

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTFLEITER: C. MATSCHOSS VDI

Bd. 78

SONNABEND, 21. JULI 1934

Nr. 29

Stand der Hauptschachtförderung hinsichtlich Sicherheit und Leistung

Von Privatdozent Dr.-Ing. A. Vierling VDI, Clausthal

Am 22. und 23. Juli 1834 wurden im Schacht der Grube Caroline bei Clausthal im Harz die ersten der von Oberbergrat Wilhelm August Julius Albert erdachten und nach seinen Angaben angefertigten Drahtseile aufgelegt. Die entscheidende Bedeutung von Erfindung und Tat für die Schachtförderung wird anlässlich der hundertsten Wiederkehr jener Tage in Clausthal am 21. Juli 1934 durch eine Feier und eine in Verbindung damit am 20. Juli 1934 stattfindende Sitzung des Ausschusses für Drahtseilforschung beim Verein deutscher Ingenieure besonders gewürdigt. Sie hat auch die Anregung dazu gegeben, im folgenden nach einem Blick auf die durch Alberts Erfindung erst möglich gewordene Entwicklung den heutigen Stand der Hauptschachtförderung hinsichtlich der insbesondere vom Drahtseil beeinflussten beiden Gesichtspunkten: Sicherheit und Leistung, zu betrachten.

Erfindung und Einführung des Drahtseils

Nach ihrer erstmaligen Einführung im Jahre 1568 auf dem Rammelsberg bei Goslar hatten eiserne Ketten die teuren, wenig widerstandsfähigen Hanfseile früherer Zeit rasch verdrängt und sich als „eiserne Grubenseile“ des 17. und 18. Jahrhunderts allgemein bewährt. Mit der zunehmenden Teufe der Schächte aber (300 m und mehr) wurden sie so schwer, daß häufige Kettenbrüche Sicherheit und Leistung des Förderbetriebes ernstlich gefährdeten. Die Anwendung von Ketten mit nach der Teufe zu schwächer werdenden Gliedern konnte nur für kurze Zeit Abhilfe bringen. Auch die daraufhin in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts wegen ihres geringen Gewichtes wieder wettbewerbfähig erscheinenden Hanfseile waren den betrieblichen Anforderungen der Förderung in den nassen, „tonnlägigen“ (nicht senkrechten, sondern dem wechselnden Einfallen der Erzgänge folgenden) Harzer Schächten nicht gewachsen.

Dieses schwerwiegende Hemmnis für die weitere Entwicklung des Harzer Bergbaues war für Oberbergrat Albert der Ansporn zu seinen mit unermüdlicher Zähigkeit angestellten planmäßigen Versuchen zur Erhöhung der Tragfähigkeit der Förderketten. Sie brachten aber nicht das angestrebte Ergebnis, überzeugten vielmehr Albert von der Unbrauchbarkeit der Kette als Fördermittel für Teufen über 400 m überhaupt. In folgerichtiger Weiterführung seiner Überlegungen kam er zu Anfang des Jahres 1834 auf den Gedanken, ein eisernes Seil ohne Schmieden und Schweißen aus einzelnen, miteinander verflochtenen, dünnen, langen Drähten herzustellen¹⁾. Nach umfangreichen Versuchen mit kurzen Probestücken, die in Förderketten eingesetzt und besonders auf ihre Biegsamkeit beim Lauf über Seilscheiben und Fördertrommel beobachtet wurden und sich ausgezeichnet bewährten, wurden zwei für den Betrieb bestimmte Drahtseile dieser Machart angefertigt. Sie waren 600 m lang und aus drei Litzen zu je 4 Drähten von 3,5 mm Dmr. im Gleichschlag zusammengedreht und wurden am 22. und 23. Juli 1834 auf



Abb. 1. Albertsches Drahtseil aus der Einführungszeit (Einbandende).

der Grube Caroline bei Clausthal aufgelegt. Sie übertrafen die hinsichtlich Biegsamkeit, Festigkeit und Abnutzung in sie gesetzten Erwartungen, so daß in rascher Folge die Mehrzahl der Harzer Schächte mit dem Albertschen Drahtseil ausgerüstet werden konnte; die durch die Unzulänglichkeit des Tragmittels verursachten Nöte dieses Bergbaugesbietes waren damit behoben.

Ein Stück eines Albertschen Drahtseils aus der Einführungszeit zeigt Abb. 1; besonders beachtenswert ist der Einband (Verbindungsstelle des Seils mit der Kette des Kübels), der in vorzüglicher Spleißung hergestellt ist.

Angefertigt wurden die Drahtseile unter Alberts Leitung auf dem Boden der Dorotheer Erzwäsche zu Clausthal. Fremde Verbraucher bezogen sie entweder von dort oder fertigten sie selbst nach den ausführlichen Veröffentlichungen und bereitwilligen Auskünften des Erfinders. Für die Reife der Erfindung zu ihrer allgemeinen Einführung in den Bergbau zeugt, daß sie bereits ein Jahr später von der Hanfseilerei und Hanfwarenfabrik Felten & Guillaume, Köln, zur fabrikmäßigen Herstellung übernommen wurde. Weitere private Unternehmer folgten und damit wurde die Seilindustrie zum Träger der weiteren Entwicklung und Vervollkommnung des Drahtseils.

Entwicklungsstufen der Schachtförderung

Nachdem so im Eisendrahtseil für die Schachtförderung ein Tragmittel geschaffen war, das auf weiteste Sicht allen mit einer erheblichen Steigerung der Leistung und Sicherheit verbundenen Anforderungen gewachsen war, setzte die Entwicklung an den übrigen Hauptteilen der Schachtförderanlagen ein. Ihre große Linie läßt sich durch folgende Stichworte kennzeichnen:

Einführung des Dampftriebs und Durchbildung der Dampffördermaschine zu einer besonderen Maschine, Ersatz des tonnlägigen durch den senkrechten Schacht, Erhöhung der Fördergeschwindigkeit, Übergang von der einfachen Gefäßförderung mit einem unmittelbar ans Seil geschlagenen freischwebenden Kübel oder Förderwagen zum besonderen in festen Führungen gleitenden, mehrere Wagen fassenden Gestell, Vergrößerung der

¹⁾ Vgl. hierzu: W. Bornhardt, Wilhelm August Julius Albert und die Erfindung der Drahtseile; Gedächtnisschrift zu Ehren des um den Oberharzer Bergbau hochverdienten Mannes zur Jahrhundertfeier seiner Erfindung, Berlin 1934

Nutzlast, Durchbildung des Seilgewichtsausgleichs, Einführung der Treibscheibe, Ausbildung der elektrischen Fördermaschine, Durchbildung der neuzeitlichen Gefäßförderung für größte Leistung.

