

Developments in Mine Logistics at RAG

The history of mine logistics at RAG, Essen/Germany, since the company was founded some 50 years ago traces the developments that took place at a wide spread of collieries where multi-seam working was practised on different levels and at different depths. As the overall evolution of this technology is extremely

complex it would not be possible here to describe these events in their entirety. For a more complete picture of how logistics developed at RAG refer to the recent publication "Technical developments in logistics at RAG".

Die Entwicklung der Logistik der RAG seit ihrer Gründung

Die Logistikgeschichte der RAG Aktiengesellschaft, Essen, in den 50 Jahren nach ihrer Gründung beschreibt die Logistik in weit ausgedehnten, durch Mehrflözabbau geprägten Bergwerken mit verschiedenen Sohlen in unterschiedlichen Teufen. Da sich die Ge-

samtentwicklung sehr komplex darstellt, kann sie an dieser Stelle nicht umfänglich beschrieben werden. Die Gesamtheit der Entwicklung in der Logistik der RAG seit ihrer Gründung ist im Buch „Technische Entwicklung in der Logistik der RAG“ nachzulesen.

1 Introduction

An examination of logistic developments at RAG, Essen/Germany, is necessarily based on the following definition:

Logistics entails the planning, organisation, processing and optimisation of flows of materials, personnel and information both in-house and between other companies.

These movements are based around surface and underground processes that involve

- personnel transport;
- coal winning;
- stowing material;
- materials conveying;
- energy;
- water in the form of
 - fresh water;
 - chilled water; and
 - pit water;
- ventilation;
- backfilling materials;
- waste disposal and recycling;
- IT infrastructure; and
- information.

All these processes take place in a widely dispersed environment. Figure 1 shows the geographical extent of a typical German coal mine.

Prosper Haniel colliery, e.g., extended for some 20 km in a northerly direction and more than 12 km in an easterly direction, while the Blumenthal/Haard combined mine extended for 20 km

1 Einführung

Bei Betrachtung der Logistik der RAG Aktiengesellschaft, Essen, lässt sich folgendes definieren:

Die Logistik beinhaltet die Planung, die Organisation, die Bearbeitung und Optimierung von Material-, Personen- und Informationsflüssen innerhalb einer Gesellschaft und zwischen anderen Gesellschaften.

Sie bewegt sich in untertägigen und übertägigen Prozessen von

- Personentransport,
- Gewinnung,
- Versatzmaterial,
- Materialtransport,
- Energie,
- Wasser in Form von
 - Frischwasser,
 - Kaltwasser und
 - Grubenwasser,
- Bewetterung,
- Hinterfüllmaterialien,
- Abfallbeseitigung und Recycling,
- IT- Infrastruktur und
- Information.

Die Prozesse finden allesamt in einem weitgedehnten Umfeld statt. Bild 1 zeigt beispielhaft die räumliche Ausdehnung deutscher Bergwerke.

Das Bergwerk Prosper Haniel z.B. erstreckte sich über eine Weite von 20 km in nördlicher Richtung und über 12 km in östlicher Richtung. Das Verbundbergwerk Blumenthal/Haard er-

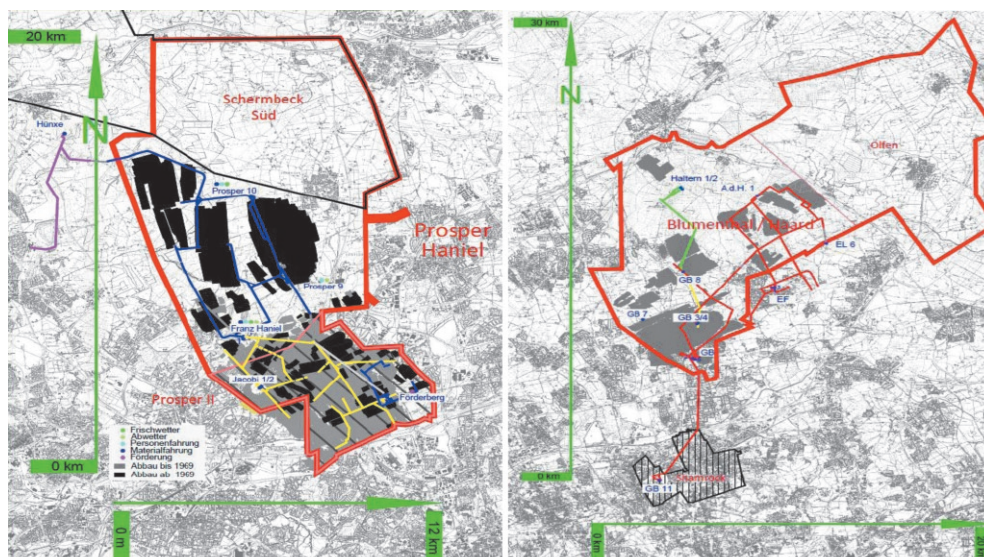


Fig. 1. Selected examples showing the spatial extent of an underground coal mine. // Bild 1. Beispiele für die räumliche Ausdehnung untertägiger Bergwerke.

to the north and for the same distance to the east. Figure 2 gives an idea of the complex nature of the underground roadway network and transport systems.

The wide-ranging structure of the mine workings as depicted i.e. in the left portion of Figure 2, which shows the underground layout of Friedrich Heinrich colliery, gives some idea of how expansive the transport network had to be. Indeed it was not uncommon for large collieries to have more than 120 km of underground roadways.

The right portion of the figure shows the complexity of the underground transport systems at Blumenthal/Haard combined mine, e.g., large-capacity mine cars, belt conveyors and automatic rail systems would all be involved as the product was trans-loaded multiple times on its journey from the coal face to the surface.

The operating conditions for the RAG logistics services were to become ever more demanding over the years.

While in 1969 the average depth of the mine workings was less than 800 m, this figure had reached the 1,000-m mark by the end of that century and was to increase further to around 1,300 m by 2015 (Figure 3).

streckte sich sogar über eine Länge von 20 km in nördlicher und östlicher Richtung. Bild 2 zeigt die untertägige Komplexität der Streckennetze und der Transportsysteme.

Betrachtet man die untertägige Ausdehnung, wie beispielsweise im linken Teil des Bilds 2 am Beispiel des Bergwerks Friedrich Heinrich dargestellt, so lässt sich erkennen, wie weit verzweigt das dafür notwendige Streckennetz war. Für große Bergwerke waren Streckennetze von einer Gesamtlänge > 120 km keine Seltenheit.

Im rechten Teil des Bilds ist die Komplexität der Transportsysteme dargestellt. Auf dem Bergwerk Blumenthal/Haard wurde beispielsweise die Produktion mit mehrfachem Umschlag des Produkts über Großraumwagen, Bandförderung und automatischen Zugverkehr vom Gewinnungsort bis nach über Tage gefördert.

Die äußeren Rahmenbedingungen wurden für die Logistik seit Gründung der RAG kontinuierlich anspruchsvoller.

Wurde im Jahr 1969 noch in einer mittleren Gewinnungsteufe von unter 800 m abgebaut, erreicht die mittlere Teufe etwa im Jahr 2000 bereits die 1.000 m-Marke und im Jahr 2015 eine Gewinnungsteufe von etwa 1.300 m (Bild 3).

Aufgrund der immer größeren Teufen, in denen der Bergbau umging, stieg auch der Gebirgsdruck immer mehr an. Darauf

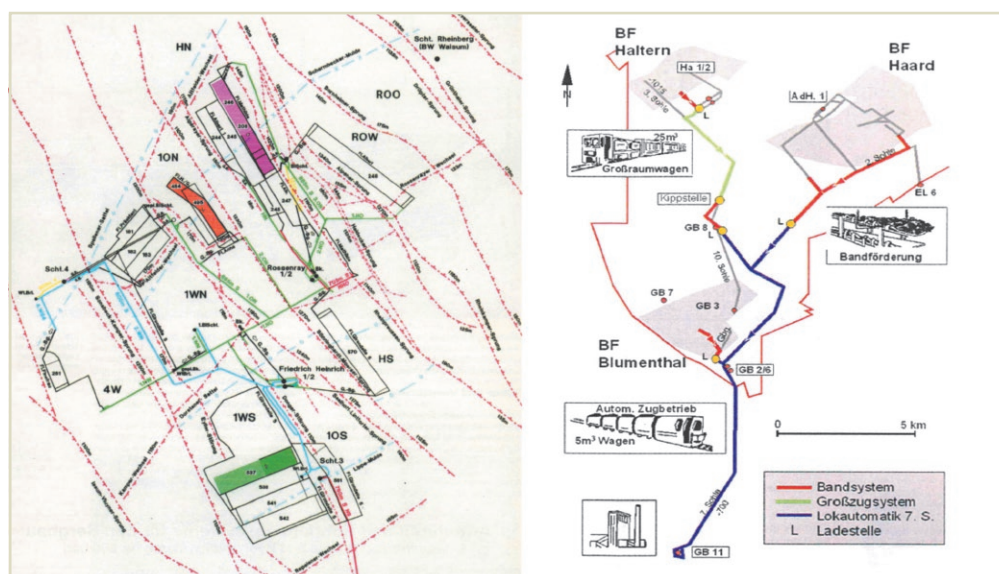


Fig. 2. Complex layout of an underground roadway network. Bild 2. Komplexität des Streckennetzes unter Tage.

