

100 Jahre Schachtförderung nach dem System Koepe

Einhundert Jahre ist es her, daß auf dem Gebiet der Schachtförderung die Einführung der Treibscheibenmaschinen durch den Bergwerksdirektor Friedrich Koepe auf der Zeche Hannover in Hordel, Kreis Bochum, stattfand. Diese Pionierleistung im Jahre 1877 führte zu einer Entwicklung, bei der auch heute noch nicht die Grenzen der technischen Möglichkeiten dieser Förderanlagenart ausgeschöpft sind. Koepe erhielt am 1. August 1877 das Reichspatent Nr. 218, eines der ersten des im gleichen Jahr neu gegründeten Patentamtes des Deutschen Reiches, das erteilt wurde auf „Die Anordnung einer Förderscheibe mit einfach darübergelegtem Förderseil, welches letztere durch die am Umfang der Scheibe entstehende Reibung mitgenommen wird“.

Diese technisch-nüchterne Prinzipdefinition in der Patentschrift läßt auf den ersten Blick nur schwerlich errahnen, welche zukunftsweisende Wege in der Schachtförderung Friedrich Koepe aufgewiesen hat. Das 100jährige Jubiläum der Patenterteilung bietet Anlaß, im folgenden Beitrag aus historischer und ingenieurwissenschaftlicher Sicht der Entwicklungsgeschichte bis zum heutigen Tage nachzugehen und zugleich Einblick in die schicksalhafte Biographie des Innovators Koepe zu geben, wobei deutlich wird, wie umstritten epochemachende Erfindungen bei Zeitgenossen gelegentlich sein können, vielleicht auch sein müssen.

Zur Biographie Friedrich Koespes

Friedrich Koepe wurde am 1. Juli 1835 in Bergkamen in Westfalen als Sohn eines Landwirts geboren. Da sich seine überdurchschnittliche Begabung und Intelligenz während des Besuchs der dortigen Rektoratsschule, der Vorform des heutigen Gymnasiums, bald herausstellten, kehrte er dem elterlichen Hof den Rücken, um im aufblühenden Steinkohlenbergbau beruflichen Erfolg zu suchen¹. Damit zeichnete sich der Beginn einer persönlichen Entwicklung ab, die als typisch gelten kann für die Rekrutierung zahlreicher Karrieren im mittleren und oberen Führungsbereich des Steinkohlenbergbaus vor allem an der Ruhr in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Koepe begann seine Tätigkeit zunächst auf dem Oeynhausen-Schacht des Königlichen Bergwerks in Ibbenbüren im Teutoburger Wald². Von 1858 bis 1862 besuchte er die untere, später die obere Klasse der Märkischen Bergschule in Bochum, um dann im Ibbenbürener Revier als Steiger tätig zu werden. Sein dortiger Vorgesetzter Arnold Steingroever riet seiner Schwester Lisette dringend von einer Ehe mit Friedrich Koepe ab. Er glaubte, ihr diesen Rat aufgrund seiner Beurteilung Koespes geben zu müssen, dem er zwar technisches Können, aber keinerlei Durchsetzungskraft zutraute³. Die Eheschließung fand dennoch im Jahre 1866 statt.

Angesichts solcher im Kern angelegter familiärer Konflikte, aber auch im gezielten Denken an seine Berufskarriere wechselte Koepe bald nach seiner Hochzeit zum Steinkohlenbergbau an der Ruhr über. Als Maschinenwerkmeister war er für den von Friedrich Grillo gegründeten Kölner Bergwerksverein bei den Schachtanlagen Anna und Karl im Essener Raum tätig und wirkte beim Niederbringen des Schachtes Grillo der Zeche Monopol, des Schachtes I der Gewerkschaft Königsborn, des Schachtes II der Gewerkschaft Consolidation und der Schächte Neu-Cöln und Christian Levin maßgeblich mit⁴.

Während dieser Zeit hatte Koepe (Abb. 1) offensichtlich die bei seinem nunmehrigen Schwager und früheren Vorgesetzten bestehende Skepsis an seiner Leistungsfähigkeit abgebaut, seine „Lebenstüchtigkeit“ für den Steinkohlenbergbau unter Beweis gestellt: Arnold Steingroever, inzwischen von Ibbenbüren nach Essen zu Fried. Krupp als Direktor der Steinkohlen- und Erzbergwerke übergewechselt, holte ihn im Jahre 1873 in das gleiche Unternehmen, wo er Technischer Direktor der Zeche Hannover in Hordel bei Bochum wurde.

Als der Steinkohlenbergbau an der Ruhr, vor allem nach der Krise von 1873, stark expandierte, galt es insbesondere, die Probleme zu bewältigen, die sich mit dem weiteren Durchstoßen der Mergeldeckschicht ergaben, um weitaus tiefer liegende Kohlenflöze abbauen zu können. Die Frage nach einer technisch zuverlässigen wie betriebswirtschaftlich rationellen Gestaltung der Schachtförderungstechnologie in bezug auf größere Nutzlasten war somit von entscheidender Bedeutung. Beim Schacht I der Zeche Hannover stellte sich das Problem, die Förderung von der 161-m-Sohle auf die 243-m-Sohle zu verlegen.

