

Frühwege der Elektrotechnik im Bergbau

Die Fördermaschine auf der Zeche Zollern II

Emil Kirdorf hat als Generaldirektor der Gelsenkirchener Bergwerks-Aktiengesellschaft am Anfang unseres Jahrhunderts mit der Schachthanlage Zollern II in Dortmund-Bövinghausen eine Musterzeche geschaffen, deren weitgehend erhalten gebliebene Überreste heute im europäischen Maßstab ein montangeschichtliches Denkmal ersten Ranges sind. Die Maschinenhalle dieser Zeche – nunmehr eine Außenstelle des Deutschen Bergbau-Museums Bochum – wird zur Zeit mit finanzieller Unterstützung durch das Kultusministerium des Landes Nordrhein-Westfalen restauriert und ist daher gegenwärtig für den Publikumsverkehr geschlossen.

Die architekturgeschichtlich hervorragende Rolle der Maschinenhalle Zollern II ist im ANSCHNITT (5–6/1974) bereits gewürdigt worden. Der vorliegende Aufsatz befaßt sich mit den technischen Aspekten im Hinblick auf die Pionierleistungen, die mit der Anwendung der Elektrotechnik auf den Bergbau vollbracht wurden und deren Ergebnisse in der Maschinenhalle noch erhalten sind.

Zur Einführung

Der elektrisch angetriebenen Fördermaschine kommt als Arbeitsmaschine im Bergbau in mehrfacher Hinsicht eine besondere Bedeutung zu¹. Über Jahrhunderte hinweg stand im Erz- und Kohlenbergbau allein die menschliche Muskelkraft zur Hebung des Minerals zur Verfügung. Der Mensch machte sich zwar die Rollen- und Hebelgesetze der Physik zunutze, setzte bei den Göpeln auch Arbeitstiere ein und versuchte – teilweise mit großem Erfolg –, die Kräfte der Natur zu bändigen, indem er sie bei den Wasser-, später bei den Fahrkünsten nutzte. Erst die Erfindung der Dampfmaschine in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts brachte aber diejenigen Impulse, die die äußeren Arbeitsbedingungen des Bergmanns durch die daraufhin einsetzende explosionsartige Entwicklung der Schachtförderung, der Wasserhaltung und der Grubenbewetterung entscheidend verbesserten². Ab-

schluß dieser Entwicklung war der Einzug der Elektrotechnik in den Bergbau. Die Möglichkeit, große Energiemengen über weite Strecken hinweg fast verlustfrei fortzuleiten und zu verteilen, schaffte die Voraussetzung dafür, daß die Dampfmaschine teilweise wieder abgelöst wurde, weil die menschliche Arbeitskraft durch den Einsatz der elektrischen Energie bis vor Ort entlastet werden konnte.

Die erste elektrisch angetriebene Fördereinrichtung kam in Deutschland im Jahre 1893 auf der Zeche Hollertszug in Herdorf im Siegerland zur Aufstellung. Diese in ihrer technischen Konzeption³ noch recht bescheidene Ausführung stellte ein Startsignal dar: Bald darauf wurde von mehreren Herstellern gleichzeitig eine fieberhafte Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeit aufgenommen, die durch das 1891 angemeldete Patent des Amerikaners Harry Ward Leonard weitere Impulse erhielt. Leonard entwickelte eine Schaltung, die das nahezu verlustlose Steuern und Regeln großer Gleichstrommaschinen ermöglichte. Abschluß dieser Entwicklung war der Bau der ersten elektrisch angetriebenen Fördermaschine im heutigen Sinne, die gleichzeitig als eine der Pionierleistungen aus Elektrotechnik und Maschinenbau angesehen werden muß. Sie wurde 1900 von der Friedrich-Wilhelms-Hütte in Kooperation mit der Elektrofirma Siemens & Halske erstellt und im Jahre 1902 auf der Industrie- und Gewerbeausstellung in Düsseldorf der Öffentlichkeit vorgestellt (Abb. 1).

Die von der Gelsenkirchener Bergwerks AG in Auftrag gegebene Fördermaschine war für die Zeche Zollern II im seinerzeit westfälischen Merklinde, im heutigen Dortmund-Bövinghausen, bestimmt. Planung und Entwicklung dieser für die damalige Zeit beispiellosen Leistung lagen wesentlich in der Hand von Carl Köttgen, dem späteren Vorstandsvorsitzenden der Siemens-Schuckert-Werke. Köttgen löste in einzigartiger Weise die Aufgabenstellung, den Betrieb einer elektrischen Fördermaschine mit größtmöglichem Wirkungsgrad und einer möglichst gleichmäßigen Stromentnahme in die Kraftwirtschaft einer Zeche einzugliedern.