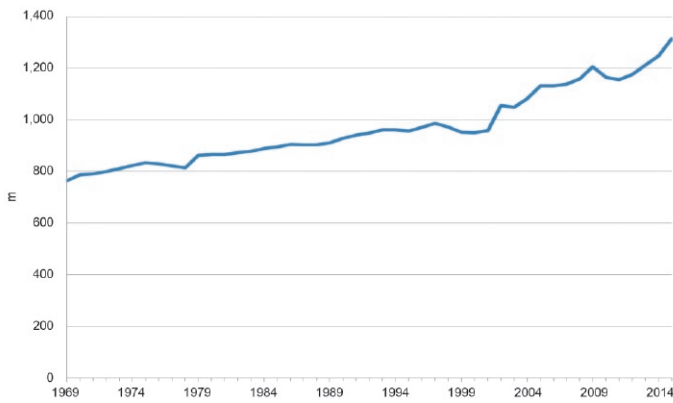


Fig. 3. Working depths at RAG mines. // Bild 3. Teufenentwicklung bei RAG.



Fig. 4. Run-of-mine (ROM) output. // Bild 4. Rohkohlenförderung.

The transition to greater working depths also meant a gradual increase in rock pressures. This in turn imposed the need for better-performing roadway support systems, which resulted in a considerable improvement in the quality of the roadways available for logistic operations.

Whereas in the 1980s the industry had to cope with significant problems by way of convergence and roadway deformation, the introduction of combination support systems with backfilling was able to reduce the adverse effects of convergence and distortion to a minimum level.

Continuing demands were placed on the performance capabilities of the colliery logistics systems. The requirements for coal conveying alone are reflected in the fact that production levels of 10,000 t ROM per day and per colliery, which were fairly common in 1969, had by the mid-1990s increased to more than 22,000 t. Over the remaining years leading to 2015 coal output tended to level off at around 20,000 t/d (Figure 4).

By the year 1992 most mines had six or seven production faces that had to be kept supplied. The weight of the average face installation increased threefold after 1970 and total personnel expenditure on logistic operations rose accordingly.

The period 1993 to 2000 saw a decline in the number of production faces to be supplied and manpower in this area was reduced as a result. Nevertheless, the weight of the face installations continued to increase.

After 2001 most collieries only operated two or three working faces. Manpower expenditure remained at a constant level, while transport weights went on increasing.

Over the years the coal industry's logistics processes were organised and defined on a more orderly and comprehensive basis. While in 1969 these logistical operations were very much controlled and managed by individuals, as the years went by they began to be marshalled on a colliery by colliery basis leading to the introduction, from 2000 on, of standardised procedures within

wurde mit einem immer besseren Streckenausbau reagiert. Dieser verbesserte die Qualität der für die Logistik zur Verfügung gestellten Strecken in erheblichem Maße.

Während in den 1980er Jahren mit erheblichen Konvergenzen und Streckenverformungen gearbeitet werden musste, konnte die Beeinträchtigung durch Konvergenz und Verformung der Strecken mittels Einsatz von Kombinations- Ausbaufahren mit Hinterfüllung auf ein Minimum zurückgeführt werden.

Die Anforderung an die Leistungsfähigkeit von Logistiksystemen wurde kontinuierlich gesteigert. Betrachtet man allein die Anforderungen für die Produktenförderung, zeigt sich, dass seit dem Jahr 1969 die Produktion von etwa 10.000 t Rohförderung je Tag und Bergwerk bereits bis Mitte der 1990er Jahre auf mehr als 22.000 t gesteigert wurde. Im Restzeitraum bis etwa 2015 pendelte sich die Förderung auf etwa 20.000 t/d ein (Bild 4).

Bis etwa 1992 gab es sechs bis sieben zu versorgende Abbaubetriebspunkte je Bergwerk. Das Gewicht einer Strebausrüstung verdreifachte sich von 1970 an und es erfolgte eine Steigerung des gesamten Personalaufwands je Bergwerk für die Logistik.

Von 1993 bis in das Jahr 2000 reduzierte sich die Anzahl der zu versorgenden Abbaubetriebspunkte und der Personalaufwand wurde zurückgefahren. Die Gewichte von Gewinnungsausrüstungen erhöhten sich weiter.

Ab dem Jahr 2001 existierten nur noch zwei bis drei Abbaubetriebspunkte je Bergwerk. Der Personalaufwand war konstant. Die Transportgewichte stiegen weiter an.

Die Prozesse der Logistik wurden im Verlauf der Jahre umfassend geordnet und beschrieben. Waren die Prozesse der Logistik im Jahr 1969 noch stark durch einzelne Personen gesteuert, wurden sie im Verlauf der Jahre zunächst bergwerksindividuell geordnet und ab den 2000er Jahren in standardisierten Prozessen der Logistikkette beschrieben. Wie in Bild 5 dargestellt, wurde die Versorgungskette einheitlich für alle Bergwerke definiert. Beginnend mit der Planung der Produktion und der daraus resultierenden Bedarfe,

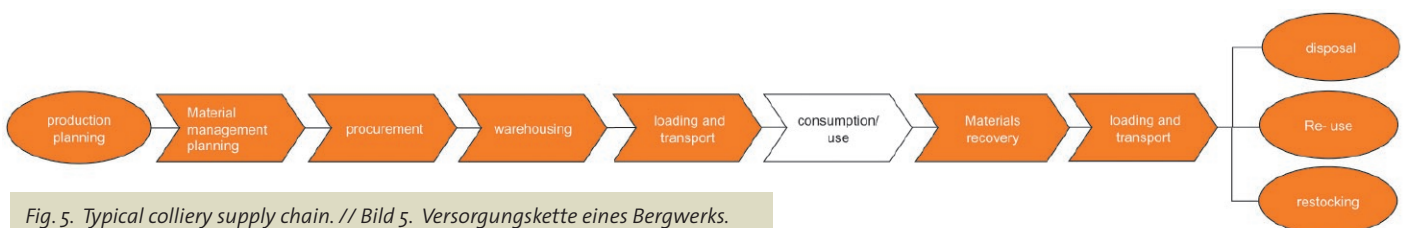


Fig. 5. Typical colliery supply chain. // Bild 5. Versorgungskette eines Bergwerks.

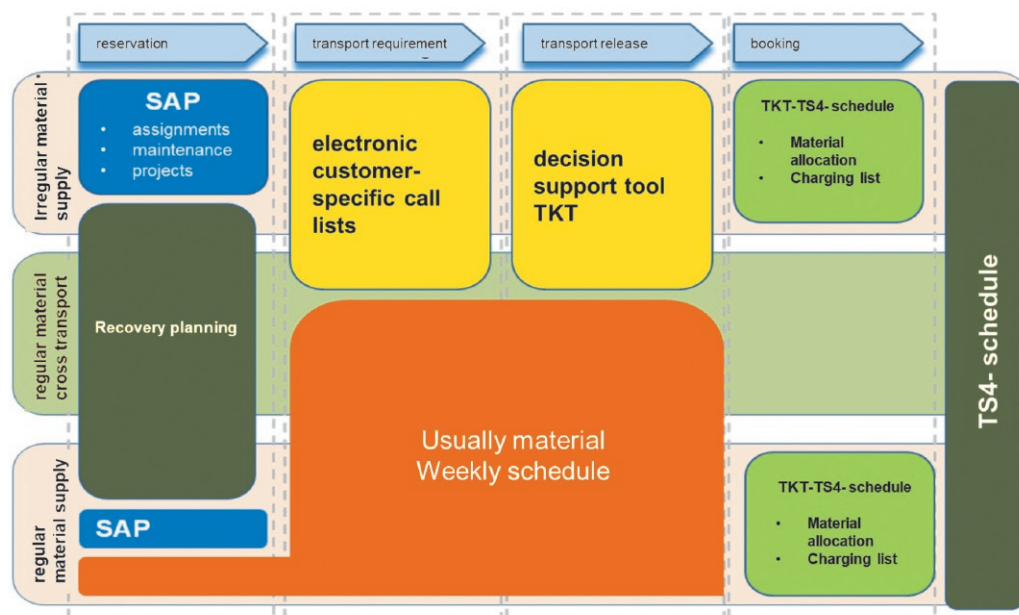


Fig. 6. System view of the SAP logistics flow.
Bild 6. Systemdarstellung SAP Logistik.

the logistics chain. As Figure 5 shows, a uniform definition was eventually drawn up for a supply chain that would operate at all RAG mines. This commenced with production planning and the various demands emanating therefrom and included not only provisioning and the warehousing of consumables but also procedures for disposal, reuse and restocking.

An attempt was then made in a series of development steps based on EDP technology to manage the various logistics processes as part of an integrated system. However these efforts only achieved success when the industry was able to introduce SAP software. This made possible the automation and systematic execution of all the different sub-processes, the latter being inter-linked within the IT system. The planning data for the mine's total supply requirements were used to generate the demand for one single transport day and this was then converted into freight lists and schedules, in conjunction with bookings and reservations, which were then executed as required (Figure 6).

2 Technical developments and structures

The following description of the technical developments that influenced RAG logistics operations is based on a breakdown of the technology that was developed for the purpose. It was here that the key elements of the RAG logistics system were established.