Fortschreitend mit diesen Entwicklungsstufen steigerten sich die Anforderungen an die Sicherheit des Betriebes und zwangen zur stetigen Vervollkommnung und Verfeinerung der besonderen Sicherheitseinrichtungen.

Stand der Hauptschachtförderung hinsichtlich Sicherheit

Der Stand der Sicherheit der Hauptschachtförderung soll gekennzeichnet werden durch Betrachtung der baulichen, betrieblichen und versuchstechnischen Maßnahmen, die die Sicherheit des lebenswichtigsten Teils, des Förderseils, bis zu dem heute erreichbaren Höchstmaß steigern, sodann der besonderen Einrichtungen, die eine sichere Beherrschung des Antriebs und Überwachung des Ablaufs des Förderzuges gewährleisten, und schließlich jener Vorrichtungen, die in Fällen der Gefahr in Tätigkeit treten.

Auswahl des Förderseils und Prüfung vor dem Auflegen; — Seilsicherheit

Die Auswahl wird erleichtert durch die bereits vollzogene Normung der am häufigsten verwendeten rundlitzigen Rundseile (DIN Berg 1251); Flachseile sind zwar ebenfalls genormt (DIN Berg 1252), kommen aber wegen ihrer geringeren Widerstandsfähigkeit in Deutschland fast nur als Unterseile in Betracht. Die Normung der Rundseile erstreckt sich auf den Aufbau und die Dicke der Einzeldrähte, wobei die Ausführungen für einen bestimmten Nenn Durchmesser sich überschneiden und damit noch eine Wahl in engen Grenzen offen lassen. Die Zugfestigkeit des Einzeldrahtes ist mit 140, 160 und 180 kg/mm² festgesetzt; die Seile aus Drähten mit 140 und 160 kg/mm² werden blank, verzinkt und verbleit, solche aus Drähten mit 180 kg/mm² nur blank geliefert. Die Flechtart kann je nach den Anforderungen der Förderung gewählt werden.

Teufen über 700 m erfordern wegen des großen Eigengewichts des Förderseils Seile mit hohen Zugfestigkeiten. In nassen Schächten ergibt die Verzinkung (DIN Berg 1254) einen wirksamen Rostschutz, bei salzhaltigem Wasser die Verbleitung. Die Ausführungen mit dicken Drähten bieten größeren Widerstand gegen Rost und Verschleiß. Für Treibscheibenförderung sind wegen des besseren Reibungsschlusses zwischen Seil und Belag Längsschlagseile vorzuziehen (Drähte in den Litzen und Litzen im Seil haben gleiche Drehrichtung; Gleichschlag, Albertschlag), während für die Trommelförderung der Kreuzschlag wegen seines geringeren Drallmoments vorteilhafter ist (Litzen im Seil entgegengesetzt geschlagen gegenüber den Drähten in den Litzen). Dreikantlitzige Rundseile haben kleineren Durchmesser und glattere Oberfläche; sie werden im Längsschlag für besonders große Lasten bevorzugt. Auch Tru-Lay-Seile, bei deren Herstellung Drähte und Litzen die Schraubenform, in der sie im fertigen Seil liegen müssen, im voraus gegeben wird, verdienen wegen der hierdurch erzielten Vorzüge der Spannungsfreiheit, Drallarmut, großen Biegsamkeit und erhöhten Lebensdauer besondere Beachtung.

Zu prüfen ist das Förderseil vor dem Auflegen nach den behördlichen Bestimmungen²⁾ durch Zug- und Hin- und Herbiegeversuche mit den einzelnen Drähten. Empfohlen werden Verwindeversuche und Zugversuche im ganzen Strang. Die Prüfverfahren für Drahtseile allgemein sind niedergelegt in den Normblättern DIN DVM 1201 und 1211.

Die Prüfungen werden ergänzt durch Werkbescheinigungen über den Werkstoff des Drahtes und Angaben über die Faserseile und deren Tränkung.

Die Seilsicherheit, d. h. das Verhältnis der Bruchlast des Seiles zur ruhenden Höchstbelastung bis zum Ende der Aufliegezeit muß sechsfach bei Lastfahrt, achtfach bei Seilfahrt sein. Bei Koepeförderung, wo eine

Nachprüfung der Bruchlast im Betrieb an abzuhaudenden Seilenden nicht mehr möglich ist, wird vor dem Auflegen bei Güterförderung eine siebenfache, bei Seilfahrt eine neunehnfache Sicherheit gefordert und die Aufliegezeit zunächst auf zwei Jahre beschränkt. Die Seilfahrtsicherheiten können unter bestimmten Voraussetzungen auf das sieben- bzw. achteinhalffache herabgesetzt werden; die Seilbelastung bei Seilfahrt darf nicht mehr als 90 % derjenigen bei Güterförderung betragen.

Pflege und Überwachung des Förderseils im Betrieb

Das „Merkblatt für den Betrieb von Förderseilen“, herausgegeben von den Seilprüfungsstellen (Westfälische Berggewerkschaftskasse, Bochum, und Bergbauliche Werkstoff- und Seilprüfungsstelle, Berlin), gibt für die Seilbehandlung Ratschläge und weist auf die häufigsten Seilschäden und deren Ursachen sowie die Abhilfemaßnahmen hin. Besonders eindringlich wird auf den Rost, als den gefährlichsten Feind der Seile, aufmerksam gemacht; die Mittel zu seiner Fernhaltung, wie ordnungsmäßige Tränkung der Faserseile schon bei der Seilherstellung und regelmäßige Schmierung von außen während des Betriebes, werden angegeben.

Zum Erkennen von Schäden sind die Förderseile täglich, wöchentlich und sechswöchentlich nachzusehen, wobei die vorgeschriebene Genauigkeit mit der Fristdauer wächst.