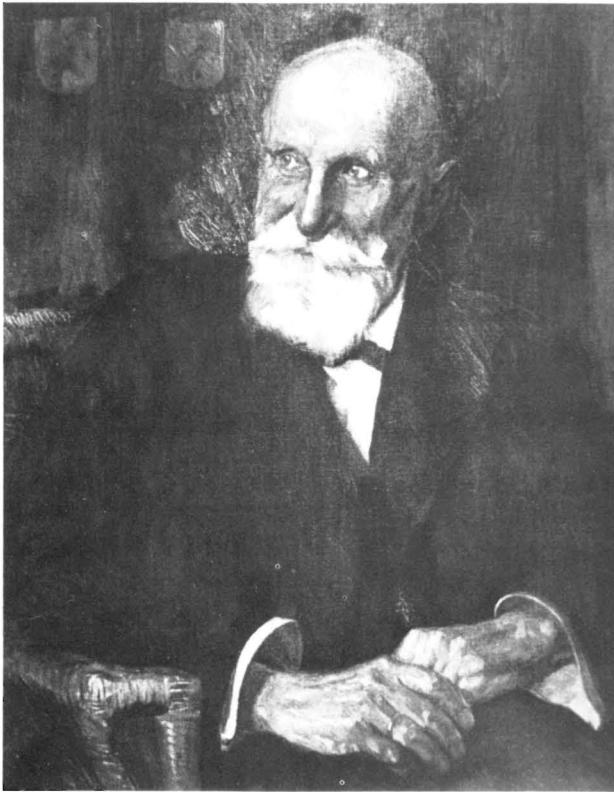


Abb. 1: Friedrich Koepe

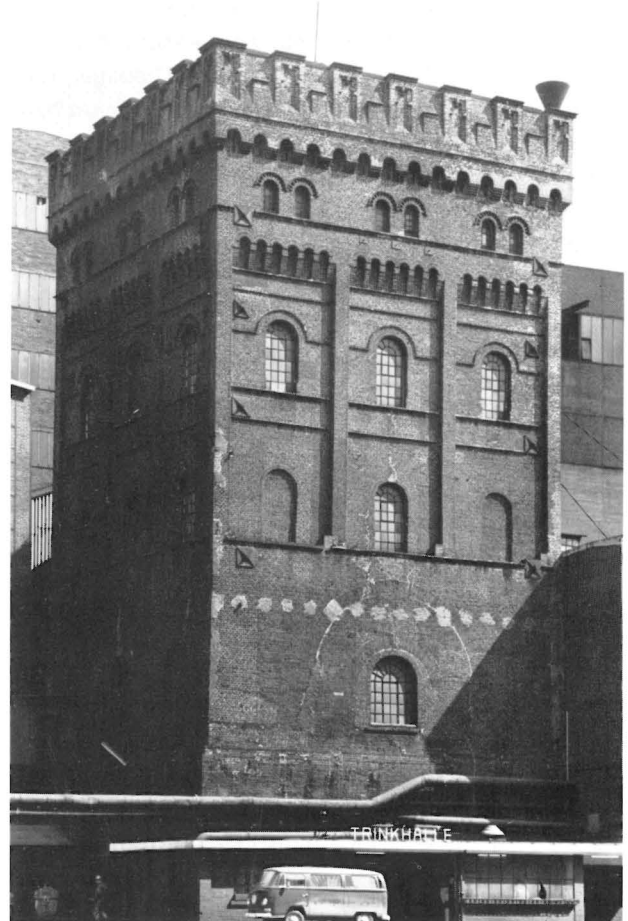
Koepe kam bei seinen Vorüberlegungen zur Lösung dieses wichtigen Problems auf den Gedanken, die Fördermaschine mit einer Treibscheibe zu versehen anstelle der herkömmlichen Seiltrommeln, die bei der größeren Teufe erheblich schwerer und damit kostenintensiver würden. Seine Konzeption ging konsequenterweise so weit, daß die für den Antrieb benötigte Dampffördermaschine unmittelbar über dem Schacht und nicht mehr neben ihm installiert werden sollte.

Mit solchen Überlegungen übertraf Friedrich Koepe ganz offensichtlich den Vorstellungshorizont sowohl seiner technischen Fachkollegen wie seiner Vorgesetzten bei Krupp. Koepe wagte es, „den uralten Grundgedanken des Rundbaumes zu verlassen, um zum Prinzip der Reibungsrolle überzugehen. Auch sein zweiter Schritt von der Flurfördermaschine zur Turmbauart eilte den technischen Anschauungen seiner Zeit weit voraus“⁵. Um seine Pläne trotz der allseits geäußerten Skepsis durchführen zu können, ließ er wesentliche Arbeiten in aller Heimlichkeit erledigen, wobei er sogar die relativ lange Anreisezeit seiner kontrollierenden Vorgesetzten von Essen bis nach Hordel ausgenutzt haben soll⁶, um eine vorhandene alte Einzylindermaschine nach seinem Patent abzuändern und in Bewegung zu setzen⁷. Dennoch sah sich Koepe gezwungen, Konzessionen einzuräumen, — vor allem kam es nicht zur Installierung der Fördermaschine unmittelbar über dem Schacht.

Erst 1888, also elf Jahre später, wurde auf der Schachtanlage Hannover im Malakowturm eine Fördermaschine mit der Koepe-Treibscheibe als erste Hauptschacht-Turmförderanlage der Welt errichtet (Abb. 2). Daß gegenwärtig Verhandlungen geführt werden, diesen Malakowturm als Technisches Denkmal zu erhalten, sei bei dieser Gelegenheit nur angedeutet. Die Erhaltung dieses technikgeschichtlich bedeutsamen Monuments für die Dokumentation der wichtigsten Etappen der Schachtförderung im Ruhrbergbau droht jedoch am hohen Kostenaufwand zu scheitern.