The first step was to differentiate between the sub-areas "planning, manriding and materials transport" and "product conveying and pipeline conveying". As it is not possible at this juncture to describe the technical structure in its complexity down to

über die Versorgung, die Lagerhaltung des Verbrauchs, aber auch der Entsorgung, des Wiedereinsatzes und der Einlagerung.

In verschiedenen Entwicklungsstufen wurde unter Nutzung von EDV- Systemen versucht, die Prozesse der Logistik in einem ganzheitlichen System zu verarbeiten. Dieses gelang jedoch erst mit der Einführung von SAP. Damit wurden die Automatisierung und die systemische Ausführung aller Teilprozesse möglich. Alle Teilprozesse wurden im IT-System miteinander verknüpft. Von der Planung der Gesamtbedarfe generierte sich der Bedarf eines Transporttags und wurde in Verbindung mit Reservierungen und Buchungen in Ladelisten und Fahrpläne umgesetzt, die dann abgearbeitet wurden (Bild 6).

2 Technikentwicklung und Technikstruktur

Die weitere Beschreibung der technischen Entwicklungen der Logistik der RAG erfolgt anhand einer dafür entwickelten Technikstruktur. Hier wurde der wesentliche Aufbau der Logistik der RAG erarbeitet.

Zunächst wurde in die Teilbereiche Planung, Personen- und Materialtransport sowie Produktförderung und Rohrförderung unterschieden. Da an dieser Stelle die Technikstruktur in Ihrer Komplexität nicht bis ins letzte Detail beschrieben werden kann, werden für die weiteren Ausführungen lediglich die Strukturzweige des Personen- und Materialtransports und der Produktförderung betrachtet.

Die Struktur des Personen- und Materialtransports beinhaltet die in Bild 7 dargestellten Bereiche des schienengebundenen

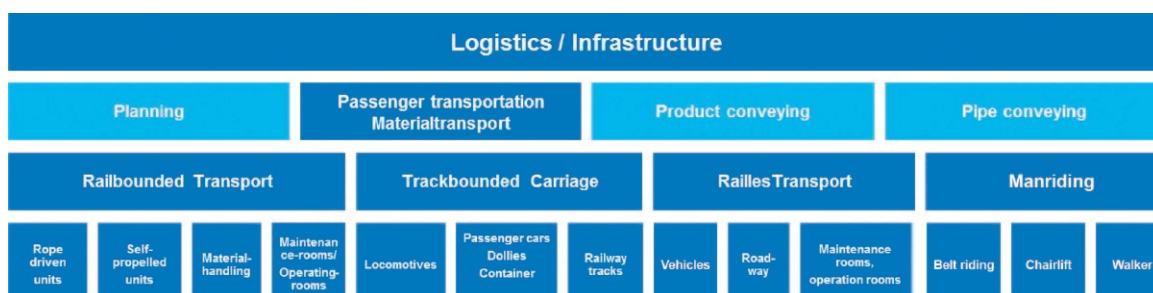


Fig. 7. Technical breakdown of the logistics infrastructure.
Bild 7. Technikstruktur Logistik/ Infrastruktur.

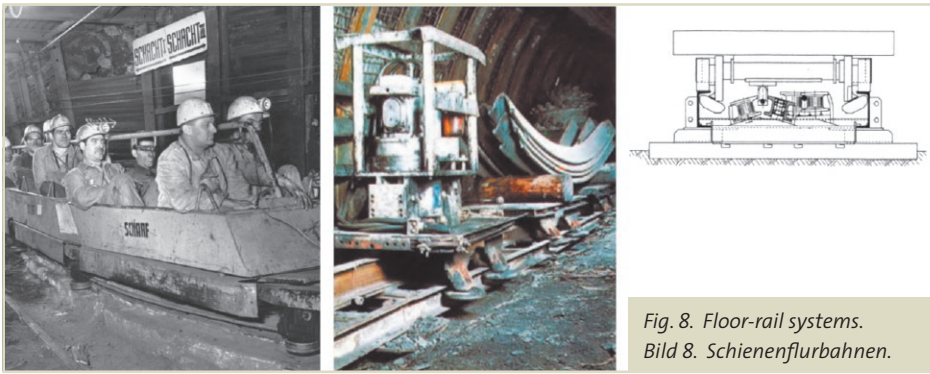


Fig. 8. Floor-rail systems.
Bild 8. Schienenflurbahnen.

Transports, des Personen- und Materialtransports, der Produktförderung und der Rohrförderung.

Der schienengebundene Transport wird unterteilt in seilgetriebene und eigenangetriebene Anlagen sowie den Materialumschlag. Ergänzend werden die Wartungs- und Betriebsräume dargestellt. Der gleisgebundene Transport betrachtet die Lokomotiven mit den angehängten Personen- und Transportwagen sowie die Behälter und die Gleisanlagen.

Der gleislose Transport befasst sich mit den Fahrzeugen unter Tage, den Fahrbahnen nebst den dazugehörigen Wartungs- und Betriebsräumen. Die Fahrungsanlagen umfassen die Bereiche der Bandföhrung, der Sessellifte sowie der Fahrhilfen (Bild 7).

the last detail the information presented below will be limited to examining the operating sectors “manriding and materials transport” and “product conveying”.

The structure of the manriding and materials transport operations, as depicted in Figure 7, is based around the railbound transport equipment, the manriding and materials transport installations, the product conveying systems and the pipeline conveying.

The railbound transport services are subdivided into rope-driven and self-propelled units and materials handling systems. The maintenance and service facilities are also included here. Railbound transport comprises the locomotives and their attached manriding and transport cars along with the container units and trackage. Trackless transport consists of the underground vehicles, roadways and associated maintenance and servicing facilities. Manriding comprises various installations, such as belt conveyors, chairlifts and travel-aids/walkers (Figure 7).

2.1 Railbound transport

2.1.1 Rope-hauled floor-rail installations

An assessment of rope-hauled installations initially focuses on those floor-mounted rail systems that were used for both manriding and materials transport operations. Floor-mounted rail systems were mainly used in the Saar coalfield as the floor conditions there were rarely affected by convergence. Transport systems of this type were rarely deployed in the Ruhr mines because of the convergence conditions that prevailed there (Figure 8).

2.1 Schienengebundener Transport

2.1.1 Seilgetriebene Schienenflurbahnen

Unter den seilgetriebenen Anlagen sind zunächst die Schienenflurbahnen zu betrachten, die sowohl für den Personen- als auch den Materialtransport eingesetzt wurden. Schienenflurbahnanlagen wurden im Wesentlichen im Saarbergbau eingesetzt, da die Liegendverhältnisse dort selten durch Konvergenz beeinflusst wurden. Im Ruhrbergbau kamen diese Anlagen wegen der dort herrschenden Konvergenzverhältnisse selten zum Einsatz (Bild 8).

Eingeföhrt in den untertägigen Bergbau wurden Schienenflurbahnen im Jahr 1976 auf einem U-Profil als Schiene laufend mit etwa 30 kN Zugkraft am Seil. Dieses Seil, in der Regel ein Kreuzschlagseil, wurde durch einen Trommelhaspel angetrieben. Die Steuerung erfolgte hydraulisch.

Bis ins Jahr 2012 erfuhr die Schienenflurbahn weitere Entwicklungen, die es ermöglichten, größere Lasten über weitere Entfernungen zu bewegen. Im Jahr 2012 waren Schienenflurbahnanlagen als Doppeltraktionsanlagen ausgelegt mit zwei Seilen mit je 80 kN Zugkraft. Die Anlagen wurden elektronisch gesteuert und überwacht. Die Einzelheiten der Entwicklungen in der zeitlichen Übersicht zeigt Bild 9.

| Railbound Transport | | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
|--------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| monorail, floor mounted units | | | | | | | | | | | |
| single traction | traction 30 kN | | | | | | | | | | |
| | traction 45 kN | | | | | | | | | | |
| | traction 80 kN | | | | | | | | | | |
| double traction | traction 2 x 60 kN | | | | | | | | | | |
| | traction 2 x 80 kN | | | | | | | | | | |
| drive | drum reel | | | | | | | | | | |
| | parabolic reel | | | | | | | | | | |
| | pulley reel | | | | | | | | | | |
| powertransmission | hydraulic | | | | | | | | | | |
| | electric | | | | | | | | | | |
| rail system | tube profile | | | | | | | | | | |
| | U-profile | | | | | | | | | | |
| rope | cross lay | | | | | | | | | | |
| | lang lay | | | | | | | | | | |
| mode of transport | dolleys | | | | | | | | | | |
| | passenger cars | | | | | | | | | | |
| control | hydraulic | | | | | | | | | | |
| | electrohydraulic | | | | | | | | | | |
| | electric | | | | | | | | | | |

| | 1976 | 2012 |
|-----------------|-----------|-------------|
| single traction | 30 kN | 80 kN |
| double traction | | 2 x 80 kN |
| drive | drum reel | pulley reel |
| control | hydraulic | elektronic |
| rail | U-profile | U-pofile |
| rope | cross lay | lang lay |

Fig. 9. Chronological overview of developments in floor-rail technology. // Bild 9. Zeitliche Übersicht über Schienenflurbahnen.