Da die Anzahl der Drahtbrüche maßgebend ist für das Nachlassen der Festigkeit und den Zeitpunkt des Ablegens des Seiles, wird auf ihre genaue Feststellung größter Wert gelegt. Unabhängig von der subjektiven Beobachtung hält die *Adamsche Seilkamera*³⁾ die Oberfläche des Seils von drei Seiten gesehen im Film fest. Zur Ermittlung von äußerlich nicht erkennbaren Drahtbrüchen wird neuerdings ein elektromagnetisches Verfahren angewendet⁴⁾. Um noch die Verteilung der Drahtbrüche auf die einzelnen Drähte und Litzen feststellen zu können, stellt die Firma Felten & Guilleaume, Eschweiler Draht-A.-G., Förderseile mit „Zähldrähten“ her; sie kennzeichnet in einer Litze zwei, in den übrigen je einen äußeren Draht durch Farbe, Verzinkung, Rille oder dergl., so daß jeder Draht an jeder Seilstelle leicht wiederzuerkennen ist.

Die Seilprüfungsstellen und die Forschungsstätten der Hochschulen sind unermüdet tätig, durch Betriebsbeobachtungen und Versuche Erfahrungen zu sammeln und neue Erkenntnisse über Festigkeitseigenschaften und Beanspruchung des Drahtseils zu gewinnen, um so dem Förderbetrieb eine möglichst sichere Grundlage zu geben⁵⁾.

Maßnahmen zur Schonung des Förderseils und Erhöhung seiner Lebensdauer

Die Maßnahmen beziehen sich auf die Vermeidung scharfer Krümmungen und Quetschungen und die Fernhaltung von Stößen und Schwingungen.

Bei dem noch am häufigsten verwendeten Seileinband, der einfachen Kausche (DIN Berg 1386) wird das Seilende um das Kauschenherz gelegt und mittels Seilschellen am Tragseil festgeklemmt, Abb. 2.

Die Nachteile dieser Anordnung werden bei den Seileinbänden nach Abb. 3 und 4 vermieden.

Die dynamischen Beanspruchungen des Förderseils durch Stöße und Schwingungen⁶⁾ werden erheblich gemildert durch den Einbau eines Stoßdämpfers zwischen Förderkorb und Zwischengeschirr⁷⁾. In Abb. 5 und 6 ist eine Ausführung für schwere Beanspruchung dargestellt (Demag, Duisburg). Die Stöße und Schwingungen werden durch Federung und Flüssigkeitsdämpfung aufgenommen. Beobachtungen innerhalb desselben Vergleichszeitraumes vor und nach dem Einbau von Stoßdämpfern ergaben eine wesentliche Verminderung der

²⁾ F. Isermann, Z. VDI Bd. 74 (1930) S. 1365.

³⁾ H. Herbst, Z. VDI Bd. 76 (1932) S. 557.

⁴⁾ Drahtseilforschung: Z. VDI Bd. 71 (1927) S. 517, Bd. 72 (1928) S. 345, Bd. 73 (1929) S. 417 u. 940, Bd. 74 (1930) S. 185 u. 1417, Bd. 75 (1931) S. 206 u. 1485, Bd. 76 (1932) S. 557, Bd. 77 (1933) S. 799.

⁵⁾ Jos. M. A. J. de Vries, Ein Beitrag zum Studium der longitudinalen und transversalen Schwingungen der Förderseile, Diss. Aachen 1931.

⁷⁾ H. Hort, Z. VDI Bd. 73 (1929) S. 507.

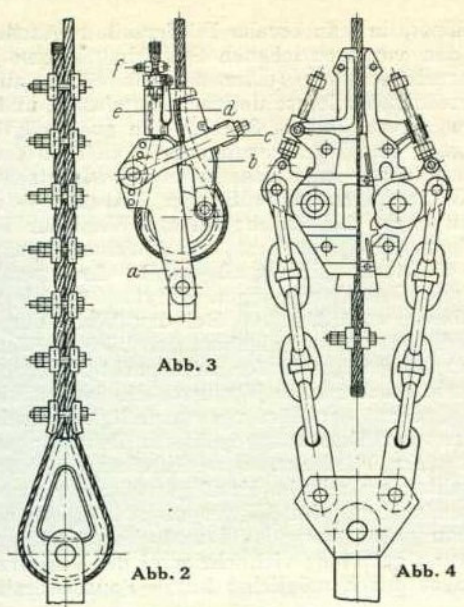


Abb. 2. Einfache Kausche.
Abb. 3. Klemmkausche von Schönfeld.
Abb. 4. Demag-Seilklemme.

Nachteile: Knickung des Seils an Ein- und Austrittsstelle, besondere Beanspruchung durch die Seilschwingungen an der obersten Klemme. Mühsam zu lösen und schlecht zu überwachen.

Klemmbügel *a* drückt das umgelegte Seilende gegen den Kauschenkörper, und zwar um so stärker, je größer der Zug im tragenden Strang ist. Dieser Zug wird über den am Kauschenkörper drehbar gelagerten Kauschenbügel *b* und die Spannlasche *c* auf den Klemmbügel übertragen. Durch Drehen des Handgriffes *d* kann bei geöffneter Klemmvorrichtung eine Gewindebüchse *e*, auf die sich das Seilende mittels Klemme *f* stützt, hochgewunden und so das Seil ein Stück hindurchgezogen werden.

Zwei entsprechend dem Seildurchmesser glatt ausgearbeitete Stahlbacken, die von zwei in Bolzen drehbaren Hebeln infolge der Last des Förderkorbes in die sich nach oben verjüngenden Aussparungen des zweiteiligen Gehäuses gepreßt werden, fassen das Seil. Der Druck auf das Seil wächst mit der Last. Zum Nachstecken des Seils bei entlasteter Klemme dient eine einfache Umsteckvorrichtung (im Bild nicht dargestellt).

Abb. 2 bis 4. Verschiedene Seileinbände.

Drahtbrüche, insbesondere an den Einbandstellen, und bessere Aufrechterhaltung der Eigenfederung und -dämpfung des Seils.