Friedrich Koepes Erfindung war ohne Zweifel revolutionierend, selbst schon die nur in wenigen Punkten nach seiner Konzeption auf Schacht I installierte Förderung arbeitete zufriedenstellend. Koepes Erfindung, die zur Innovation wurde, gab den Anstoß für eine äußerst hart geführte Auseinandersetzung mit seinem Arbeitgeber Krupp, die Koepes weiteren Lebensgang entscheidend beeinflussen sollte. Sein Angebot, die neue Konzeption durch das Unternehmen patentieren zu lassen, wurde abgelehnt, Koepe ließ sich daher das Patent (Abb. 3) auf seinen eigenen Namen erteilen. Als sich dann die Erfolge des Erfinders nicht mehr leugnen ließen, forderte Krupp

Abb. 2: Malakowturm der Zeche Hannover



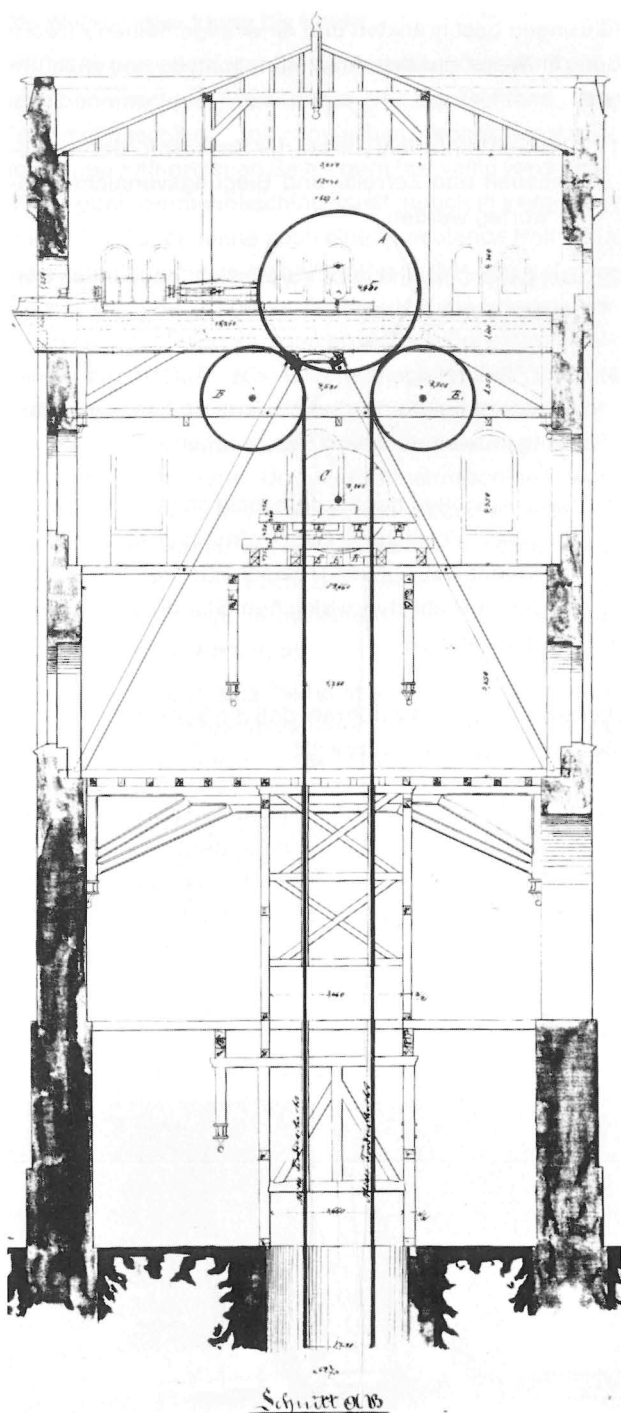


Abb. 3: Erste Anordnung des Koepe-Treib- und Ablenkscheibensystems auf der Zeche Hannover

die Aushändigung des Patent, worauf Koepe mit Schreiben vom 17. Oktober 1879 „bedingungslos“ eingehen mußte, da man ihm andernfalls mit der Kündigung gedroht hatte⁸. Koepe händigte das Patent aus, Krupp verweigerte die weitere Zahlung der Gebühren an das Patentamt, das Patent verfiel.

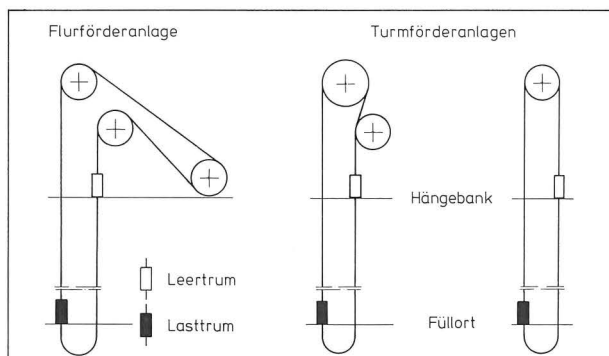
Nach dem Tode Arnold Steingroevers im Jahre 1887, der seinen Schwager offensichtlich trotz aller Querelen nach besten Kräften bei Krupp zu unterstützen versucht hatte, sah sich Friedrich Koepe in einer ausweglosen Lage: Der

Krupp-Direktor Fitting, einer der gewichtigsten Wortführer gegen Koepes Erfindung, wurde Steingroevers Nachfolger als Leiter der Steinkohlen- und Erzbergwerke bei Fried. Krupp. Selbstredend blieben jetzt handfeste innerbetriebliche Auseinandersetzungen nicht aus: Koepe selbst äußerte sich auch stets abfällig über die Fähigkeiten Fittings, insbesondere weil dieser ein Mann des Erzbergbaus war⁹. Den Ausschlag für die Entlassung Koepes aus den Diensten Krupps wegen „Unfähigkeit“ gaben nach Auffassung eines seiner Enkel letztlich wohl politische Motive im Zusammenhang mit der Reichstagswahl von 1887¹⁰.