Floor-mounted rail systems with a U-profile track and a rope traction force of some 30 kN were introduced into the coal industry in 1976. The haulage rope, which was usually of the Lang's lay type, was driven by a drum winch. The system was controlled hydraulically.

Floor-mounted rail systems underwent ongoing development until 2012 and this enabled them to transport larger loads over greater distances. In 2012 these systems were converted to operate as twin-traction installations with two ropes each with a tractive power of 80 kN. These systems were controlled and monitored electronically. Figure 9 presents a chronological overview of the relevant developments that took place over the years.

2.1.2 Rope-hauled overhead monorail installations

Because of the poor floor conditions present in the mine roadways the Ruhr coalfield opted to install rope-driven overhead monorail installations whose single rail was suspended from the roof. These systems were employed for both manriding and materials conveying and were used for long-distance transport operations. Installations of this kind were already in service below ground when RAG was first established, though some of them were operating on rollers running on suspended rope systems. However, the type of overhead monorail system that is still most commonly recognised today was in fact already in operation in 1970 (Figure 10).

Figure 11 traces the evolution of overhead monorail systems over the years. The chronological development of the individual components is presented in the left-hand portion of the overview. The summarised presentation of the two representative monorail generations of 1970 and 2015 shows that the tractive power of the single-traction systems only increased from 30 to 45 kN, this then being replaced by twin-traction installations with 2 x 45 kN haulage units. The parabolic winch of the 1970s had, by 2015, also been replaced by the pulley winch, while the hydraulic control system was converted to electronic operation. The I 140 E rail system remained in use throughout.

Rope-driven overhead monorail installations were however limited in length because of the deliverable traction forces and, moreover, were complicated to design when it came to the materials handling and transloading points. Monorail crossovers were extremely difficult to construct in the confined conditions of an underground roadway.

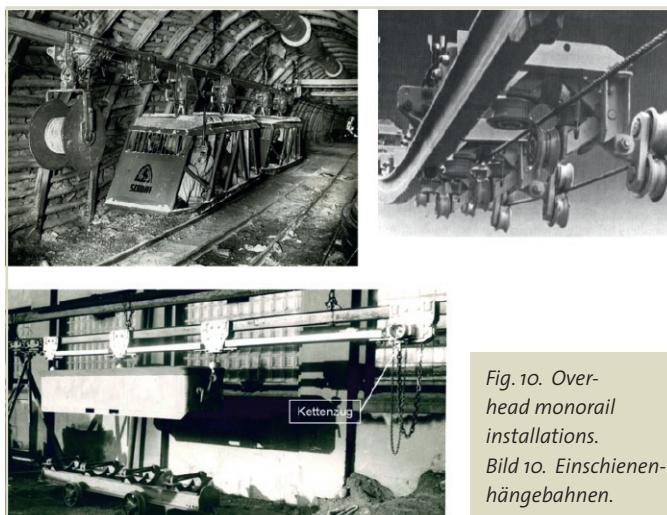


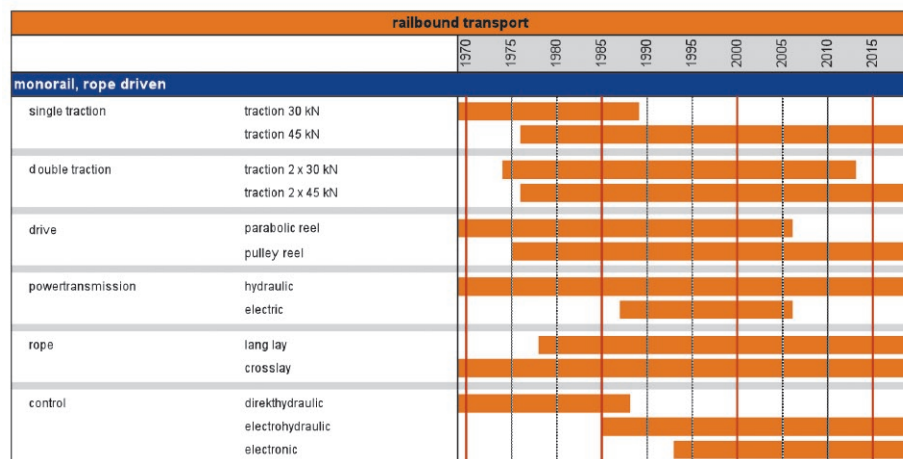
Fig. 10. Overhead monorail installations. Bild 10. Einschienenhängebahnen.

2.1.2 Seilgetriebene Einschienenhängebahnen

Im Ruhrbergbau kamen aufgrund der schlechten Liegendverhältnisse in den Strecken in der Firste aufgehängte, seilgetriebene Einschienenhängebahnen zum Einsatz. Sie wurden sowohl für den Personen- als auch den Materialtransport zur Überwindung größerer Entfernungen verwendet. Bei Gründung der RAG waren sie bereits unter Tage im Einsatz, wenn auch teilweise nur an über Rollen laufenden Seilen aufgehängt. Die bis heute bekannteste Form der Einschienenhängebahnen war aber bereits im Jahr 1970 in Betrieb (Bild 10).

Bild 11 bildet die zeitliche Entwicklung der Einschienenhängebahnen ab. Die zeitliche Entwicklung der einzelnen Komponenten ist links in der Übersicht aufgeführt. Zusammengefasst als Darstellung der beiden repräsentativen Generationen der Jahre 1970 und 2015 zeigt sich, dass die Zugkraft der Einzeltraktion lediglich von 30 kN auf 45 kN gesteigert wurde und dann auch als Doppeltraktion mit 2 x 45 kN ausgeführt wurde. Statt dem Parabolhaspel der 1970er Jahre kamen im Jahr 2015 Rillenscheibenhässel zum Einsatz. Die Steuerung wurde von Hydraulik auf Elektronik umgestellt. Das verwendete Schienensystem I 140 E blieb von Anfang an.

Seilgetriebene Einschienenhängebahnen waren allerdings zum einen begrenzt in der Länge durch die einleitbaren Zugkräfte und zum anderen kompliziert im Aufbau des Materialumschlags. Sich kreuzende Einschienenhängebahnen waren in den engen räumlichen Verhältnissen unter Tage nur schwierig einzurichten.



| monorail, rope driven | 1970 | 2015 |
|-----------------------|----------------|-------------|
| single traction | 30 kN | 45 kN |
| double traction | | 2 x 45 kN |
| drive | parabolic reel | pulley reel |
| control | hydraulic | elektronic |
| rail | I 140 E | I 140 E |
| rope | cross lay | lang lay |

Fig. 11. Chronological overview of overhead monorail development. // Bild 11. Zeitlicher Überblick Einschienenhängebahnen.

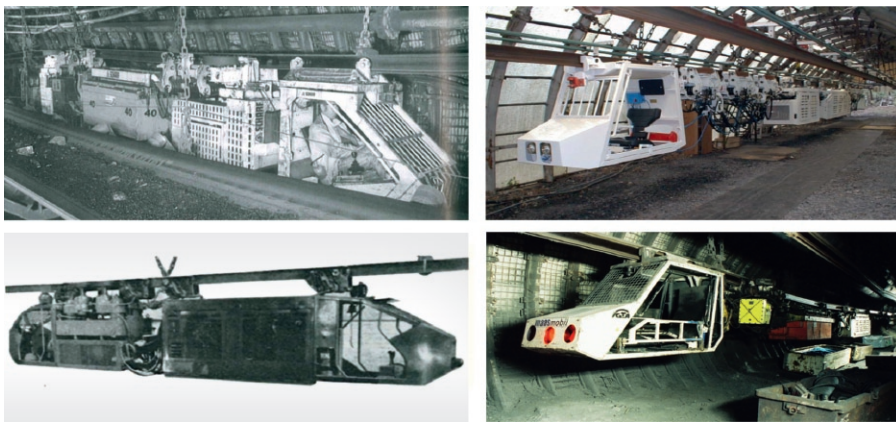


Fig. 12. Diesel and battery-powered monorail trolleys. // Bild 12. Diesel- und Akkukatzen.

2.1.3 Self-propelled overhead monorail installations

The length restrictions imposed on rope-hauled monorail systems were overcome by the introduction of self-propelled monorail installations. These self-powered overhead transport systems, which used diesel or battery-powered trolleys, proved to be one of the most significant developments in mine logistics technology (Figure 12).

When they were first introduced the new monorail vehicles delivered somewhat less than 50 kN of tractive power to the existing I 140 E rail system and were therefore capable of accepting larger loads than the rope-driven systems. However, the payload and the tractive effort were necessarily restricted both by the loading capacity of the monorail track and by the load distribution over the suspension points. The ongoing developments in diesel and battery-powered trolley technology meant that by the turn of the century the coal industry was operating diesel trolleys with a tractive power of up to 120 kN running on a reinforced I 140 V rail system.

The individual development steps are depicted chronologically in Figure 13.

2.2 Trackbound transport systems

Trackbound systems have always made an important contribution to underground logistics. Beginning with hand tramming and horse-drawn tubs, trackbound transport eventually saw the introduction of compressed-air, diesel, battery and trolley-wire locomotives for manriding and materials conveying below ground (Figure 14).