Bei der elektrischen Fördermaschine sichert das gleichmäßige Drehmoment eine weitgehende Schonung des Seils. Die von den periodischen Schwankungen der Drehkräfte bei der Dampffördermaschine ausgehenden Schwingungsimpulse werden abgeschwächt durch Anordnung genügender Schwungmassen in der Treibscheibe; eine besondere Ausführung der Steuerknaggen (Demag-Auslaufsteuerdaumen) sorgt dafür, daß beim Beginn des Auslaufs nach dem Schließen der Einlaßventile die Auslaßventile zunächst noch etwas geöffnet bleiben, so daß der im Zylinder eingeschlossene Dampf ohne Rückkompression entweichen kann und damit eine Ursache des während des freien Auslaufs oft zu beobachtenden Seilschlagens wegfällt. Um Bremsstöße zu vermeiden, wendet man für die Fahrbremse allgemein Bremsdruckregler an, die die Bremsbacken zunächst ohne nennenswerten Druck an den Bremskranz anlegen und erst dann den Bremsdruck entsprechend der Steuerhebelauslage stetig steigern. Auch die heutigen Bauarten der Sicherheitsbremse, die bei Gefahr vom Maschinenführer oder selbsttätig eingeworfen wird, erreicht beim Einfallen zwar rasch, aber ebenfalls ohne wesentliche Pendelungen ihren höchsten Bremsdruck.

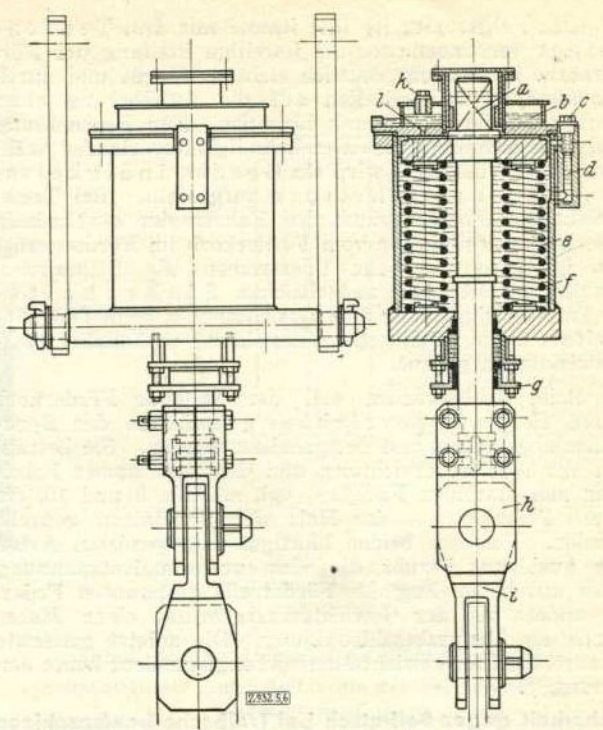


Abb. 5 und 6. Stoßdämpfer für schwere Seilbeanspruchung.

- | | |
|--|----------------------------------|
| <i>a</i> Seildrallführung | <i>f</i> Tragfedern |
| <i>b</i> Ölvorrat | <i>g</i> Stopfbüchse |
| <i>c</i> Regelschraube und Füllstopfen | <i>h</i> Kolbenstangen-Kopfstück |
| <i>d</i> Ölumlaufl | <i>i</i> Kreuzgelenkstück |
| <i>e</i> Dämpflüssigkeit | <i>k</i> Füllstopfen |
| | <i>l</i> Öldüse |

Daß schadhafte Spurlatten, unrunde Seilscheiben und Seilträger als Ursache von Stößen und Schwingungen ausgemerzt werden müssen, ist wohl selbstverständlich. Die Überwachung durch Messungen mit dem Beschleunigungsmesser von *Jahnke* und *Keinath* trägt zur Kenntnis des Sicherheitszustandes einer Anlage wesentlich bei.

Besondere Sicherheitseinrichtungen

Auch für diese Einrichtungen sind die Richtlinien gegeben durch die schon erwähnten „Leitsätze für die Seilfahrt im Preußischen Bergbau“⁸⁾.

Der Fahrtregler hat die Aufgabe, die Einhaltung des beim Bau der Fördermaschine für einen Förderzug zugrunde gelegten Geschwindigkeitsdiagramms zu überwachen. Dabei muß er dem Fördermaschinenisten in der richtigen, auch vorzeitigen Betätigung der Steuerung stets volle Freiheit lassen, ihn jedoch sofort berichtigen, wenn er eine Steuerhebelbewegung falsch oder nicht rechtzeitig genug ausführt, sowie beim gänzlichen Versagen des Maschinenisten einen einmal eingeleiteten Förderzug selbsttätig vorschriftsmäßig zu Ende führen. Bezüglich der heute sehr vollkommenen Ausführungsformen werde nur erwähnt, daß der Fahrtregler für Fördermaschinen mit Antrieb durch Gleichstrom-Nebenschlußmotor in Leonardschaltung, bei dem jeder Stellung des Steuerhebels eindeutig eine bestimmte Fördergeschwindigkeit entspricht, unabhängig von Größe und Richtung der Nutzlast, unübertrefflich einfach und zuverlässig wird; für unmittelbaren Drehstrommotorenantrieb sowie für Dampffördermaschinen, wobei diese Eindeutigkeit nicht besteht, lassen sich die gestellten Bedingungen nur durch einen verwickelteren Mechanismus erfüllen. Im übrigen sei auf das einschlägige Schrifttum^{8 bis 11)} verwiesen.

⁸⁾ W. Philippi, Elektrische Fördermaschinen, 2. Aufl., Leipzig 1927, S. 192 bis 208.
⁹⁾ Fr. Schmidt, Die Dampffördermaschinen, Berlin 1927, S. 184 bis 244.
¹⁰⁾ K. Schade, Elektrizität im Bergbau Bd. 3 (1928) S. 225, Bd. 4 (1929) S. 29.
¹¹⁾ H. Reiser und G. Rosenthal, Bergbau Bd. 44 (1931) S. 923.