Ende 1889 mußte Friedrich Koepe seinen Dienst bei Krupp quittieren. Sein Sohn Arnold kommentierte 1942 die Entwicklung aus Sicht der Familie zusammenfassend mit folgenden Worten: „So hat ihm seine Erfindung lediglich Verdruß und keine geldlichen Erfolge gebracht, die ihm als Bergwerksdirektor eines Krupp'schen Steinkohlenbergwerks, das aus zwei voneinander getrennt liegenden Anlagen besteht, mit einem Jahresgehalt von 2000 Taler wohl zu gönnen war.“¹¹

Friedrich Koepe ließ sich 1890 als selbständiger Zivilingenieur in Bochum nieder. Die Vorzüge seiner Erfindung waren mittlerweile im Revier überall bekannt geworden. Beim Umbau oder der Neueinrichtung von Schachtanlagen war seine Beratertätigkeit erwünscht, sein fachliches Urteil häufig von ausschlaggebender Bedeutung. Durch sein Mitwirken kam die neue Technologie beispielsweise auf den Schachtanlagen Graf Bismarck, Unser Fritz und Shamrock zum Einsatz. Für die Gewerkschaft Constantin der Große in Bochum errichtete er zusammen mit dem Herner Ingenieur Baum die erste sog. Baumsche Kohlenwäsche für die Aufbereitung¹². Finanziell konnte sich Koepe, der nicht mehr über ein Patent verfügte, mit solchen Arbeiten kaum sanieren. Erst als im Jahre 1906 die ihm gehörende Gewerkschaft Joseph mit der Gewerkschaft Adler in Kupferdreh bei Essen konsolidierte, besserten sich seine Lebensbedingungen merklich. Friedrich Koepe starb mit 87 Jahren am 12. September 1922 in Bochum¹³.

Abb. 4: Häufige Bauweisen von Treibscheibenförderanlagen



Die Einführung der Koepe-Förderung

Die Schachtförderung mit Treibscheiben nach dem System Friedrich Kopes ist seit der Patenterteilung im Jahre 1877 hauptsächlich in Deutschland und später auch im Ausland immer mehr verbreitet worden. Sie hat ihren besonderen Vorteil bei einem zweiräumigen Förderbetrieb von einer Sohle. Hierbei brauchen durch den Seilausgleich mit einem oder mehreren Unterseilen im Normalfall keine Totlastanteile, sondern nur die Nutzlasten gehoben zu werden.

Die Einführung der Koepe-Scheibe ging aber nicht reibungslos vonstatten. Es mußte eine Reihe von Schwierigkeiten, die diese neue Fördermaschinentechnologie — objektiv und ganz abgesehen von den innerbetrieblichen Querelen bei Fried. Krupp — mit sich brachte, überwunden werden.

So hieß es im „Glückauf“ im Jahre 1905 beispielsweise wörtlich: „Die Schachtförderung mit Treibscheibe (Kopesche Fördermethode) hat seiner Zeit bei ihrer ersten Anwendung auf Zeche Hannover großes und berechtigtes Aufsehen erregt. Schien doch die Einfachheit und Wohlfeilheit der ganzen Förderanlage, die vollständige Seilausgleichung und Ersparnis an Betriebskraft einzig und unübertrefflich dazustehen.

Den großen Vorzügen dieser Fördermethode stehen aber auch Nachteile gegenüber, welche die Zahl der Aus-

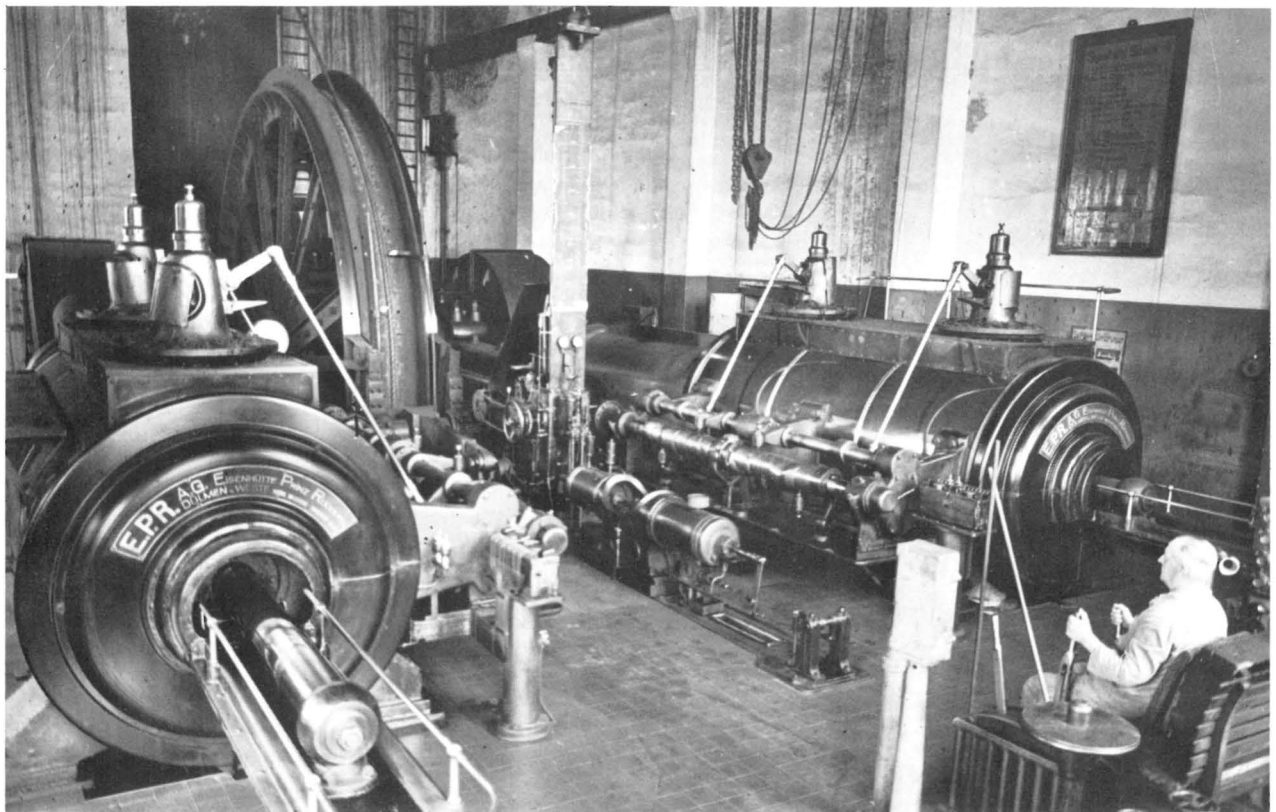
führungen beschränkten und einer allgemeinen Anwendung im Wege standen. Als Hauptnachteile sind anzuführen:

1. Das Seil kann nicht wie bei der Seilkorbförderung abgehauen und Zerreiß- und Biegungsversuchen unterworfen werden.
2. Bei Seilbruch sind aller Voraussicht nach beide Förderschalen verloren.
3. Das Seilauflegen macht die Aufstellung eines Schachtkabels erforderlich und ist beschwerlicher als bei Anwendung von Seiltrommeln.
4. Beim Anstoßen der Förderschale an Hindernisse sowie bei plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen gleitet das Seil auf der Treibscheibe, so daß der Teufenzeiger nicht den wirklichen Stand der Körbe im Schacht angibt.

Hierauf ist es zurückzuführen, daß die Seilkorbförderung vielfach vorgezogen wurde.“¹⁴

Der fachlich-objektive Autor dieses Aufsatzes führt aber auch Maßnahmen zum Überwinden der Schwierigkeiten auf, die heute zum Allgemeingut der Sicherheitstechnik bei Förderanlagen mit Treibscheibenantrieb gehören¹⁵.

Abb. 5: Dampffördermaschine der Firma EPR mit Kopescheibe der Zeche König Ludwig 4/5, um 1910



Die Weiterentwicklung bis heute

Im Laufe des vergangenen Jahrhunderts hat die Treibscheibenmaschine, besonders in Deutschland, die Trommelmaschinen mit konischen, konisch-zylindrischen und zylindrischen Seilträgern fast völlig verdrängt. Die Doppeltrommelmaschine spielt jedoch in vielen Teilen der Welt auch heute noch eine bedeutende Rolle. Sie kann aber durch ihre bisherige Beschränkung auf zwei Seile je Trum bei größeren Teufen nicht die Leistung der Mehrseilkoepförförderanlagen erreichen. Bei extrem kleinen Teufen und größeren Nutzlasten bietet die Trommelmaschine gegenüber der Treibscheibenmaschine Vorteile, da in diesen Fällen bei Treibscheibenanlagen Seilrutschgefahr besteht. Doppeltrommelmaschinen werden hauptsächlich in Bergwerken verwendet, in denen von mehreren Sohlen mit Körben gefördert werden muß. Teilweise wird aber auch bei Mehrsohlenbetrieb die Treibscheibenmaschine mit einem Korb und Gegengewicht eingesetzt (Abb. 4, 5).

Aus den Einseiltreibscheibenmaschinen haben sich Mehrseiltreibscheibenmaschinen entwickelt. Die erste Mehrseilmaschine wurde 1940 von der Firma Gutehoffnungshütte Sterkrade AG gebaut und ist 1947 ebenfalls auf der Zeche Hannover in Betrieb gegangen. Durch die starken Konzentrationen in den letzten Jahrzehnten hat sich aus den mannigfachen Formen der Hauptschacht-

Förderanlagen mit Treibscheiben die Einzeck-Zentralschachtanlage für die Güterförderung herausgeschält. In den meisten Fällen ist dieser Anlagentyp mit Mehrseiltreibscheibe und mit Gefäßen ausgerüstet. Die größte derzeitige Sechsseil-Anlage dieser Art auf Schacht III der Zeche Consolidation in Gelsenkirchen aus dem Jahre 1975 ist mit einer Antriebsleistung von 9200 kW ausgestattet und hat Gefäße für 42 t Nutzlast (Teufe 1117 m). In der Deutschen Demokratischen Republik (VEB Kalibetrieb Zielitz) ist 1971 eine Gefäßförderanlage für 50 t Nutzlast und eine Teufe von 746 m mit einer Antriebsleistung von 8000 kW (elektrische Steuerung der AEG) installiert worden.

Bei einer Zentralschachtanlage mit Gefäßförderung werden in demselben Schacht oder in anderen Schächten für die Seilfahrt und den Materialtransport im allgemeinen zusätzlich Gestellförderanlagen verwendet. Diese Mehrzweckanlagen mit Förderkörben können aber in besonderen Fällen auch die günstigste Form der Schachtförderung sein. Zum Beispiel läßt sich, wenn nur eine Anlage vorhanden ist, zeitweilig mit Förderwagen Güterförderung und mit und ohne Förderwagen Materialtransport durchführen, während zu anderen Zeiten Seilfahrt stattfinden kann.