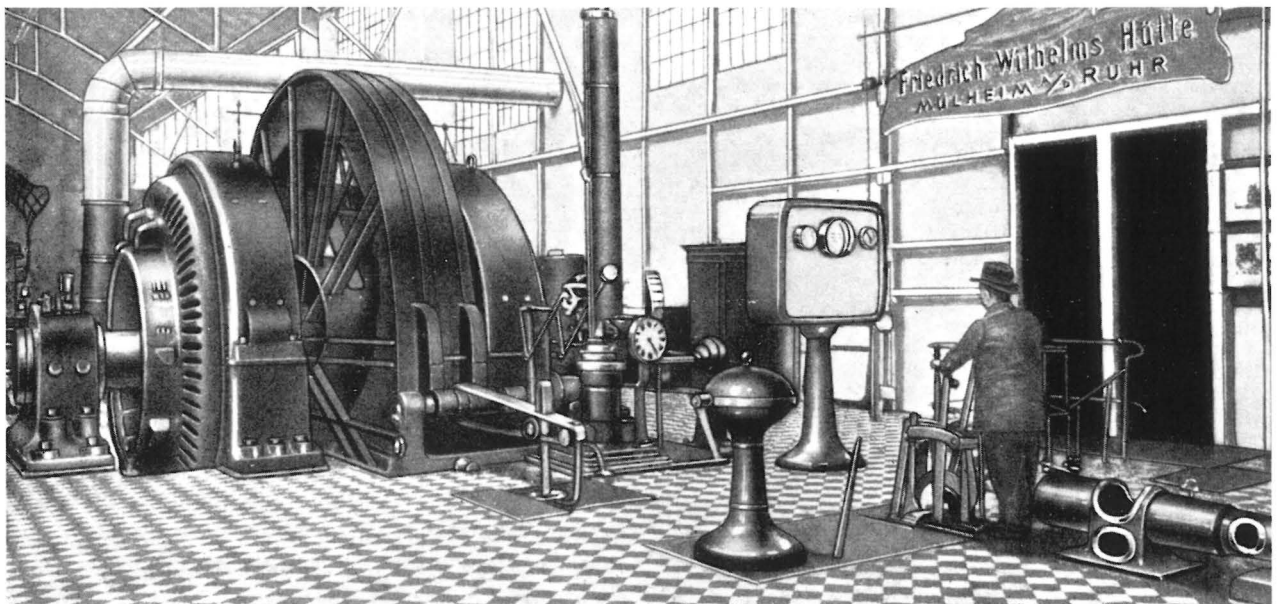


Abb. 1: Vorführung der Fördermaschine Zollern II auf der Industrie- und Gewerbeausstellung in Düsseldorf 1902

Auf der Zeche Zollern II, die auch in baulicher Hinsicht als eine Musteranlage konzipiert war⁴, wurde durch die Zusammenfassung aller elektrischen Großmaschinen in einer Maschinenhalle und durch ein zentrales 500-Volt-Gleichstromnetz zum ersten Male die Möglichkeit geschaffen, alle Arbeitsmaschinen einer großen Zeche einschließlich der Fördermaschinen elektrisch zu versorgen. Das hierzu errichtete 500-Volt-Gleichstromnetz der Zeche wurde durch zwei Dreifach-Expansions-Dampfmaschinen mit direkt gekuppelten Gleichstrom-Dynamomaschinen gespeist.

Die Fördermaschine

Die elektrische Fördermaschine der Zeche Zollern II war in der ersten Ausbaustufe für 16stündigen Betrieb ausgelegt und hob aus 500 m Teufe mit einer einetägigen Gestellförderung eine tägliche Nutzlast von 2700 t. Die auf beiden Seiten der Koescheibe angebrachten Gleichstrom-Nebenschlußmotoren bewirkten bei Serienschaltung eine Seilgeschwindigkeit von 10 m/s, die bei der später durchgeführten Parallelschaltung der Motoren verdoppelt werden konnte⁵. Die Fördermaschine besaß nur zwei Lager, die in äußerst kräftiger Ausführung an den Außenseiten der Motoren angeordnet waren. Die Treibscheibe erhielt mit 6 m einen relativ kleinen Durchmesser, da man bereits die besondere Wirtschaftlichkeit der höherentourigen Gleichstrommaschine erkannt hatte (Abb. 2). Die Fördermaschine wurde als eine der ersten mit einem am Teufenzeiger angebrachten Kurvenscheibenfahrtregler ausgerüstet. Der somit wesentlich erhöhte Sicherheitsgrad der Anlage gegenüber den bis