Der Fahrtregler ist fast immer mit dem Teufenzeiger verbunden, der die jeweilige Stellung der Förderkörbe im Schacht deutlich sichtbar macht und durch Warnlampen und -glocken auf die Annäherung eines Korbes an die Hängebank hinweist. Zur Beobachtung und Aufzeichnung des Geschwindigkeitsverlaufes während des Förderzuges wird ein Geschwindigkeitsanzeiger und -schreiber aufgestellt. Bei Treibscheibenmaschinen ergänzt den Fahrtregler zweckmäßig eine Endauslösung, die vom Förderkorb im Fördergerüst betätigt wird und beim Übertreiben die Sicherheitsbremse auslöst. Die neuzeitlichen Sicherheitsbremsen sind unter dem Gesichtspunkt schnellen Eingreifens unter möglicher Vermeidung schädlicher Massenwirkungen gebaut.

Beim Seillosswerden soll der fallende Förderkorb durch die Fangvorrichtung zwischen den Spurlatten abgebremst und festgehalten werden. Sie besteht aus der Auslösevorrichtung und den fast immer hobel- oder messerartigen Fängern, vgl. a. Abb. 9 und 10, die durch Federkraft in das Holz der Spurlatten gepreßt werden. Von den beiden häufigst angewendeten Arten der Auslösung beruht die eine auf der Entspannung einer durch den Zug des Förderseils gespannten Feder, die andere auf der Gewichtsverringering einer Masse durch die Absturzbeschleunigung. Die zuletzt genannte Bauart, die Tanzgewichtsentriegelung, verdient heute den Vorzug¹²⁾.

Sicherheit gegen Seilrutsch bei Treibscheibenmaschinen

Die Untersuchung der Reibungszahlen für Koepe-scheiben bei Verwendung verschiedener Seilmachten, Rostschutzmittel und Beläge, die von H. Herbst VDI und seinen Mitarbeitern auf der Versuchsgrube Hibernia¹³⁾ durchgeführt wurden, wie auch die Rutschversuche mit verschiedenen Treibscheibenbelägen der Siemens-Schuckertwerke auf Zeche Rheinelbe II der Vereinigten Stahlwerke¹⁴⁾ haben eingehende Kenntnisse über diese Reibungszahlen vermittelt und zur Verbreitung der die Sicherheit gegen Seilrutsch erhöhenden Rillenfutter mit großen Reibungszahlen geführt, z. B. Havirit.

Die neueste konstruktive Lösung zur Erhöhung des Reibungsschlusses zwischen Seil und Scheibe stellt der von H. Aumund VDI, Berlin, erfundene Außenantrieb dar¹⁵⁾. Hierbei wird das Seilgleiten verhindert durch zwei endlose unter Vorspannung stehende Seile, die sich in je eine von Förderseil und Rillenrand des Seilträgers gebildete Keilnut legen.

Die Leistung neuzeitlicher Hauptschachtförderanlagen

Die Leistung einer Schachtförderanlage wird bestimmt durch die Nutzlast je Förderzug und die Zeit, die für diesen Förderzug gebraucht wird; diese Zeit wiederum ist abhängig von der Teufe, der Fördergeschwindigkeit und der Länge der Pause. Die Mittel, die in den letzten 15 Jahren zur Leistungssteigerung angewendet wurden, beziehen sich deshalb auf die Vergrößerung der Nutzlast durch Unterbringung möglichst vieler Förderwagen in einem Gestell oder Einführung der Gefäßförderung mit Kübeln großen Inhalts, auf die Erhöhung der Fördergeschwindigkeit unter gleichzeitiger Steigerung der Beschleunigung und Verzögerung und auf die Abkürzung der Förderpause, die bei der Gefäßförderung durch selbsttätige Beschickung und Entleerung an sich gegeben ist, bei der Gestellförderung durch vermehrte Abzugsbühnen und mechanische Wagenaufstoßvorrichtungen und bei beiden durch Schnellsignalanlagen erreicht wird.

Die Steigerung der Nutzlast findet ihre Grenze in der Tragfähigkeit des Förderseils. Bei den heutigen deutschen Anlagen ist diese Möglichkeit noch nicht voll

ausgeschöpft, da man bereits Förderseile herstellen kann, die bei den vorgeschriebenen Sicherheiten eine größere Gesamtbruchfestigkeit (etwa 400 bis 450 t) aufweisen, als die größten der heute üblichen Nutzlasten und Teufen verlangen (etwa 300 bis 350 t). Die größtmögliche Beschleunigung und Verzögerung ergibt sich bei den Treibscheibenanlagen — und diese kommen in Deutschland für die Großanlagen ausschließlich in Betracht — aus der Sicherheit gegen Seilrutsch; bei der Wahl der Beschleunigung ist noch die am Ende des Anfahrabschnittes auftretende Leistungsspitze maßgebend. Angewendet werden deshalb Beschleunigungen bis etwa 1 m/s^2 , Verzögerungen bis etwa $1,25 \text{ m/s}^2$. Bei der Wahl der Fördergeschwindigkeit ist zu bedenken, daß höchste Werte überhaupt nur bei großen Teufen angebracht sind, wobei aber vergrößerte mechanische Verluste, die bekanntlich etwa mit dem Quadrat der Fördergeschwindigkeit wachsen, sowie die mit der Umsetzung größerer Bewegungsenergien während eines Förderzuges verbundene Wirkungsgradverschlechterung mit in Kauf genommen werden müssen. Die Erhöhung der Fördergeschwindigkeit als Mittel zur Leistungssteigerung ist deshalb heute wieder in den Hintergrund getreten; vielmehr wird die Verkürzung des Förderzuges durch möglichst kurze Pausen erzielt.

Der Stand, den die Hauptschachtförderung hinsichtlich ihrer Leistung durch die Anwendung der genannten Mittel erreicht hat, wird am besten geschildert an Hand von zwei der neuesten Anlagen. Die Förderung auf Schacht 12 der Zeche Zollverein, Gelsenkirchen-Katernberg, und die noch im Ausbau begriffene auf dem Kaiser-Wilhelm-Schacht der Hohenzollerngrube in Beuthen/Oberschlesien sind für diesen Zweck besonders geeignet, da sie die beiden heute nebeneinander bestehenden Bauarten der Gestell- und Gefäßförderung verkörpern und die Flur- oder Turmanordnung der Antriebsmaschine zeigen. Da beide Anlagen aber elektrisch angetriebene Fördermaschinen haben, sei zunächst der Stand des Dampf-antriebes durch ein Beispiel gekennzeichnet.