2.1.3 Eigenangetriebene Einschienenhängebahnen

Der Längenbegrenzung von seilgetriebenen Einschienenhängebahnen entgegen wirkte die Einführung von eigenangetriebenen Einschienenhängebahnen. Eigenangetriebene Einschienenhängebahnen in Form sogenannter Diesel- oder Akkukatzen waren einer der bedeutendsten Entwicklungsschritte in der Logistiktechnik (Bild 12).

Diese Fahrzeuge besaßen bei ihrer Einführung weniger als 50 kN Zugkraft auf dem vorhandenen Schienensystem I 140 E und waren damit in der Lage, größere Lasten als die seilgetriebenen Bahnen aufzunehmen.

Begrenzt wurden die Last und die Zugkraft zum einen vom Lastaufnahmevermögen der Schiene und zum anderen von der Lastverteilung an den Aufhängungen. Die seit der Einführung der Diesel- und Akkukatzen kontinuierliche Weiterentwicklung brachte bis in die 2000er Jahre Dieselkatzen mit einer Zugkraft bis zu 120 kN an einem verstärkten Schienensystem I 140 V hervor.

Die einzelnen Entwicklungsschritte sind im zeitlichen Überblick in Bild 13 dargestellt.

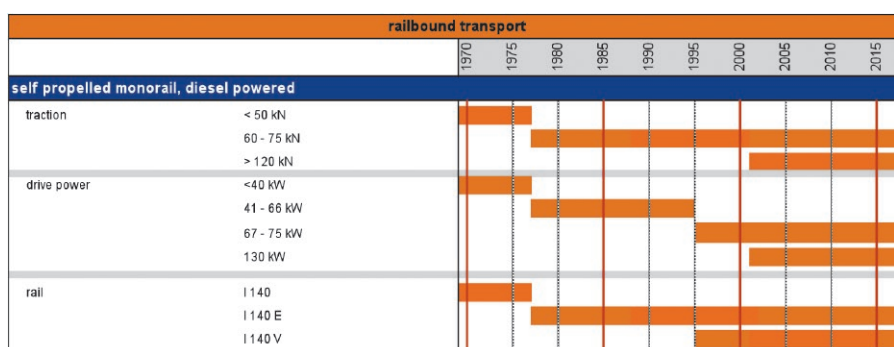
2.2 Gleisgebundener Transport

Ein weiteres wichtiges Transportsystem der untertägigen Logistik waren gleisgebundene Systeme. Von per Hand auf Gleisen bewegten Wagen, über den Einsatz von Pferden als Zugmittel wurden später Lokomotiven in Form von Druckluft-, Diesel-, Akku- und Fahrdraktlokomotiven eingesetzt, um Personen und Material zu bewegen (Bild 14).

Auch im gleisgebundenen Transport entwickelten sich vom Jahr 1969 an die Leistungsfähigkeit der Maschinentypen. Druckluftgetriebene Lokomotiven verschwanden recht schnell und Fahrdraktlokomotiven konnten nur in speziellen Anwendungsfällen eingesetzt werden. Der Endstand der Entwicklung im gleisgebundenen Transport war die Einführung der Akku-getriebenen Einheitslok RELA.

Eine grundsätzliche Voraussetzung für einen leistungsfähigen gleisgebundenen Transport ist der Zustand und die Wartung der Gleissysteme und ihrer Komponenten.

Der Personen- und Materialtransport fand im Wesentlichen auf einem Gleissystem mit der später noch beschriebenen Wa-



| Self propelled monorail diesel powered | 1970 | 2015 |
|--|---------|----------|
| traction | < 50 kN | > 120 kN |
| drive power | < 40 kW | 130 kW |
| rail | I 140 | I 140 V |

Fig. 13. Chronological overview of self-propelled overhead monorail installations. Bild 13. Zeitlicher Überblick eigenangetriebener Einschienenhängebahnen.

The trackbound haulage sector also saw developments in equipment performance from 1969 on. Compressed air-driven locomotives were soon phased out completely, while trolley-wire locos were only deployed in certain individual cases. The ultimate development in trackbound transport technology involved the introduction of the industry-standard RELA battery-powered locomotive.

The condition and maintenance of the track infrastructure and its components is a key factor when it comes to operating an efficient, track-bound transport system.

The manriding and materials transport operations essentially used the same track system as the coal tubs (these are described below). This meant operating on a broad range of different tracks.

As well as using appropriate track systems comprising heavy and lightweight vignole rails with suitable types of points and crossings the industry developed track geometry cars and tamping machines that could efficiently measure and machine large sections of rail track in order to create and maintain the quality of the rail network.

2.3 Railless transport

Railless transport systems were also developed on a limited basis in addition to the rail- and trackbound installations. These rubber-tyred vehicles were intended for manriding and materials transport duties. Railless equipment was also used for handling and transloading work. The best-known example of this technology was the Prosper-Haniel service vehicle that for many years performed tirelessly in the colliery's haulage drift.

The main reason why free-steered vehicles were unable to establish themselves in the German coal industry was the cost associated with the preparation, maintenance and repair of suitable road surfaces. Lateral roadways were generally less affected by convergence than gate roads and in-seam roadways. In the latter case a significant amount of effort was required to create concrete or steel-plate travelling surfaces and to ensure that these remained flat and level for a sufficient period of time (Figure 15).

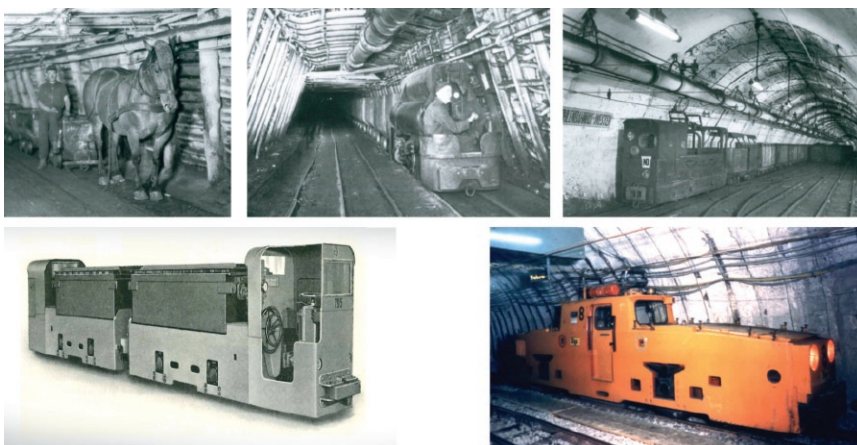


Fig. 14. Trackbound transport. // Bild 14. Gleisgebundener Transport.

genförderung der Produktion statt. Daher war ein großes Spektrum von Schienensystemen vorhanden.

Neben passenden Schienensystemen aus schweren und leichten Vignolschienen mit entsprechenden Weichen und Kreuzungen wurden Gleismesswagen und Gleisstopfmaschinen entwickelt, die in der Lage waren, große Längen von Schienensystemen wirtschaftlich zu vermessen und zu bearbeiten, um die Qualität des Schienennetzes zu erstellen und zu erhalten.

2.3 Gleisloser Transport

Abseits von schienen- und gleisgebundenen Systemen wurden in begrenztem Umfang auch gleislose Transportsysteme entwickelt. So gab es gummibereifte Transportfahrzeuge für Personenverkehr und Materialtransport. Auch im Materialumschlag wurden gleislose Fahrzeuge eingesetzt. Das bekannteste Fahrzeug ist das Servicefahrzeug des Bergwerks Prosper-Haniel, das im Förderberg des Bergwerks seit Jahren zuverlässig seinen Dienst versieht.

Der Hauptgrund dafür, dass sich gleislose Fahrzeuge nicht durchsetzen konnten, war der notwendige Aufwand zur Erstellung, Wartung und Instandhaltung geeigneter Fahrbahnen. Richtstrecken waren in der Regel weniger von Konvergenz beeinflusst als Abbaubegleitstrecken bzw. flözgeführte Strecken. Dort war ein hoher Aufwand erforderlich, um Fahrbahnen aus Beton oder Stahlplatten zu erstellen und die erforderliche Ebenheit der Fahrbahnen nachhaltig zu erhalten (Bild 15).



Fig. 15. Railless vehicles. // Bild 15. Gleislosfahrzeuge.

2.4 Personentransport

In Ergänzung zum Personentransport mit gleisgebundenen oder schienengebundenen Fahrzeugen wurden weitere Personentransportmittel entwickelt. Im Wesentlichen sorgten diese für einen Personentransport in den Flözebenen, um die Mannschaft ergonomisch so weit wie möglich an den Einsatzort heranzutransportieren.

Das wichtigste Transportsystem für Personal im Untertagebereich war die Führung des Personals auf Bandanlagen. Die Nutzbarkeit von Bandanlagen für den Personenverkehr wurde sehr früh erkannt, umgesetzt und dann kontinuierlich weiterentwickelt und standardisiert. Aufstiegs- und Abstiegsstellen wurden geschaffen und die dafür



Fig. 16. Underground belt manriding.
Bild 16. Personenbandfahung unter Tage.

2.4 Manriding

Additional manriding facilities were developed to supplement the rail- and trackbound personnel transport systems. These essentially catered for manriding in the seam horizons so that the working teams could be transported ergonomically as close as possible to their place of deployment.

The most important system for transporting personnel below ground was the manriding conveyor. It was recognised at an early stage that belt conveyors could be very useful for moving persons around the mine. This was soon put into practice and manriding belts were then continuously developed and standardised as the years went by. Boarding and alighting points were set up and all the necessary safety devices were repeatedly modified and upgraded (Figure 16).