Die konzentrierte Seilfahrt bei Schichtwechsel, bei der 140 und in Ausnahmefällen über 200 Bergleute mit Geschwindigkeiten bis zu 43 km/h auf- und abwärts befördert werden, hat durch die starke Rationalisierung unter Tage und durch Umstellung der Arbeitsabläufe in den letzten Jahrzehnten auf vielen Anlagen an Bedeutung verloren.

Bei unterschiedlichen Förderaufgaben und bei großen Nutzlasten ist die Gestellförderanlage mit Treibscheibenfördermaschine der Doppeltrommelmaschine überlegen. Die größten Nutzlasten bei Gestell-Förderanlagen in der Bundesrepublik Deutschland liegen zur Zeit bei 46 t (Teufe 600 m; Anlage Sophia-Jacoba VI, Antriebsleistung 2 x 5800 kW).

Bei den Hauptschacht-Förderanlagen mit Mehrseilbetrieb ist zur Zeit von der Förderseilseite her die Leistungsgrenze so weit nach oben verschoben worden, daß der Schacht bei ausreichend großer Schachtscheibe nicht mehr der engste Querschnitt im Transportsystem eines Bergwerkes ist. Wie aus dem Diagramm (Abb. 6) hervorgeht, liegt die heutige Nutzlastgrenze bei der Einseilförderanlage mit 1000 m Teufe etwa bei 23 t, vor 20 Jahren lag sie bei 12 bis 14 t. Bei Mehrseilförderanlagen stellen die heute erreichten Werte, z. B. 42 t bei 1117 m Teufe, absolut noch keine Grenzwerte dar.

Die Leistungssteigerungen in den letzten beiden Jahrzehnten wurden im wesentlichen durch Nutzlasterhöhungen erzielt. Die Leistungssteigerung durch Erhöhung der Fördergeschwindigkeit ist nicht mehr sehr bedeutend, da die Fördergeschwindigkeit mit max. 20 m/s in der Bundesrepublik Deutschland eine Grenze darstellt, die

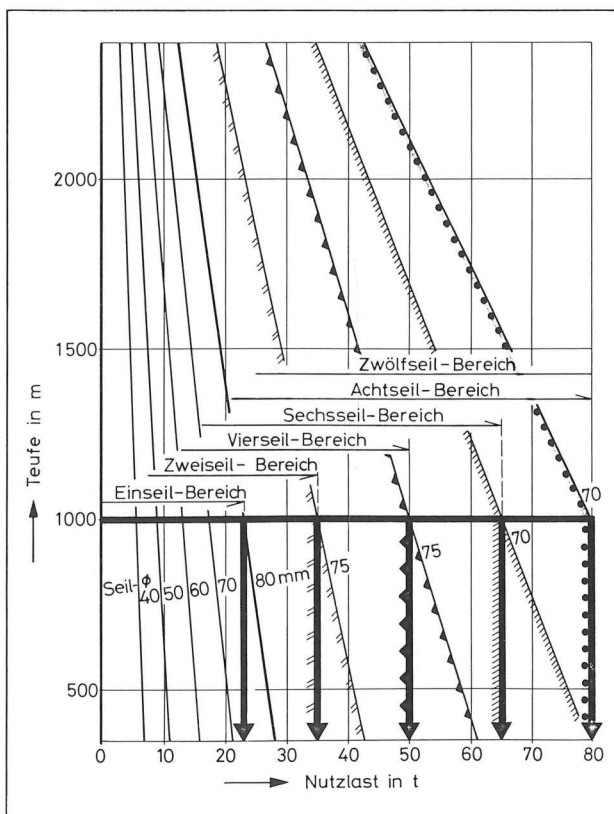


Abb. 6: Erreichbare Teufen in Abhängigkeit der Nutzlast für Einseil- und Mehrseilförderungen bei Seilsicherheitsformel für Güterförderung $S = 7,2 - 0,0005 \times \text{Teufe}$