Neuzeitlicher Dampftrieb

Die einfache Zwillingmaschine ist bei den heute üblichen Frischdampfdrücken wegen ihres großen Anzugmoments, der hohen Überlastbarkeit, der guten Steuerfähigkeit und der niedrigen Anlagekosten gegenüber der Zwilling-Reihen-Verbundmaschine vorzuziehen. Auf eine Erörterung der grundsätzlichen Frage, ob Dampf- oder elektrischer Antrieb, muß hier verzichtet werden¹⁶⁾.

Eine Zwillingdampf-Fördermaschine, wie sie z. B. die Demag in den letzten Jahren dreimal ausgeführt hat (1800 mm Hub, 7500 mm Treibscheiben-Dmr., 16 at Frischdampfüberdruck, $2 \times 950 \text{ mm}$ Zyl.-Dmr., 20 m/s Fördergeschwindigkeit, 5500 PS größte indiz. Leistung) ist bestimmt für 900 m Teufe und 36 100 kg größte Seilbelastung in einem Trum, die sich wie folgt zusammensetzt:

1 Förderkorb (mit 4 Stockwerken für je	
2 Wagen) nebst Zwischengeschirr . . .	8 500 kg
8 Wagen zu je 615 kg	4 920 „
4 Wageninhalte Kohlen zu je 800 kg	3 200 „
4 Wageninhalte Berge zu je 1270 kg	5 080 „
900 m Seil, 66 mm Dmr., 16 kg/m	14 400 „

Gestellförderanlage der Zeche Zollverein, Schacht 12

Die große Leistung der Anlage von 12 000 t Kohle je Fördertag in zwei Schichten wird bewältigt durch zwei zweitrümpfige Gestellförderungen, deren Gesamtanordnung und Unterbringung im Schachtquerschnitt Abb. 7 und 8 zeigen¹⁷⁾.

Die Anlage fördert vorläufig nur aus 610 m Teufe. Hierfür ergibt sich eine gesamte Seilbelastung von 37 550 kg.

Sie wird aufgenommen durch ein rundlitziges Längsschlagseil von 65 mm Dmr., bestehend aus 6 Litzen zu je 37 Drähten von je 3 mm Dmr. und einer Hanfseele. Die Zugfestigkeit des Werkstoffes beträgt 170 kg/mm^2 und

¹²⁾ K. Baz, Glückauf Bd. 69 (1933) S. 1005; vgl. a. Z. VDI Bd. 77 (1933) S. 477.

¹³⁾ H. Herbst, W. Berke, H. Schüssler, Die Reibungszahlen für Koepe-scheiben, Gelsenkirchen 1931; vgl. a. Z. VDI Bd. 77 (1933) S. 803.

¹⁴⁾ H. Hochreuter, Elektrizität im Bergbau Bd. 8 (1933) S. 33.

¹⁵⁾ H. Knaust, Z. VDI Bd. 76 (1932) S. 861.

¹⁶⁾ H. Hochreuter, Elektrizität im Bergbau Bd. 8 (1933) S. 81.

¹⁷⁾ Vgl. a. R. Warker, Z. VDI Bd. 76 (1932) S. 211.



Abb. 7. Außenaufnahme mit Blick auf das Fördergerüst.

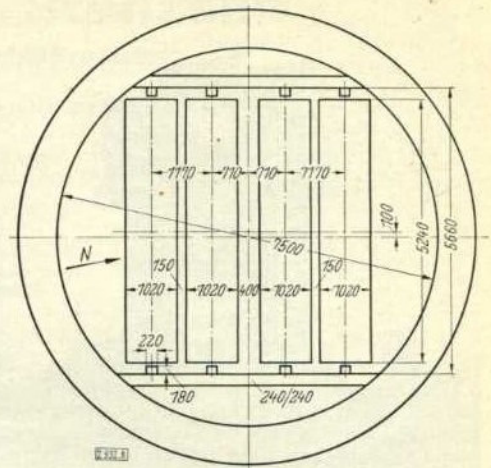


Abb. 8. Schachtquerschnitt des Schachtes 12, Zeche Zollverein.

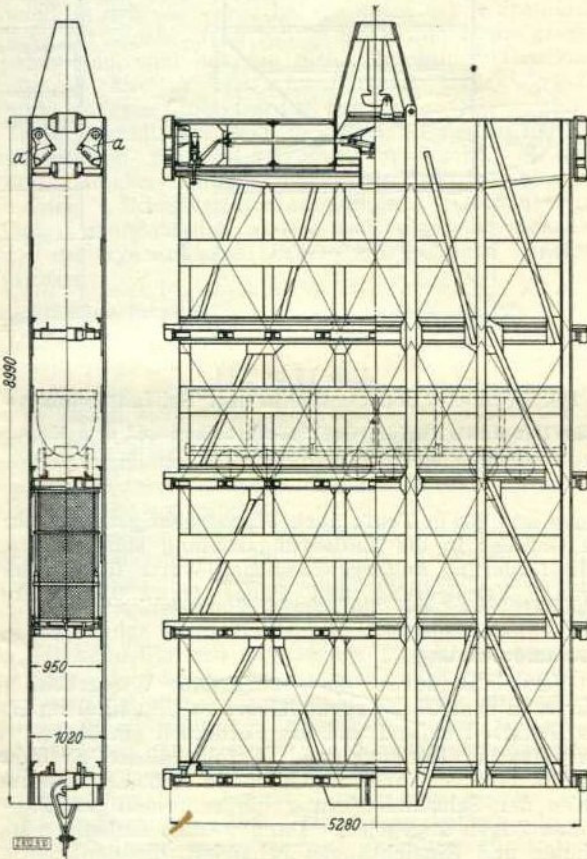


Abb. 9 und 10. Vierstöckiger Förderkorb.

Schacht 12, Zeche Zollverein, für 10 200 kg Kohle in 12 Wagen.
a hobel- oder messerartige Fänger der Fangvorrichtung.

Abb. 7 und 8. Doppel-Gestellförderanlage.

Schacht 12 der Zeche Zollverein der Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G.

