d. I. 1892 S. 1 ff.

jeden Zylinder und jede Kolbenseite aufgetragen; sie betrug durchschnittlich beim Anfahren von *O* bis *A* etwa 18000 kg und von *A* bis *B* etwa 8500 kg, beim Auslauf ist sie gering und im Mittel negativ; am Schluß des Treibens wird für eine kurze Weglänge die Umfangskraft wieder positiv. Die Kurven für den Auslauf sind nur mit einer gewissen Einschränkung zu benutzen; denn hier sind bei den auftretenden geringen Drücken die Fehler der Indikatoren verhältnismäßig am größten. Aus der Darstellung ist ersichtlich, daß die einzelnen Zylinder und auch ihre Kolbenseiten nicht genau gleichmäßig gearbeitet haben<sup>1)</sup>. Der Einfachheit halber sind in der Zeichnung die Drücke ohne Rücksicht auf die Form des Tangentialdruckdiagramms und den Ungleichförmigkeitsgrad als Mittelwerte für den betreffenden Hub aufgezeichnet worden. Während die Ordinaten der einzelnen Kurven die Umfangskraft angeben, stellt die eingeschlossene Fläche die geleistete Arbeit dar. Die indizierte Leistung der Maschine erreichte beim Anfahren einen Höchstwert von 3600 PS<sub>i</sub> und bei der vollen Fahrt etwa 2400 PS<sub>i</sub>.

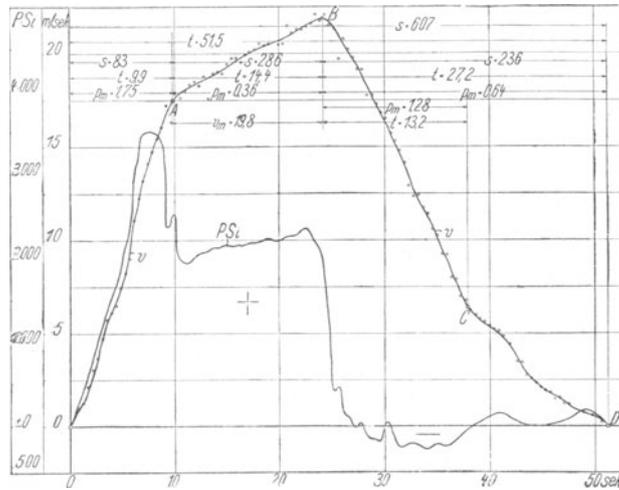


Fig. 104. Schaulinien für Geschwindigkeit und Leistung auf Zeitbasis eines Zuges mit normaler Nutzlast der Fördermaschine auf Zeche Wilhelmine Victoria.

In Fig. 105 sind die indizierte Arbeit der Fördermaschine  $P_i l$ , die Nutzarbeit des Aufzuges  $P_l l$ , die kinetische Energie der bewegten Massen  $M \frac{v^2}{2}$  und die Zeit  $t$  in Summenkurven auf Wegbasis eingetragen. Danach sind in der Anfahrzeit von *O* bis *A* im ganzen 390 tm Nutzarbeit, 840 tm an kinetischer Energie und 1510 tm an indizierter Maschinenarbeit geleistet worden. Der Verlust im Schacht beträgt von *O* bis *A* 280 tm. Von *A* bis *B* steigt die Geschwindigkeit weiter. Die Zunahme der kinetischen Energie beträgt 520 tm, der geleisteten Nutzarbeit 1360 tm und der indizierten Arbeit 2400 tm, der Gesamtverlust von *A* bis *B* mithin  $2400 - (1360 + 520) = 520$  tm. Von *B* bis *D* wird die zum Lastheben und zur Ueberwindung der Schacht- und Maschinenreibung benötigte Arbeit fast ausschließlich von den bewegten Massen abgegeben. Die Kurve für die indizierte Leistung verläuft daher annähernd in einer Geraden, fallend zeigt sie Gegendampf, steigend Dampf im Sinne des Treibens an. Die Verluste in der Maschine und im Schacht betragen für

<sup>1)</sup> Eine vollständige Gleichmäßigkeit wird sich allerdings praktisch auch wohl kaum erreichen lassen.

das ganze Treiben  $3980 - 2820 = 1160$  tm oder, auf Seilmitte bezogen, im Mittel  $1,9$  t. Außerdem ist in Fig. 105 die Geschwindigkeitskurve eingetragen. Die letztere läßt sich natürlich nicht als Summenkurve darstellen. Fig. 104 enthält die Geschwindigkeit und die indizierte Leistung auf Zeitbasis. Es war beabsichtigt, die Fig. 103 bis 105 zur Vervollständigung durch eine Dar-