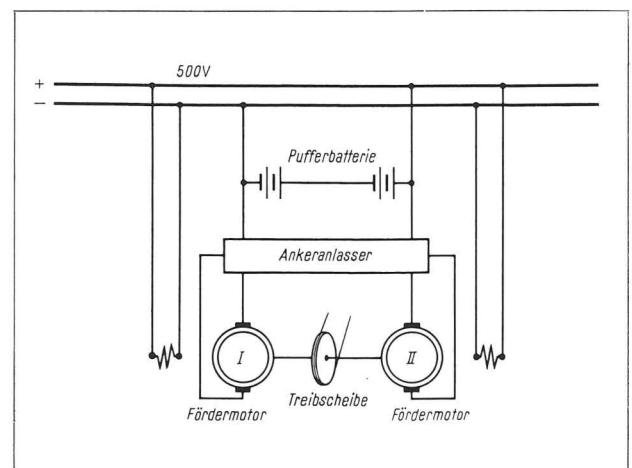
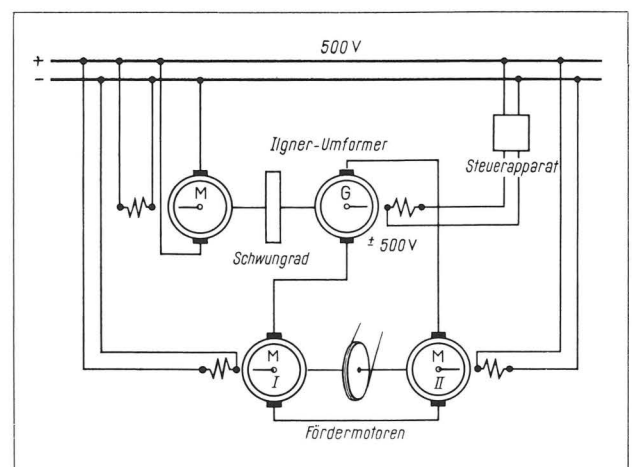


Abb. 2: Prinzipschaltbild des alten Batterieantriebes der elektrischen Fördermaschine (nach Ummelmann)

Abb. 3: Gleichstrom-Ilgnurumformer (Prinzipschaltbild nach Ummelmann)



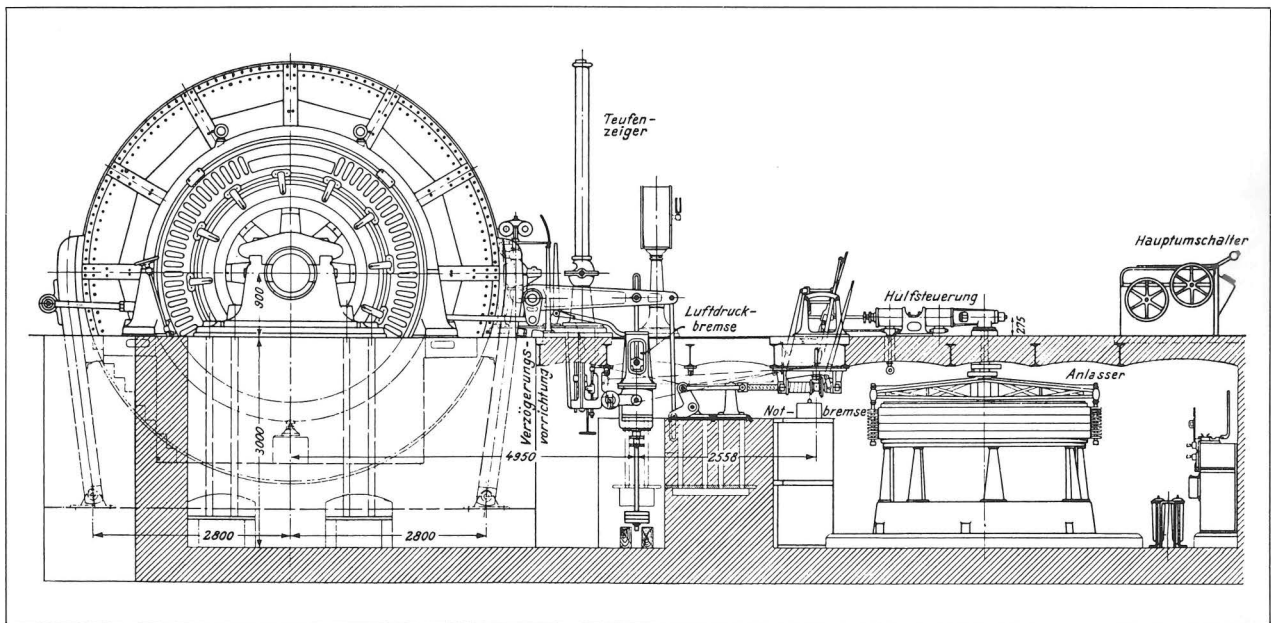


Abb. 4: Aufriß der Fördermaschine mit Hilfssteuerung und Anlasser (nach Ummelmann)

dahin üblichen Sicherheitseinrichtungen an Dampf-fördermaschinen wurde auch vom Oberbergamt in Dortmund anerkannt, indem es erstmals auf Zollern II eine Seilfahrtgeschwindigkeit von 10 m/s genehmigte, während bei Dampf-fördermaschinen weiterhin nur 6 m/s erlaubt blieben⁶.