Teufe 750 m, Nutzlast je Förderzug in zwölf Wagen 10200 kg, Fördergeschwindigkeit 17 m/s, Dauer eines Förderzuges 89,3 s, Fördermenge einer Förderung 411 t/h, Schachtleistung einer Förderung 308 tkm/h.

Gewicht eines vierstöckigen Förderkorbes 9050 kg, Gewicht der zwölf Wagen (je 600 kg) nebst Kohle (je 850 kg) 17400 kg, Gewicht der Zwischengeschirre 1400 kg, Gewicht des Oberseils 14,91 kg/m, Gewicht des Unterseils 14,6 kg/m. (Der Begriff der Schachtleistung in tkm/h gibt die Leistungsfähigkeit einer Anlage besser wieder, als die stündliche Fördermenge allein; er entsteht durch Multiplikation der stündlichen Fördermenge mit der Teufe).

ergibt eine rechnerische Bruchlast von 266 770 kg. Die Sicherheit bei obiger Seilbelastung errechnet sich hiermit zu 7,1fach.

Die Verbindung zwischen Korb und Seil stellt ein normales Laschenzwischengeschirr mit einfacher Kausche her.

Die Antriebmaschinen sind Treibscheibenmaschinen mit Koescheiben von 7 m Dmr. (6,5 m Seilscheiben-Dmr.), unmittelbar gekuppelt mit Gleichstrommotoren von 2160 kW Dauerleistung, die in Leonardschaltungen von schwungradlosen Umformern gespeist werden, erbaut von den Siemens-Schuckertwerken.

In Abb. 9 und 10 ist ein Förderkorb der Anlage mit aufgeschobenen Förderwagen dargestellt. Die Unterbringung von 12 Wagen in einem Gestell zur Erzielung großer Nutzlast wird auch in der Anordnung 6 × 2 Wagen, die beiden Wagen hintereinander, (Königsborn-Schacht IV¹⁸⁾) und 3 × 4 Wagen, dabei zwei Wagen neben- und hintereinander in einem Stockwerk (Schacht Emil Kirdorf¹⁹⁾) ausgeführt. Geplant ist, in dem dargestellten Förderkorb statt drei Wagen von 9001 Inhalt je Stockwerk zwei Wagen mit je 1500 l zu verwenden. Die ebenfalls für die Leistung maßgebenden und den heutigen Stand der Gestellförderung kennzeichnenden Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse, sowie die Förderpause sind in Abb. 11 dargestellt. Das Anfahren geschieht gleichförmig, bis eine Fördergeschwindigkeit von 15 m/s erreicht ist, dann mit abnehmender Beschleunigung bis zur Höchstgeschwindigkeit von 17 m/s. Die Auswirkung dieser Maßnahme ist aus dem in Abb. 11 eingezeichneten Leistungsschaubild zu ersehen. Da zwei Abzugsbühnen vorhanden sind, ist nur ein einmaliges Umsetzen je Zug erforderlich; hierfür erscheint die Pause von 30 s reichlich bemessen.

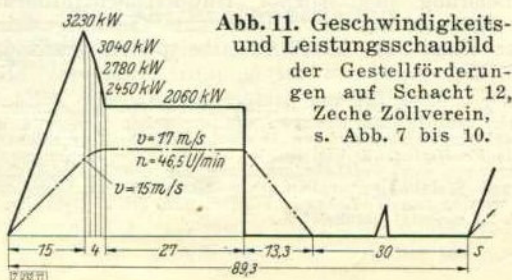


Abb. 11. Geschwindigkeits- und Leistungsschaubild der Gestellförderungen auf Schacht 12, Zeche Zollverein, s. Abb. 7 bis 10.

¹⁸⁾ H. Buschmann, Z. VDI Bd. 74 (1930) S. 1105.

¹⁹⁾ Bruch, Elektrizität im Bergbau Bd. 2 (1927) S. 141.

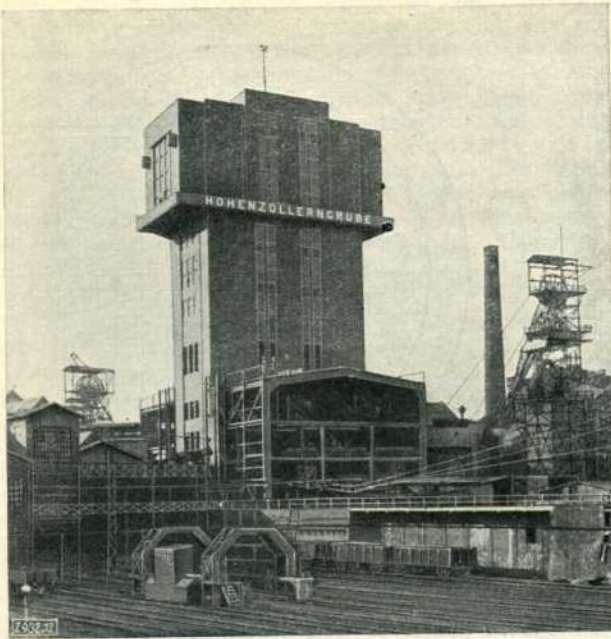


Abb. 12. Förderturm einer Gefäßförderanlage.

Kaiser-Wilhelm-Schacht der Hohenzollerngrube in Beuthen/Oberschlesien. Haupteinheiten der zweirümmigen Gefäßförderung nach ihrem Ausbau. Teufe 800 m, Nutzlast je Förderzug 12 000 kg, Fördergeschwindigkeit 15 m/s, Fördermenge 480 t/h, Schachtleistung (s. Anm. zu Abb. 7 und 8) 384 tkm/h, Gefäßgewicht 10 500 kg, Gewicht der Zwischengeschirre rd. 2000 kg, Gewicht des Oberseils 18,5 kg/m, Gewicht des Unterseils 18,5 kg/m.

Gefäßförderanlage auf dem Kaiser-Wilhelm-Schacht der Hohenzollerngrube, Beuthen/Oberschlesien

Die Wahl der Gefäßförderung für den weiteren Ausbau der Förderanlagen auf dem Kaiser-Wilhelm-Schacht der Hohenzollerngrube in Beuthen beweist, daß die besondere Eignung dieser Anlagenart für die Bewältigung größter Fördermengen ihr auch im deutschen Steinkohlenbergbau immer mehr Eingang verschafft. Die Aufnahme Abb. 12 vermittelt den starken Gesamteindruck dieser für größte Leistung berechneten Anlage.