Figure 17 illustrates how the practice of belt manriding has developed over the course of time. As the overview shows, manriding on belt conveyors had already been implemented when RAG was founded and authorisation had been given for belt speeds of up to 1.5 m/s. Men were able to ride both on the top strand of the conveyor, with the coal, and on the empty bottom strand. By the mid-1970s approval had been given for belt manriding speeds of up to 2.5 m/s. The development of conveyor-based personnel transport culminated at the end of the 1990s with the introduction of a maximum manriding speed of 3.2 m/s.

| man riding units | | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
|---------------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| man riding belts | | | | | | | | | | | |
| man riding with load | belt velocity up to 1.5 m/s | | | | | | | | | | |
| | belt velocity up to 2.5 m/s | | | | | | | | | | |
| | belt velocity up to 3.2 m/s | | | | | | | | | | |
| man riding without load | belt velocity up to 1.5 m/s | | | | | | | | | | |
| | belt velocity up to 2.5 m/s | | | | | | | | | | |
| | belt velocity up to 3.2 m/s | | | | | | | | | | |
| manriding only units | belt velocity up to 1.5 m/s | | | | | | | | | | |
| | belt velocity up to 2.5 m/s | | | | | | | | | | |
| operation recommendation Nr. 17 | 1. edition | | | | | | | | | | |
| | 2. edition | | | | | | | | | | |
| | 3. edition | | | | | | | | | | |
| | 4. edition | | | | | | | | | | |
| | 5. edition | | | | | | | | | | |
| | 6. edition | | | | | | | | | | |
| | 7. edition | | | | | | | | | | |

Fig. 17. Development history of belt manriding.
Bild 17. Zeitliche Übersicht Bandfahung.

notwendigen Sicherheitseinrichtungen immer wieder novelliert und ergänzt (Bild 16).

In Bild 17 ist dargestellt, wie sich die einzelnen Komponenten der Personenbandfahung zeitlich entwickelten. Wie diese Übersicht zeigt, war bereits bei Gründung der RAG die Bandfahung implementiert und zugelassen für Bandgeschwindigkeiten bis 1,5 m/s. Bandfahung fand sowohl auf dem mit Produkten beladenen Obertrum, als auch im beladungsfreien Untertrum statt. Bereits Mitte der 1975er Jahre war dann Bandfahung für Geschwindigkeiten bis zu 2,5 m/s zugelassen. Der Endstand der Entwicklung der Bandfahung gipfelte Ende der 1990er Jahre mit Einführung der Bandfahung mit Geschwindigkeiten bis zu 3,2 m/s.

Die Anforderungen an die Sicherheit und die Zulassungsbedingungen wurden im Zeitraum der letzten 35 Jahre siebenmal erneuert und ergänzt.

Neben Bandfahung als Personenverkehrsmittel kamen auch in verschiedenen Einzelfällen Sessellifte zum Einsatz. Da der Einsatz als singuläres Verkehrsmittel aufwändig war, wurden diese Anlagen nur in gezielten Einzelfällen errichtet, dort wo es wirtschaftlich sinnvoll erschien.

Das einfachste Transportsystem war für die Fußfahung der Einsatz von Fahrungsanlagen, die aus einem umlaufenden Seil bestanden und an denen sich der Kumpel ziehen lassen konnte. Diese wurden auch als Fahrhilfe bezeichnet (Bild 18).

2.5 Produktförderung

Nach der Betrachtung der technischen Entwicklungen der Transporttechnik im Personen- und Materialtransport unter Tage wird nachfolgend die technische Entwicklung innerhalb der Produktförderung betrachtet. Auch hier soll die Technikstruktur als Leitfaden der Betrachtung dienen. Wie in Bild 19 dargestellt, gliedert sich der Themenbereich der Produktförderung im Wesentlichen in die Teilbereiche Gurtförderung und Wagenförderung. Der Themenbereich Produktförderung beschreibt die technische Entwicklung der Gurt- und der Wagenförderung. Die Gurtförderung wird als konventionell-lineare Anlage, als Sonderband und als Großbandanlage beschrieben. Die Wagenförderung unterteilt sich in die Lokomotiven, die Förderwagen, die Lade- und Kippstellen. Die verschiedenen möglichen Verkehrsarten sind ebenfalls zu betrachten.

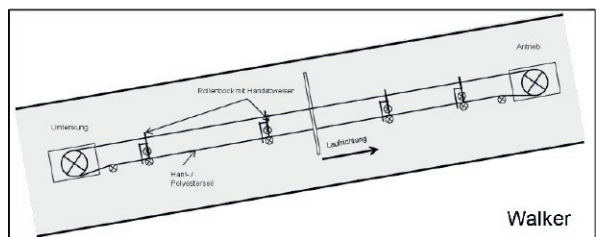


Fig. 18. Chairlift and walker.
Bild 18. Sessellift und Fahrungsanlage.

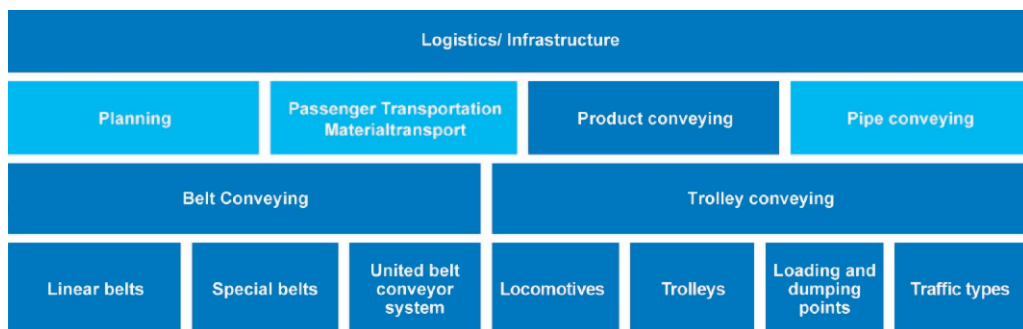


Fig. 19. Technology breakdown of product conveying operations.
Bild 19. Technikstruktur der Produktförderung.

Safety requirements and authorisation conditions were updated and extended some seven times over the last 35 years.

Chairlift installations were also used for manriding purposes in a number of isolated cases. As it was expensive to deploy transport equipment of this kind on a "single-use" basis these installations were only constructed under specific circumstances where they were considered to be economically expedient.

The simplest transport system of all was the travel aid known as the "walker". This consisted of a circulating rope that mine-workers on foot could use to pull themselves along at a faster pace (Figure 18).

2.5 Product conveying

Our examination of the technical developments that have taken place in underground manriding and materials transport technology will now be followed by an assessment of the advances achieved in the field of product conveying over the years. Here too the composition of the technology will serve as a guideline for the review process. As can be seen from Figure 19 product conveying operations can essentially be divided into two areas: belt conveying and tub haulage. This subject area describes the technical developments that affected the transportation of coal by means of belt conveyors and mine cars. The belt conveyor installations include conventional in-line systems, special belt units and main belt conveyors. The mine-car haulage section is divided into locomotives, trolleys, loading and dumping points. It also looks at other potential modes of transport available.

2.5.1 Belt conveying

Rubber conveyor belts were originally introduced below ground as far back as the 1960s and were used, for example, for clearing newly-won coal away from the face. Short-length belt systems were also set up in the roadways. Conveying capacity was continuously improved, increasingly powerful drive systems were introduced and the conveyor installations also increased in length. The conveyor components were adapted to suit the higher performance levels, the equipment was made more compact and the overall system became more efficient and standardised in its design. Large belt installations were set up in the main roadways and these were capable of transporting the coal right to the bottom of the winding shaft. Intermediate drives, such as the booster belt and the Z drive system, were developed so that the conveyors could transport payloads over long distances. The most powerful belt conveyor ever installed by the German coal industry – which runs at 6.0 m/s, is 3,600 m in length and has a difference in elevation of some 780 m – operates in the haulage drift at Prosper-

2.5.1 Gurtförderung

Ursprünglich wurden Gummigurte bereits in den 1960er Jahren eingesetzt, um z. B. im Strebraum die Kohlen abzuführen, die hereingewonnen wurden. Kurze Bandanlagen in den Strecken wurden errichtet. Die Förderleistung der Gurtförderer wurde kontinuierlich gesteigert. Größere Leistungen wurden installiert und die Längen der installierten Bandanlagen wurden größer. Das notwendige Equipment wurde den höheren Leistungen angepasst, kompakter und leistungsfähiger sowie standardisiert ausgeführt. In Hauptstrecken konnten große Bandanlagen errichtet werden, welche die Produktion bis zum Förderschacht transportierten. Um große Längen bewältigen zu können, wurden Zwischenantriebe, wie z. B. der TT- oder der Z-Antrieb, entwickelt. Die bis dato leistungsfähigste installierte Bandanlage läuft im Förderberg des Bergwerks Prosper-Haniel, welcher bei einer Länge von 3.600 m einen Höhenunterschied von rd. 780 m überwindet und mit 6,0 m/s betrieben wird. Die installierte Antriebsleistung am Eintrommelantrieb beträgt 3,1 MW (Bild 20).

Eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung von Großbandanlagen spielten Systeme, die einen geregelten Sanftanlauf und ein geregeltes Abbremsen bis zum Stillstand des Gurts ermöglichen. Das geregelte Anfahren und Abbremsen des Gurtförderers ermöglichte eine optimale Verteilung der Zugkräfte, sodass größere Längen und der Einsatz von geringeren Gurtqualitäten möglich waren. Besonders erwähnenswert sind dabei die ge-

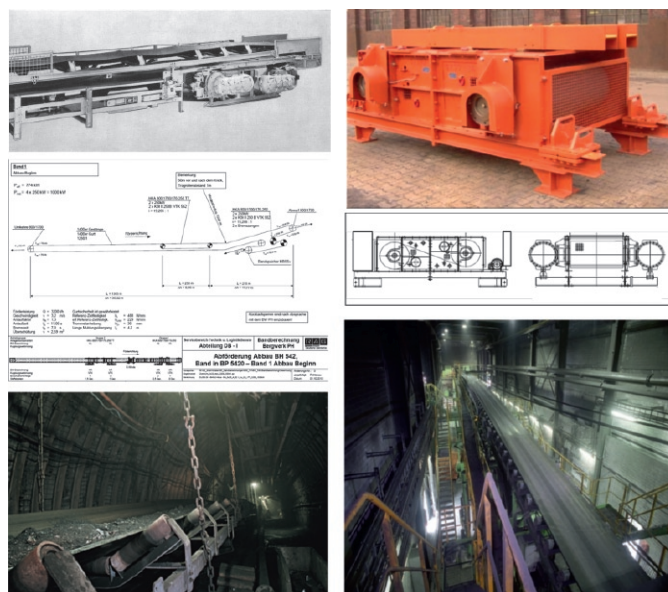


Fig. 20. Belt conveyor systems. // Bild 20. Gurtförderung.

| Conveyor belts in main entrances | 1970 | 1985 | 2000 | 2015 |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Drive | Single pulley | Double-pulley | Double pulley + TT-drive | Double pulley + TT-drive |
| Capacity [t/h] | 1,200 | 1,200 - 1,800 | 2,300 | up to 3,600 |
| Single drive motor [kW] | up to 90 | 100 – 560 3,100 | 100 – 560 3,100 | 250 – 500 3,100 |
| Power transmission | torsionally flexible | VTK- coupling | DTP- coupling | frequency converter |
| Textile cord belt | | | | |
| Breaking force/ traction max. [N/mm] | 630 | 800 | 1,000 | 1,250 |
| Belt width [mm] | 800 | 1,000 | 1,200 | 1,400 |
| Steel cord belt | | | | |
| Breaking force/ traction max. [N/mm] | St 3500 | St 5400 | St 5400 - St 7500 | St 5400 - St 7500 |
| Belt width [mm] | 1,000 | 1,400 | 1,400 1,600 | 1,400 1,600 |
| Belt conveyor velocity [m/s] | 1.5 | 2.5 >3.2 | 2.5 >3.2 | 3.2 >3.2 |
| Shoring | light | light | light | Light/ heavy |
| Tripper/ diameter of drum (mm) | 500 | 630 | 800 | 800 |
| Tail piece | mechanically tensioned | mechanically tensioned | mechanically tensioned | mechanically tensioned |
| Tensioning device | weight loaded | belt tensioning device | belt tensioning device | belt tensioning device |

Fig. 21. Chronology of belt conveyor development. // Bild 21. Zeitliche Übersicht Gurtförderung.

Haniel colliery. This installation features a single-drum drive with a rated drive power of 3.1 MW (Figure 20).

A key factor in the development of main belt installations was the introduction of systems that enabled the belt to have a controlled soft start-up and a controlled braking to standstill. Having full control of the belt start-up and braking process meant that the traction forces could be distributed in an optimum manner, thereby permitting longer installations and the fitting of lower-quality belts. Of particular note in this respect are the controlled braking systems that were developed specifically for the Ruhr coalfield.

To see how belt-conveyor performance has improved over the years it is useful to look at the technical specifications of the main belt installations at four selected periods of time. While in 1970 a typical belt conveyor for main road haulage operations featured a single-drum drive unit and had an individual drive rating of not more than 90 kW, the main road conveyor installations operating in 2015 were equipped with twin-drum drives and booster-belt systems that permitted individual drive ratings of up to 500 kW. The introduction of belts of appropriate width and tensile strength also meant that transport capacities could be increased from 1,200 t/h in 1970 to as much as 3,600 t/h by the year 2015 (Figure 21).

Special belt conveyors were also developed for the excavation of roadways in side-to-side workings. These 'curving conveyors' created an installation that was capable of negotiating very tight radii of around 70 m and upwards. However, they were unsuitable, and required far too much maintenance, for conveying duties in gate roads or even in main roadways. Slightly modified conventional belt conveyors were employed for negotiating larger curve radii.

A historical review of developments in gate-road conveyor technology shows that individual drive units were at first rated at around 90 kW and then increased to 160 kW by the mid-1980s before culminating at 250 kW after the turn of the century. The belt width of the gate-road conveyors quickly increased from

regelten Bremssysteme, die eigens für den Ruhrbergbau entwickelt wurden.

Betrachtet man die Ausprägung von Bandanlagen in Hauptstrecken in vier Zeitschnitten, dann lässt sich die Leistungssteigerung der Bandanlagen nachvollziehen. War im Jahr 1970 eine Bandanlage der Hauptstreckenförderung mit einem Eintrommelantrieb und einer Einzelantriebsleistung von bis zu 90 kW ausgestattet, so waren die Bandanlagen der Hauptstreckenförderung der 2015er Jahre mit Doppeltrommel- und TT-Antrieben ausgestattet, die eine Einzelantriebsleistung von bis zu 500 kW erlaubten. Durch den Einsatz von Gurten mit entsprechender Breite und Zugfestigkeit konnten die Förderkapazitäten von 1.200 t/h im Jahr 1970 auf bis zu 3.600 t/h in den 2015er Jahren gesteigert werden (Bild 21).

Für die Auffahrung der Strecken in Schwenkbetrieben wurden Sonderbandanlagen entwickelt. Diese sogenannten Kurvenbänder waren in der Lage, als eine Anlage geringe Radien ab etwa 70 m zu durchfahren. Als Bandanlagen für die Förderung in Abbaustrecken oder auch Hauptstrecken erwiesen sich diese Anlagen als unzureichend und zu wartungsintensiv. Für das Durchfahren großer Kurvenradien wurden leicht modifizierte konventionelle Gurtförderer eingesetzt.

Die zeitliche Übersicht der Entwicklung der Gurtförderer in Abbaustrecken zeigt die Entwicklung der Einzelantriebsleistung von anfänglich 90 kW auf bis zu 160 kW Mitte der 1980er Jahre und 250 kW in den frühen 2000er Jahren. Die Gurtbreiten der Abbaubänder haben sich recht schnell von anfänglich 800 mm im Jahr 1970 auf 1.200 mm im Jahr 1975 entwickelt. Dies war dann lange Zeit Standardgröße. Ende der 1990er Jahre wurden in Abbaubändern dann 1.400 mm breite Bänder eingesetzt. In Abhängigkeit von den Förderergeschwindigkeiten, die sich von 1,5 m/s in den 1970er Jahren bis zu 3,2 m/s in den 2000er Jahren steigerten, stiegen die Kapazitäten von anfänglich 600 t/h auf 3.200 t/h in den 2000er Jahren (Bild 22).

Die Entwicklung der Gurtförderer in Hauptstrecken vollzog sich in ähnlicher Weise wie bei den Förderern in Abbaustrecken. Jedoch wurde hier die Leistungserhöhung durch den Einsatz von Zwischenantrieben erreicht. Die Einzelantriebsleistungen erhöhten sich wie bei den Abbaubändern. Der Einsatz von Gurten mit Stahlseileinlagen machte dabei höhere Zugkräfte und höhere Geschwindigkeiten als in Abbaubändern möglich. Als Singularität erscheinen dabei ab 1984 die Leistungsdaten des Förderbergs des Bergwerks Prosper-Haniel (Bild 23).

2.5.2 Wagenförderung

Auf vielen Bergwerken wurden die Kohlen anfangs in Wagen vom Gewinnungsfeld zum Förderschacht transportiert. Dort wurden sie dann entweder in einer Gestell- oder Gefäßförderung an die Tagesoberfläche gehoben.