Die Maschine hing unter Zwischenschaltung eines Ankeranlassers unmittelbar an einer gewaltigen Pufferbatterie, die ihrerseits durch das 500-Volt-Zechen-netz gespeist wurde⁷. Die Möglichkeit, trotz der häufiger vorkommenden Ausfälle des 500-Volt-Netzes den Förderbetrieb mit Hilfe von Akkumulatoren weiter auf-rechterhalten zu können, ist für heutige Zeiten fast eine Kuriosität, für damalige Verhältnisse war sie wohl eine zwingende Notwendigkeit. Die Pufferbatterie, die aus 250 großen Einzelzellen bestand, besaß eine Kapazität von 460 Ampere-Stunden und war für einen Pufferstrom von 1000 Ampere ausgelegt. Die Kapazi-tät der Batterie erlaubte es, daß eine bereits angelaufene Seilfahrt bei Netzausfall durch eine ganz be-stimmte Zahl von Treiben mit Hilfe der Batterie abge-schlossen werden konnte. Das zur Schnellladung er-forderliche Ladeaggregat war durch kleine Zusatz-dynamos in der Lage, die Ladespannung bis auf 670 Volt zu steigern, um die 500-Volt-Batterie in kür-zester Zeit wieder aufzufrischen⁸.

Der Ankeranlasser kann als ein kleines technisches Wunderwerk bezeichnet werden: Neben seiner eigent-lichen Aufgabe – der „Regelung“ des Ankerstromes – war er mit einer Einrichtung versehen, die bei jeder Fahrt die Reihenfolge der vier Batteriengruppen wech-selte. Diese Vorkehrung erwies sich als erforderlich, weil am Ende jeder Batteriengruppe Zusatzzellen

angebracht waren, die zum Umsetzen der Förderkör-be auf Schleichfahrt herangezogen wurden. Das meh-rere Tonnen schwere Gerät wies einen Durchmesser von 3 m auf und eine Höhe von 2 m.

Eine direkte Betätigung des Anlassers durch Muskel-kraft war selbstverständlich nicht möglich. Der An-lasser wurde über einen Druckluft-„Hilfssteuerappa-rat“ – in modernem Sinne eine Differentialsteuerung – vom Führerstand aus betätigt (Abb. 4).

Der Ilgner-Umformer

Während der Montage der Fördermaschine auf Zol-lern II im Jahre 1903 war der zwei Jahre zuvor dem schlesischen Elektroingenieur Karl Ilgner⁹ für den An-trieb von Fördermaschinen patentierte Umformer be-kannt geworden, der es erlaubte, die aus dem Strom-netz entnommene Drehenergie zu speichern und eine Vergleichmäßigung des Stromverbrauchs zu bewir-ken¹⁰. Der Vorstand der Gelsenkirchener Bergwerks AG stimmte dem Vorschlag zu, eine solche Ilgner-Umformeranlage mit einem 40 t schweren Schwungrad auf der Zeche Zollern II zusätzlich zu errichten¹¹. Der Umformersatz stellt im Prinzip einen frühen Leo-nard-Satz dar und besteht aus einem 300-PS-Gleich-strommotor, dem Stahlguß-Schwungrad von 4 m Durchmesser und einer Gleichstrom-Dynamomaschi-ne (Abb. 3, 5).

Das Feld dieses Gleichstromgenerators konnte über eine wesentlich einfachere und verlustärmere Steuer-apparatur als beim Ankeranlasser an das 500-Volt-Zechennetz angeschlossen werden. Durch die Erhal-tung der Batteriesteuerung verfügte man über die