Im Förderturm sind jetzt zwei Fördermaschinen untergebracht. Die kleinere von beiden, die im Jahre 1928 aufgestellt wurde, sowie die Eisenkonstruktion des Turmes sind bereits früher beschrieben²⁰⁾. Die andere Maschine mit einer Treibscheibe von 7 m Dmr. ist für die Gefäßförderung bestimmt, betreibt aber vorläufig noch die zweite Gestellförderung dieses Schachtes. Der Fördermotor ist bemessen für eine Dauerleistung von 2400 kW bei 41 U/min; er wird von einem Umformer in Leonardschaltung gespeist. Die elektrische Ausrüstung stammt von Brown, Boveri & Cie., Mannheim; Einhebelsteuerung, doppelter Fahrtregler und Freifallsicherheitsbremse kennzeichnen die Bauart dieser Firma.

Das vorgesehene Förderseil ist ein Dreikantlitzenseil von 66 mm Dmr. und hat bei 180 kg/mm² Bruchfestigkeit des einzelnen Drahtes 346 800 kg rechnerische Gesamtbruchfestigkeit, was bei etwa 40 200 kg Seilbelastung eine 8,6fache rechnerische Sicherheit ergibt.

Das Fördergefäß, ein Bodenentleerer, Bauart Walter-Brown-Boveri, mit zwei Seilfahrbühnen für zusammen 38 Mann, ist in Abb. 13 und 14 dargestellt; seine Hauptabmessungen sind dort eingetragen. Es wird zu den größten der in Europa verwendeten Ausführungen zählen; trotzdem hat es eine um rd. 1 m² geringere Querschnittsfläche als das Gestell der Anlage Zollverein 12.

Die für einen Förderzug zur Verfügung stehende Zeit von .90 s verlangt bei der Fördergeschwindigkeit von

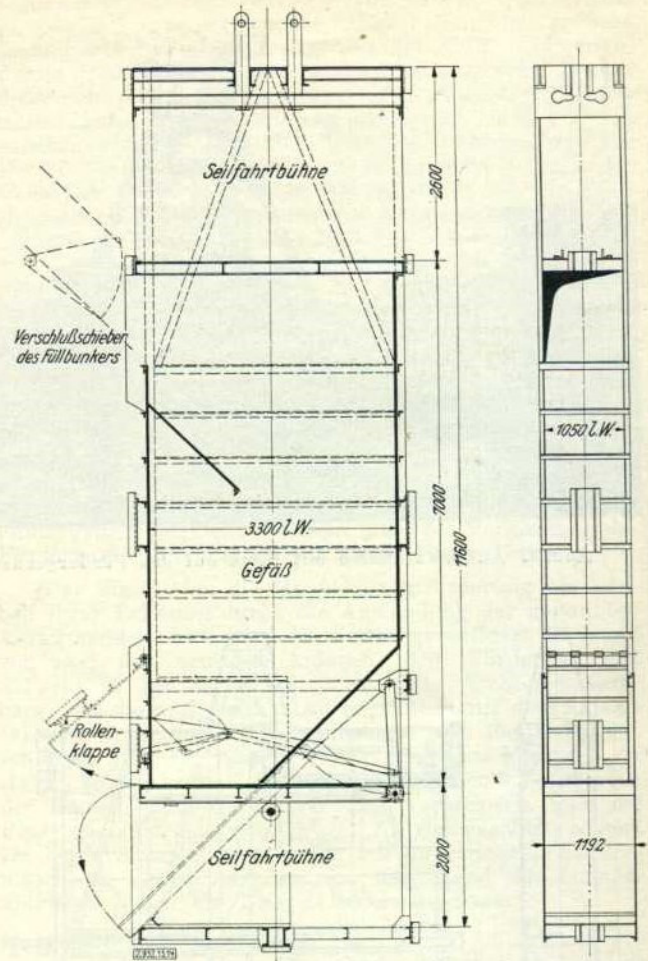


Abb. 13 und 14

Förderkübel (Bodenentleerer mit Seilfahrbühnen)

für 12 t Kohle für die Gefäßförderanlage auf dem Kaiser-Wilhelm-Schacht der Hohenzollerngrube in Beuthen.

15 m/s und 800 m Teufe auch bei vorsichtigem Einfahren des Gefäßes in die Entleerungsstellung keine, für eine Gefäßförderung außergewöhnlichen Werte für Beschleunigung, Verzögerung und Pause (etwa 0,7 m/s² bzw. 1 m/s² bzw. 12 s)²¹⁾.

Zusammenfassung

Veranlaßt durch die hundertste Wiederkehr des Jahres, in dem Oberbergrat Albert zu Clausthal im Harz das Drahtseil erfand und als Förderseil einführte, werden Ursache, Hergang und Erfolg dieser Erfindung kurz beschrieben und anschließend die Entwicklungsstufen der Schachtförderung bis zum heutigen Tag in großen Zügen angegeben. Dann werden diejenigen Maßnahmen und Einrichtungen behandelt, die den heutigen Stand der Sicherheit der Hauptschachtförderung kennzeichnen, wie Auswahl, Prüfung, Pflege und Überwachung des Förderseils, seilschonende Einbände und Mittel zur Schwingungsdämpfung, sowie die besonderen Sicherheitseinrichtungen. Anschließend wird der Stand der Leistung neuzeitlicher Hauptschachtförderanlagen unter Betrachtung der Mittel zur Leistungssteigerung an der Hand von Ausführungsbeispielen geschildert.

B 932

²⁰⁾ Zur Ergänzung des letzten Abschnitts, insbesondere durch Beispiele von Gefäßförderungen des deutschen Erz- und Kalibergbaues sei hingewiesen auf den in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsatz von Fr. Herbst, Z. VDI Bd. 74 (1930) S. 929. — Drei neue deutsche Ausführungen von Gefäßförderanlagen für den ausländischen Erz-, Kali- und Steinkohlenbergbau, entworfen von der Skip-Compagnie, Essen, werden von W. Lehne in Fördertechn. Bd. 27 (1934) Nr. 9/10 und 11/12 S. 163 u. S. 131 beschrieben.