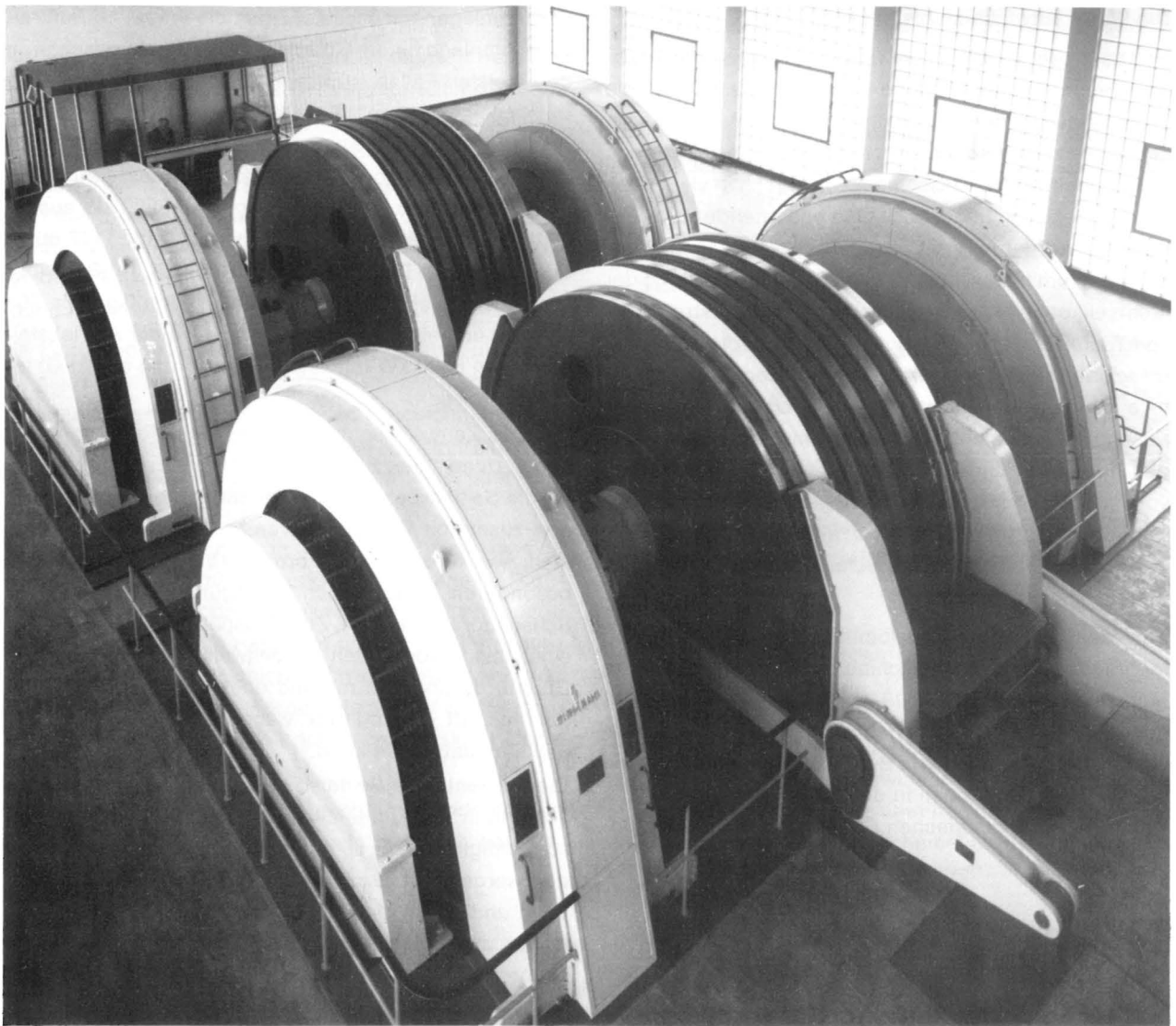


Abb. 7: Zwei Vierseilfördermaschinen mit fliegender Rotoranordnung (Siemens/EPR) der Zeche Westerholt

bei einer Verschiebung von 20 auf 25 m/s bei 1000 m Teufe nur eine mit vielen Nachteilen erkaufte Leistungssteigerung von max. 10 Prozent erbringen würde.

Mit den größeren Nutzlasten steigen aber auch die Belade- und Entladezeiten beträchtlich. Die geringsten Beschickzeiten liegen bei Gefäßförderanlagen von 25 t Nutzlast bei ~ 15 sek, und bei 42 t steigen sie zur Zeit bereits auf ~ 32 sek an. Hier müssen noch durch neue Konzeptionen, wie z. B. Doppelgefäße, Verbesserungen erzielt werden.

Bei den Fördermaschinenkonstruktionen ging man zunächst von der statisch unbestimmten Treibscheiben- und Rotorlagerung des Motors zu der statisch bestimmten Zweipunktlagerung mit fliegendem Rotor bzw. fliegenden Rotoren über (Abb. 7). Die Fahr- und Sicherheitsbremsen wurden zunächst allgemein noch als Backenbremsen ausgeführt.

Ab 1959 erfolgte als bedeutendste Veränderung bei den Treibscheiben-Fördermaschinen neben der Weiterent-

wicklung der Mehrseiltreibscheiben die Einführung der Scheibenbremse anstelle von Backenbremsen. Zunächst wurden die Maschinen mit Scheibenbremsen mit konventionellen Bremsapparaten, später mit Bremsselementen ausgerüstet. Die ein Jahrhundert lang führende Dampffördermaschine wurde wegen des schlechten Wirkungsgrades bei der Energieumwandlung und der Schwierigkeiten, diesen Maschinentyp zu automatisieren, weitgehend von der elektrischen Fördermaschine verdrängt.

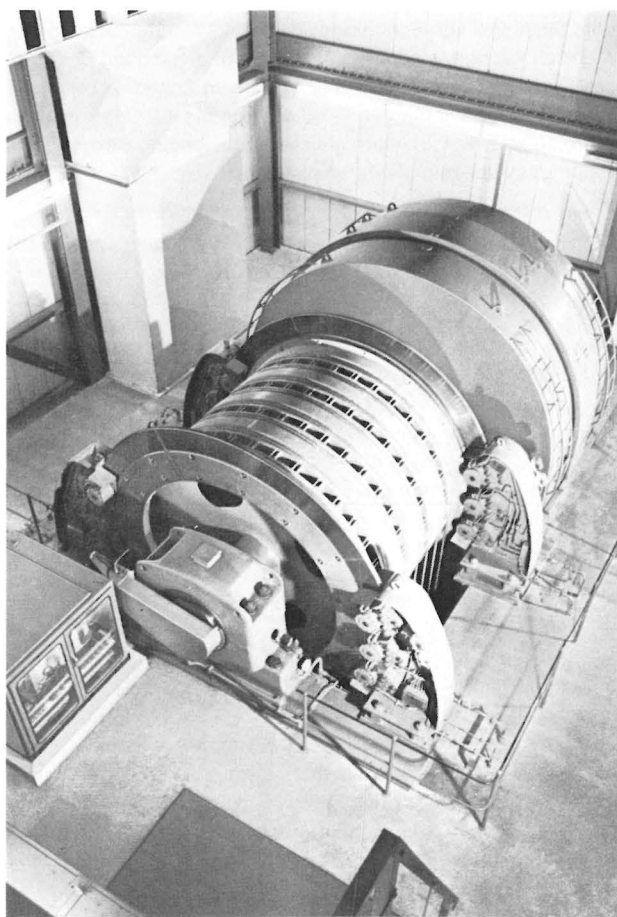
Bei den großen, direkt mit der Treibscheibe gekuppelten Gleichstromfördermaschinen wurde die Speisung der Maschinen mit Ward-Leonard-Umformern oder, sofern es die Netzverhältnisse erlaubten, aus Stromrichteranlagen (z. B. Quecksilberdampf-Gleichrichtern) vorgenommen¹⁶. Bis etwa 1965 waren Umformer- und Stromrichteranlagen in gleichem Maße vertreten. Von diesem Zeitpunkt an wurden diese Anlagentypen bei Neubauten und Umbauten von Großanlagen durch die Thyristorein-