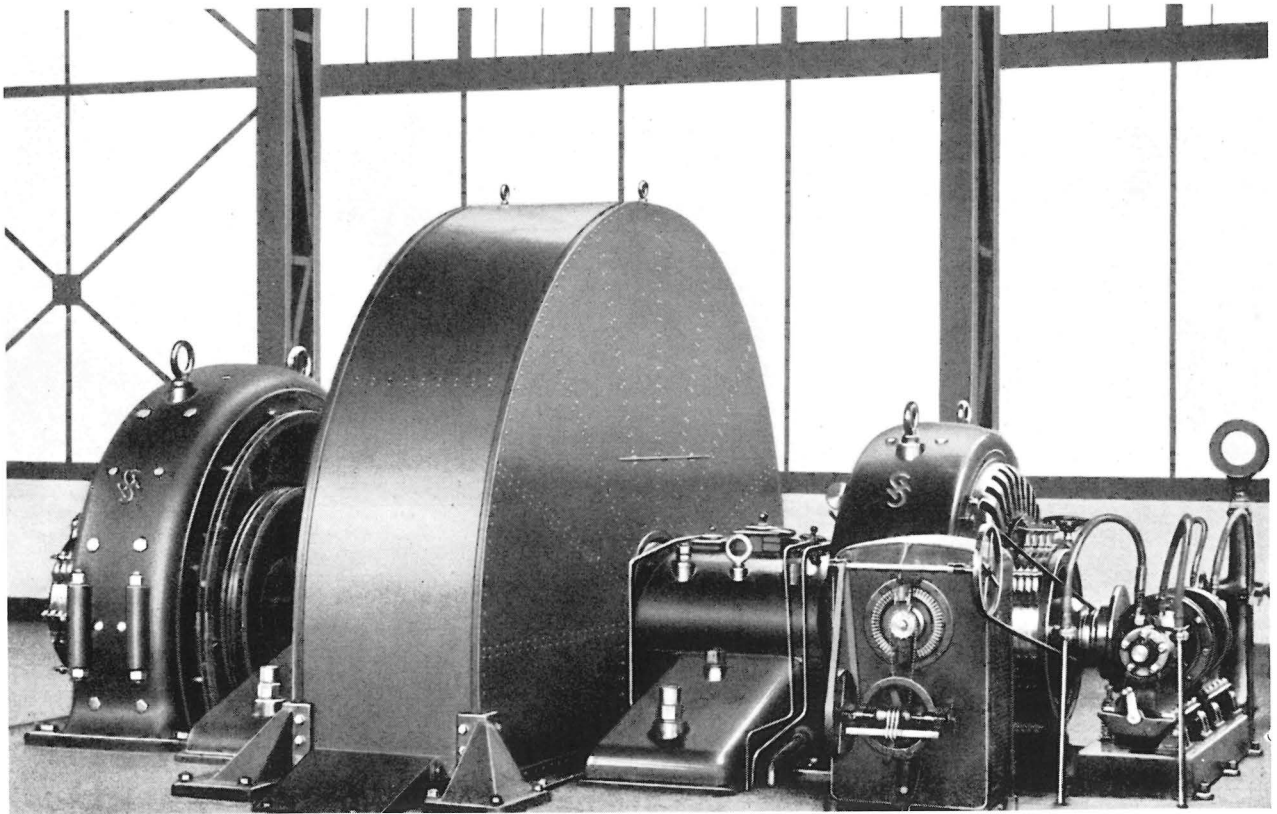


Abb. 5: Ilgner-Umformer mit Schwungrad auf Zollern II

Möglichkeit, über je einen besonderen Führerstand entweder Betrieb mit dem System „Ilgner“ oder mit dem System „Batterie/Ankeranlasser“ durchzuführen. In den folgenden Jahren kam in der Regel während der beiden Förderschichten der Ilgner-Umformer zur Anwendung, während in der Nachtschicht sowie an Sonn- und Feiertagen die Maschine mit der Pufferbatterie und dem Ankeranlasser betrieben wurde.

Das elektrische Versorgungsnetz konnte durch den Einsatz des Ilgner-Umformers vor größeren Belastungsstößen bewahrt werden, indem bei Überschreiten einer bestimmten Abgabestromstärke an die Fördermaschine das schwere Schwungrad zur Energieabgabe mit herangezogen wurde. Je nach Nutzlast und Länge des Treibens sank dadurch die Schwungrad-drehzahl bis zu 15 Prozent. In den Förderpausen brachte der Antriebsmotor des Ilgner-Umformers die Schwungrad-drehzahl wieder auf ihren Nennwert.

Im Jahre 1907 wurde für die zweite Fördereinrichtung eine weitere elektrische – die westliche – Fördermaschine aufgestellt, die aber nur einen 500-Volt-Gleichstrommotor als Antrieb erhielt. Der Gleichstrom-Ilgner-Umformer wurde für die zwischenzeitlich fertiggestellte Nebenförderung verwendet. Die Fördermaschine der Hauptförderung erhielt einen neuen Leonard-Umformer ohne Schwungrad. Über einen sogenannten Kreuzschienenverteiler war man in der Lage, sowohl mit der Pufferbatterie als auch mit dem

Leonard-Umformer wahlweise auf die westliche oder die ältere östliche Fördermaschine einzuspeisen¹².

Die Umstellung auf die moderne Elektrotechnik

Bald nach Installation der Anlagen erwies sich, daß auf Dauer die energiewirtschaftlichen Probleme einer wachsenden Schachanlage mit einem Gleichstromnetz nicht zu bewältigen sein würden. Bereits 1908 wurde daher in der Maschinenhalle Zollern II ein Frischdampf-Turbogenerator zur Erzeugung von Drehstrom aufgestellt. Gleichzeitig lief die schrittweise Umstellung des Elektronetzes auf Zollern II von 500 Volt Gleichstrom auf 5000 Volt Drehstrom an.