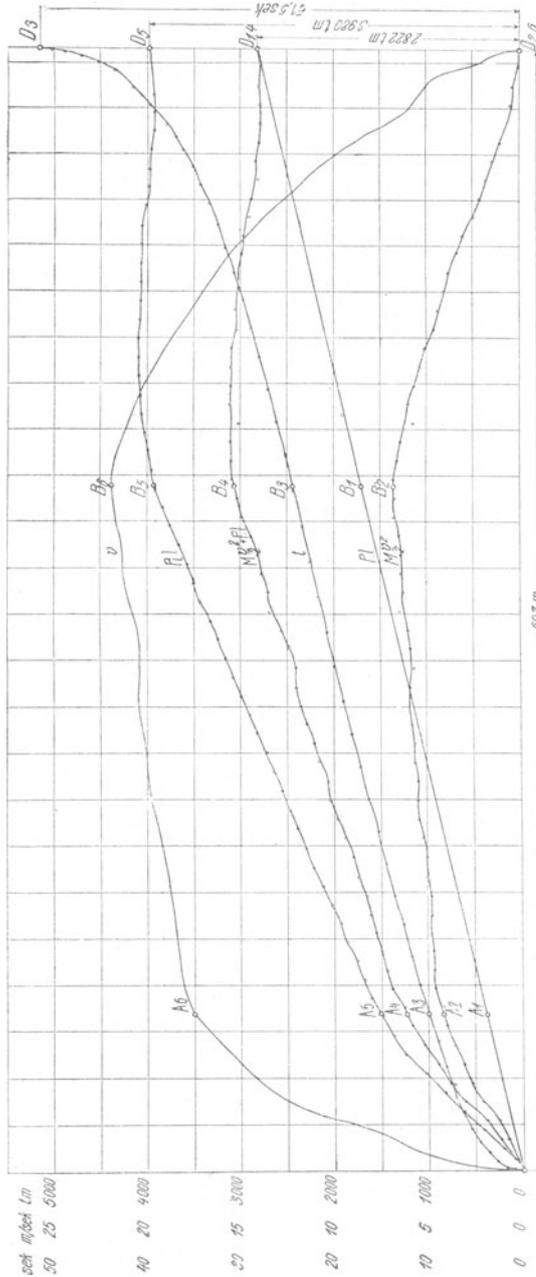


Fig. 105. Summenkurven für Arbeit, kinetische Energie und Zeit auf Wegbasis eines Zuges mit normaler Nutzlast der Fördermaschine auf Zeche Wilhelmine Victoria.

stellung des Dampfverbrauches während des Treibens zu ergänzen und die entsprechenden Kurven auch für eine elektrisch betriebene Maschine aufzeichnen. Dies ist unterblieben, weil keine genügend genauen Unterlagen gefunden worden sind. Dabei würde der Darstellung des Dampfverbrauches die

Arbeit der Fördermotorenanker entsprochen haben. Aus den dargestellten Kurven hätte man ein vollständiges Bild der Maschinenarbeit, der Nutzarbeit, der Verluste in Schacht und Maschine und des Verbrauches von Dampf oder elektrischer Energie erhalten und auf diese Weise die betreffenden Zahlen nach Fahrzeitabschnitten getrennt betrachten, die verschiedenartigen Einflüsse rechnerisch bestimmen, demnach Vergleiche über die Leistung und den Energieverbrauch der verschiedenen Anlagen ziehen und den Energie- oder Dampfverbrauch einer bestimmten Anlage für andere Betriebsverhältnisse, d. i. für andere Zugzahl, Nutzlast und Teufe rechnerisch ermitteln können. Diese Absicht ist an der Unzulänglichkeit der Dampfmeßgeräte gescheitert.

### **Schlußbemerkungen.**

Zum Schluß möge nochmals betont werden, daß es nicht angängig ist, die bei den Versuchen ermittelten Energieverbrauchszahlen ohne Rücksicht auf die gesamten Förderverhältnisse zu vergleichen. Aus den sich ergebenden erheblichen Unterschieden kann nicht ohne weiteres gefolgert werden, daß einer bestimmten Bauart oder einer der beiden Energieformen der Vorzug zu geben sei. Bei der Frage, welche Antriebsart man zweckmäßig wählt, ist außer den Kosten für den Energie- oder Dampfverbrauch und außer den Anschaffungs-, Abschreibungs- und Ausbesserungskosten auch noch von maßgebender Bedeutung, wie sich die betreffende Antriebsart den allgemeinen Betriebsverhältnissen der in Betracht kommenden Zeche anpaßt.

Endlich soll noch kurz auf die verlangten, angebotenen und zugesicherten Leistungszahlen eingegangen werden. Es fällt auf, daß diese meist für eine andere als die vorhandene Teufe verlangt und gegeben worden sind, und daß sie in vielen Fällen für eine höhere Zugzahl und Nutzlast angegeben werden, als den Wageninhalten und den augenblicklichen Abbauverhältnissen der betreffenden Anlage entspricht. Da eine Nachprüfung durch Umrechnen schwierig und für Abnahmeversuche nicht zuverlässig genug ist, erscheint die Festlegung derartiger Zahlen verfehlt. In allen Fällen sollten daher die Leistungszahlen in erster Linie mit Rücksicht auf die augenblicklichen Betriebsverhältnisse und erst in zweiter Linie für den späteren Ausbau der Anlage verlangt und gegeben werden. Sonst kann es vorkommen, daß die Fördermaschine bereits verbraucht ist, ehe die den Leistungszahlen entsprechenden Verhältnisse erreicht werden; die Maschine hat bei der geringen Teufe einen wesentlich höheren Energieverbrauch für 1 Schacht-PS, so daß die zugesicherten Leistungsziffern ein irreführendes Bild geben. Bei elektrischen Fördermaschinen dürfte es sich empfehlen, im einzelnen Zahlen über den Energieverbrauch bei leerlaufendem Ilgnersatz, für die Erregung der Fördermotoren, die Schlupfverluste und die Belastung des Ilgnermotors zu verlangen.

---