speisung verdrängt. Die Vorteile der Thyristoren liegen in dem besseren Wirkungsgrad, in der sehr geringen Wartung und der raumsparenden Bauweise (Abb. 8).

Während im Durchschnitt bei Produktenförderung mit Treibscheiben-Anlagen vor 20 Jahren die stündliche Fördermenge aus 1000 m Teufe bei 300 bis 450 t lag, sind heute stündliche Fördermengen von 1200 t bei einer Teufe von 1200 m mit einer Schachtförderanlage mit Mehrseil-Treibscheiben ohne weiteres zu erreichen. Weitere Leistungssteigerungen stoßen bei Erhaltung des Sicherheitsstandards auf keine besonderen Schwierigkeiten.

Die Automatisierung der Güterförderung stellt heute kein Problem dar. Die Entwicklung der Automatisierung der Seilfahrt wird in verschiedenen Varianten betrieben.

Abb. 8: Achtseilturmfördermaschine mit Thyristorstromrichter der Wintershall AG/Grimberg (GHH/AEG)



Zusammenfassung

Der obige Überblick über die Entwicklung der Schachtförderung mit Koepe-Scheibe konnte nur einige wesentliche Veränderungen seit 100 Jahren anschneiden. Bezüglich der Verbesserung der Sicherheit von Schachtförderanlagen mit Treibscheibenantrieb hat die Seilprüf-

stelle — Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde — der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum in den letzten 75 Jahren keinen unerheblichen Anteil an den diesbezüglichen Bemühungen der Betriebe, der Bergbehörden, der Lieferfirmen und anderer Forschungs- und Prüfinstitute. Gerade das Zusammenwirken dieser Institute und Institutionen hat mit dazu beigetragen, daß die Pioniererfindung Kopes in einem Maße ausgebaut werden konnte, daß auch nach 100 Jahren die Weiterentwicklung dieses Systems keineswegs abgeschlossen ist.

ANMERKUNGEN

1. Vgl. Henneßen, Erwin: Friedrich Koepe. Der Erfinder der Koepe-Scheibe, in: Heimatkalender der Erkelenzer Lande, 14, 1965, S. 29 f. und Landgraeber, Friedrich W.: Das Drahtseil im Bergbau, in: Drahtwelt, Düsseldorf 1958, S. 77.
2. Vgl. Lange, Fritz: Die Vierseilförderung, Essen 1952, S. 21; Landgraeber (1958), S. 77 gibt unzutreffend an „in Ibbenbüren am Deister“.
3. Vgl. Henneßen (1965), S. 30.
4. Vgl. Lange (1952), S. 22.
5. Vgl. ebd., S. 26.
6. Vgl. Henneßen (1965) S. 30 f.
7. Dazu vgl. die ms. „Bemerkungen“ des Enkels von Friedrich Koepe, Heinrich Meyer-Overhamm in Dortmund, zu Lange (1952), S. 5 (im Besitz der Autoren).
8. Vgl. die Niederschrift Friedrich Kopes ebd., S. 4.
9. Vgl. Bemerkungen ebd., S. 7.
10. Vgl. ebd.
11. Zit. aus einem Brief Arnold Kopes an das Bergbau-Museum Bochum, dat. 17. 1. 1942.
12. Vgl. Lange, Fritz: Wege zur Vierseilförderung, in: Glückauf, 81/84, 1948, S. 104.
13. Vgl. ebd. sowie Kroker, Werner: Friedrich Koepe, in: Neue Deutsche Biographie, Bd. 12 (in Vorb.).
14. Baumann: Die Förderung mit Treibscheibe, in: Glückauf, 41, 1905, S. 1467 f.
15. Zur Würdigung der Leistungen Kopes vgl. auch Schmidt, Fritz: 50 Jahre Kopeförderung, in: ebd., 64, 1928, S. 1173—1179.
16. Vgl. auch Tischmann, Klaus: Frühwege der Elektrotechnik im Bergbau, in: Der Anschnitt, 28, 1976, S. 163—168 sowie Kroker, Werner: Karl Ilgner, in: Neue Deutsche Biographie, Bd. 10, Berlin 1974, S. 134 f.

Anschriften der Verfasser:

Dr.-Ing. Hartmut Arnold

Seilprüfstelle — Institut für Fördertechnik
und Werkstoffkunde der

Westfälischen Berggewerkschaftskasse
Dinnendahlstraße 9, D-4630 Bochum

Dr. Werner Kroker

Deutsches Bergbau-Museum Bochum
Vödestraße 28, D-4630 Bochum