Nach dem Aufbau weiterer Stromerzeuger und der Umrüstung von Umformerantrieben auf Drehstrom ging man in den zwanziger Jahren dazu über, ein großes 5000-Volt-Verbundnetz der mittlerweile in den Besitz der Vereinigte Stahlwerke AG übergegangenen Bergbaugruppe Dortmund zu errichten¹³. Rückgrat der Stromversorgung der Bergbaugruppe Dortmund waren die Kraftzentralen der Zechen Minister Stein und Zollern II, da diese Anlagen wesentlich mehr Strom erzeugten, als sie selbst verbrauchten. So produzierte die Kraftzentrale Zollern II im November 1930 eine elektrische Energie von 1 848 000 kWh, von denen nur 421 000 kWh im eigenen Betrieb verbraucht wurden. Der Rest konnte ins Verbundnetz der Bergbaugruppe Dortmund eingespeist werden und diente

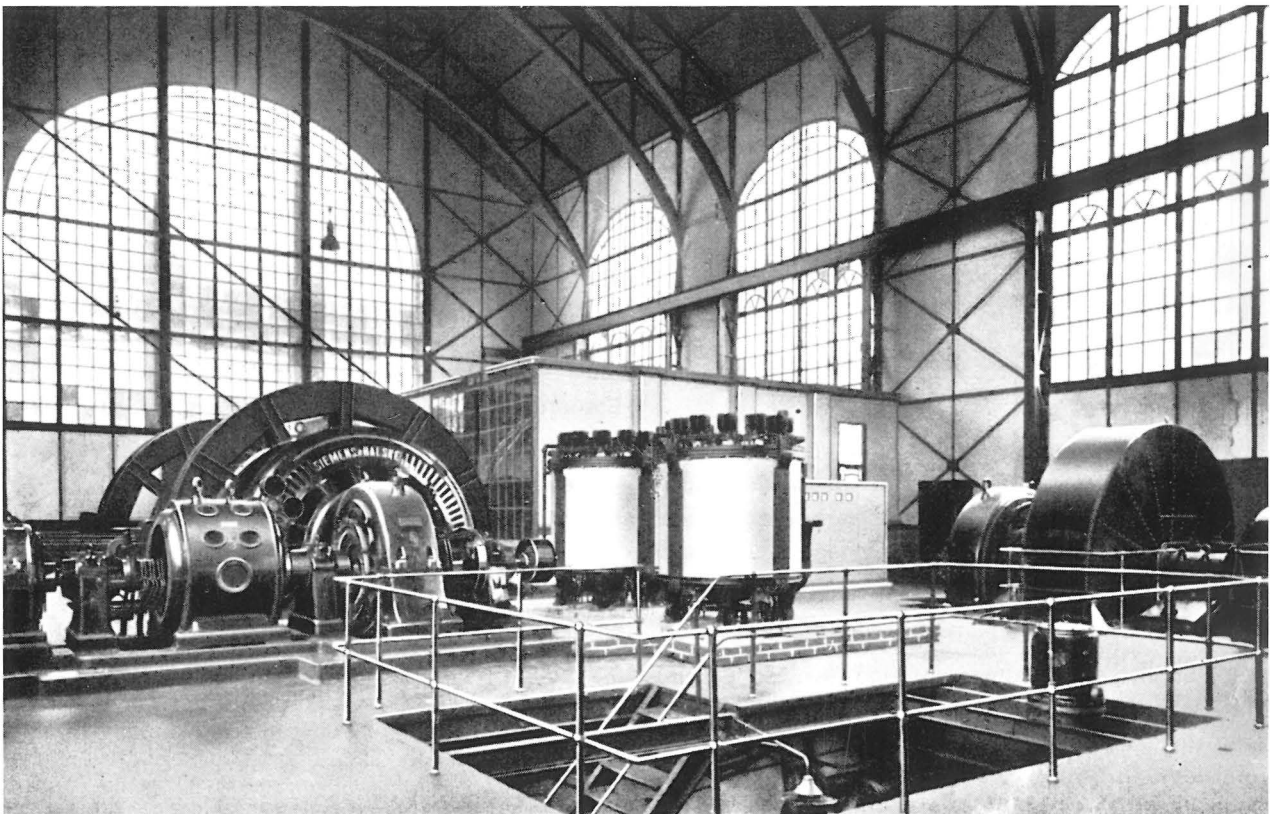
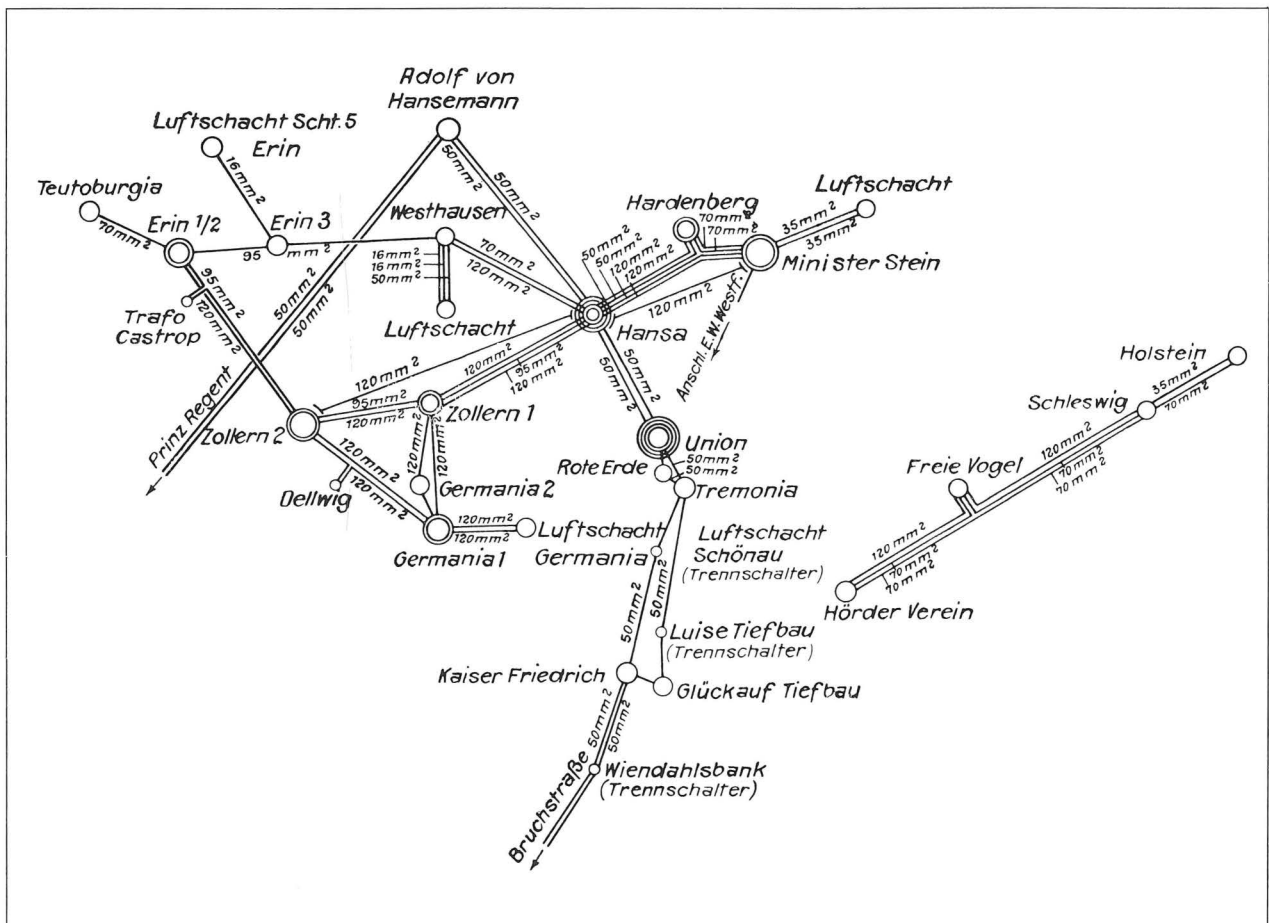


Abb. 6: Fördermaschinen mit Umformersätzen und gittergesteuerten Stromrichtern auf Zollern II

Abb. 7: Kabelplan der Bergbaugruppe Dortmund um 1930



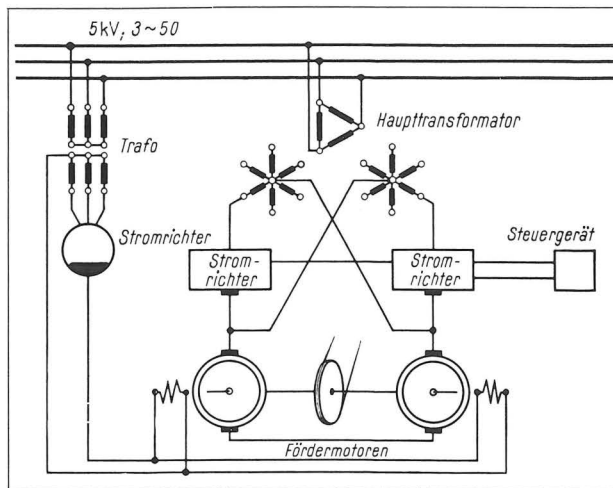


Abb. 8: Prinzipschaltbild der Stromrichtersteuerung (nach Ummelmann)

hauptsächlich zur Stromversorgung der Zeche Erin. Die Zeche Zollern II war weiterhin über das Schalt- haus der Zeche Hansa durch mehrere Hochspan- nungskabel mit der Zeche Minister Stein verbunden, um im Störfalle eine gegenseitige Aushilfe zu ermöglichen (Abb. 7).

Im Jahre 1936 wurde die Nutzlast der Hauptförder- maschine auf 7000 kg erhöht¹⁴. Bei den Umbauarbei- ten stellte sich heraus, daß der bis dahin in Betrieb befindliche Leonard-Umformer den gestellten Anfor- derungen nicht mehr gewachsen war. Es galt zu ent- scheiden, ob ein für die neuen Verhältnisse bemesse- ner größerer Umformer angeschafft werden sollte oder einer sogenannten Stromrichteranlage der Vor- zug gegeben werden sollte, die allerdings Größen- ordnungen, wie sie für die Belange des Bergbaus ent- sprachen, noch nicht entwickelt war. Solche Überle- gungen wurden von der Suche nach Möglichkeiten getragen, die Wirtschaftlichkeit der Förderanlagen durch Verbilligung der Anlagekosten und Senkung des Energieverbrauchs zu verbessern (Abb. 8). Die Verwendung gittergesteuerter Stromrichter anstelle der rotierenden Leonard-Umformer kam diesen Ziel- vorstellungen sehr nahe, denn die Verluste in Strom- richtern und zugehörigen Transformatoren waren ge- ringer als bei Umformern. Die nicht unerheblichen Leerlaufverluste fallen zusätzlich während der Förder- pausen bei Stromrichtern ganz fort¹⁵.

Rentabilitätsüberlegungen mit dem gleichzeitig ver- bundenen Mut zu Pionierleistungen in der Bergbau- technik gaben den Ausschlag für die Entscheidung, die erste mit Stromrichtern betriebene Fördermaschi- ne der Welt auf Zollern II zu errichten. Die Anlage wurde in sogenannter Kreuzschaltung mit zwei regel- baren gittergesteuerten Stromrichtern für den Anker- stromkreis ausgerüstet¹⁶.

Über ein zweites dreianodiges Stromrichtergefäß wurde die Gleichspannung für die Feldwicklungen der beiden Fördermotoren erzeugt. Die Speisung der Ge- samtanlage erfolgte aus dem 5000-Volt-Zechennetz (Abb. 6).

Die erste Fördermaschine mit gittergesteuerten Stromrichtern arbeitete mehr als drei Jahrzehnte lang bis zur Stilllegung der Schachthanlage in den sechziger Jahren einwandfrei. Bei einer Nutzlast von 7000 kg und einer mittleren Teufe von etwa 500 m war sie für die Entwicklung der elektrischen Antriebs- und Steuerungstechnik der Fördermaschinen des Berg- baus von beispielhafter Bedeutung.

ANMERKUNGEN

1. Dazu vgl. Philippi, Wilhelm: Elektrische Fördermaschinen, 2. Aufl. Leipzig 1927.
2. Vgl. insbesondere ders.: Elektrizität im Bergbau, Leipzig 1924, und Nüsslin, Horst: Aufgaben und Leistungen der Starkstromtechnik im Bergbau, in: Elektrotechnik im Berg- bau, hrsg. v. d. Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen 1954, S. 7–11.
3. Vgl. Diehl, H., u. a.: 50 Jahre elektrotechnische Überwa- chung im Ruhrbergbau. FS des Technischen Überwachungs- Vereins e. V., Essen 1952.
4. Zur Architekturgeschichte vgl. Neumann, Eberhard G.: Die ehemalige Zeche Zollern II/IV in Dortmund, in: Der An- schnitt, 26, 1974, H. 5/6, S. 64–70, sowie ders.: Die ehe- malige Zeche Zollern 2/4 in Dortmund-Bövinghausen, Ber- lin 1975 (= Große Baudenkmäler. 299). Umfassend infor- miert demnächst Becher, Bernd und Hilla/Conrad, Hans Günter/Neumann, Eberhard G.: Zeche Zollern 2/4 – Auf- bruch zur modernen Industriearchitektur und Technik, Mün- chen 1975 (im Druck).
5. Vgl. Randebrock, P.: Die Schachthanlage Zollern II der Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft, in: Glück- auf, 41, 1905, S. 787 f.
6. Vgl. auch Die Steinkohlenbergwerke der Vereinigte Stahl- werke AG., Zollern-Germania, Bd. 1, o. O., o. J. (Essen 1931), S. 272 f.
7. Zum folgenden vgl. Ummelmann, Ewald: 50 Jahre Elektro- Fördermaschine auf Zeche Zollern II, in: Elektrotechnik im Bergbau, hrsg. v. d. Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen 1954, S. 13.
8. Hierzu vgl. Randebrock (1905), S. 788.
9. Vgl. Kroker, Werner: Karl Ilgner, in: Neue Deutsche Bio- graphie, Bd. 10, Berlin 1974, S. 134 f.
10. Vgl. Ilgner, Karl: Der elektrische Antrieb von Reversier- Walzenstraßen, in: Stahl und Eisen, 23, 1903, S. 769–771, sowie Baum: Neuerungen an der Verwendung der Elektri- zität beim Fördermaschinenbetriebe, in: Glückauf, 39, 1903, S. 121–128 und S. 152–155.
11. Vgl. Randebrock (1905), S. 788, und Ummelmann (1954), S. 13 f.
12. Vgl. Ummelmann (1954), S. 15.
13. Zum folgenden vgl. besonders Die Steinkohlenberg- werke, Bd. 1, S. 374 ff.
14. Vgl. Ummelmann (1954), S. 15.
15. Vgl. Weißbach, W.: Stromrichter in Bahn- und in Licht- und Kraftbetrieben, in: Siemens-Zeitschrift, 13, 1933, S. 275–282.
16. Vgl. Ummelmann (1954), S. 15.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Klaus K. Tischmann
Hellweg 18, D-4630 Bochum 1