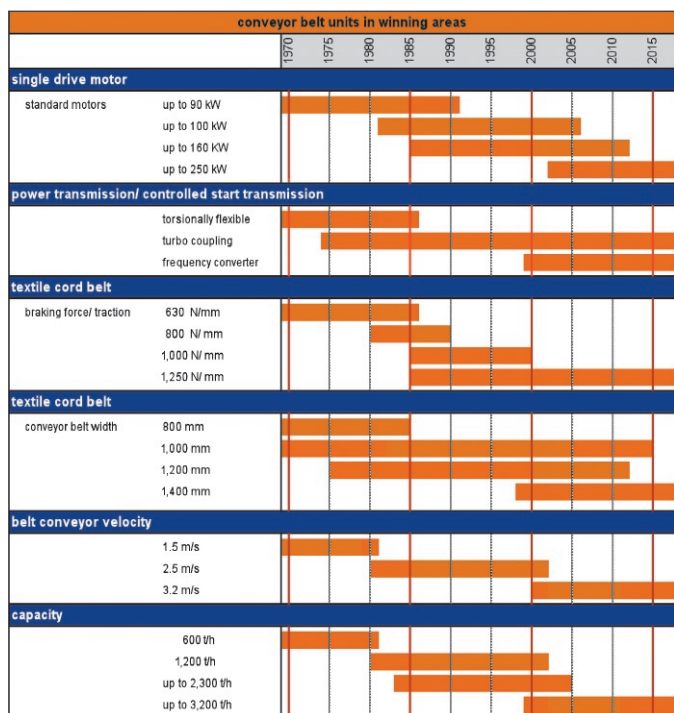


Fig. 22. Historical review of developments in gate belt technology.
Bild 22. Zeitliche Übersicht Abbaubänder.

800 mm in 1970 to 1,200 mm by the year 1975. This remained the standard belt size for quite some time, with 1,400 mm-wide belts then being introduced into the production districts at the end of the 1990s. Conveyor capacity levels increased from 600 t/h in the initial years to around 3,200 t/h by the beginning of the new millennium, this being made possible by higher belt operating speeds that rose from 1.5 m/s in the 1970s to as much as 3.2 m/s by the end of the century (Figure 22).

The development of main belt conveyors followed a similar course to that of the gate-road installations. However, in the former case increases in performance were achieved by employing intermediate drive units. The power output of the individual drives rose in similar fashion to that of the gate-road conveyors. Here the use of belts with steel-cord cores made it possible to operate at higher tensile forces and running speeds than was the case on the gate-road systems. The conveyor installation that was set up in the belt drift at Prosper-Haniel mine in 1984 achieved performance figures that were unmatched anywhere in the industry (Figure 23).

2.5.2 Trolley conveying

Most collieries initially used rail-borne trolleys to transport the coal from the faces to the winding shaft. Here the product was either loaded directly into cages or transloaded into skips for the journey to the surface.

As far as the technical equipment was concerned the characteristics of the trolley operations differed little from those of the railbound materials transport services. As Figure 24 shows this sector essentially used larger and heavier types of mine loco and the mine tubs and cars had a payload volume that was specially designed for railbound trolley conveying operations. While in the 1970s coal was still being transported in trolleys with a loading

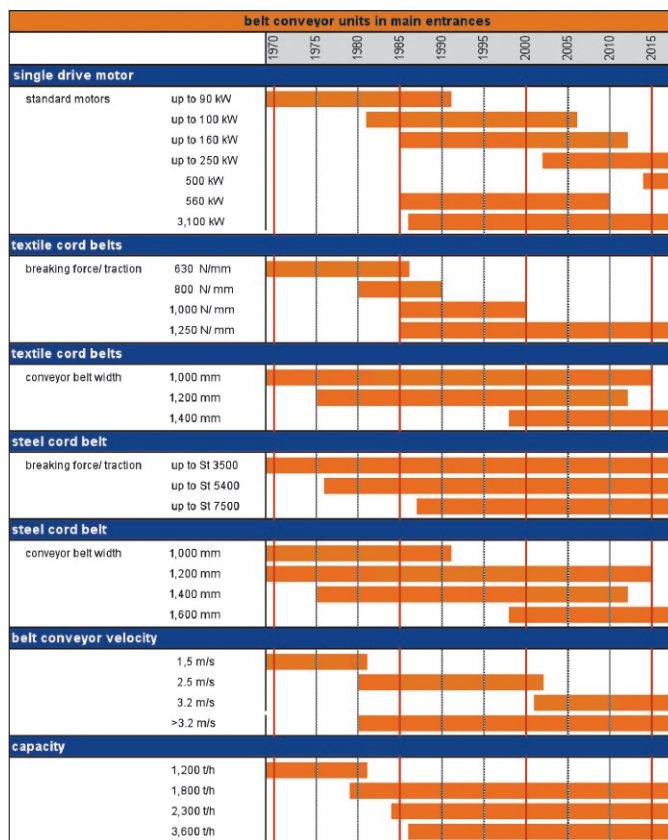


Fig. 23. Historical review of developments in main belt technology.
Bild 23. Zeitliche Übersicht Hauptförderbandanlagen.

Die Merkmale der Wagenförderung in Bezug auf die eingesetzte Technik unterscheiden sich nur wenig vom gleisgebundenen Materialtransport. Im Wesentlichen wurden hier nur, wie beispielhaft in Bild 24 gezeigt, größere und schwerere Lokomotiven eingesetzt und die Wagen besaßen ein eigens für die Wagenförderung konzipiertes großes Volumen. Wurden in den 1970er Jahren noch Kohlen in Wagen mit einem Fassungsvermögen von bis zu 2.500 l bewegt, gab es später Wagen mit Inhalten von bis zu 25.000 l. Bei der am längsten betriebenen kompletten Wagenförderung des Bergwerks Niederberg kamen 5.000 l-Wagen zum Einsatz. In Bezug auf die Be- und Entladung der Wagen gab es verschiedene Entwicklungen, wie z.B. Mulden, Boden- und Seitenentleerer.



Fig. 24. Mine car transport equipment. // Bild 24. Wagenförderung.

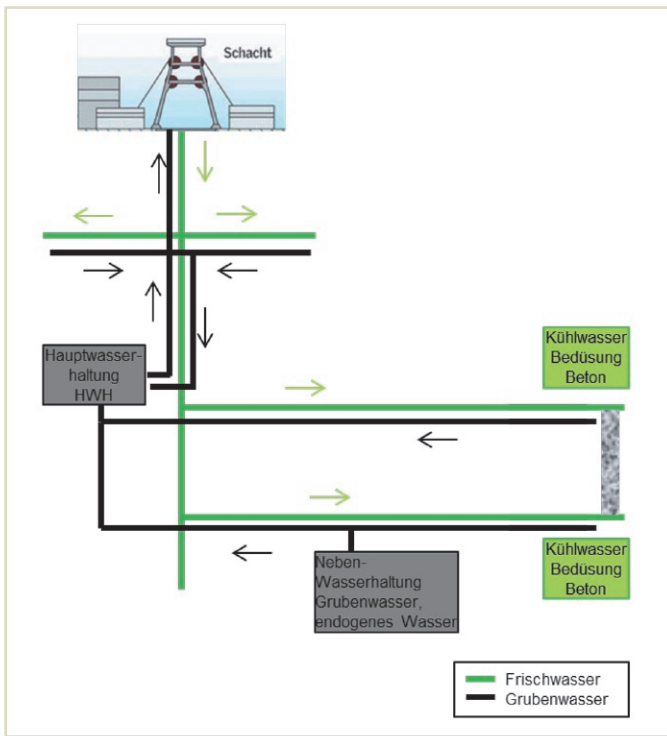


Fig. 25. Schematic diagram of the fresh-water and mine-water circuits.
Bild 25. Systembild Frischwasser und Grubenwasser.

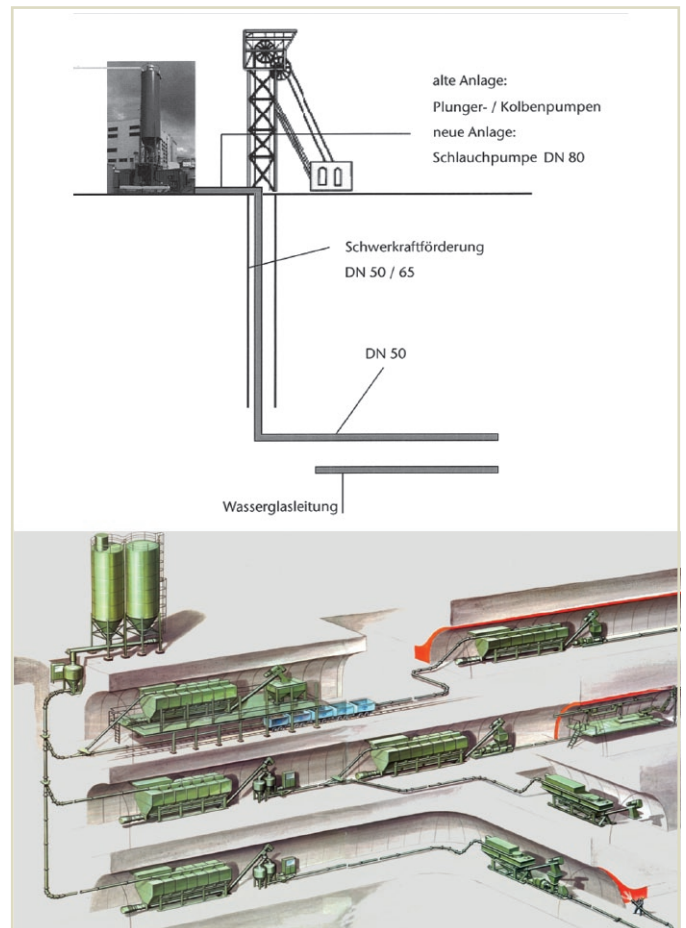


Fig. 26. Schematic diagram of a backfilling supply system.
Bild 26. Systembild Hinterfüllung.

capacity of up to 2,500 l, the next generation of mine cars had a payload volume of as much as 25,000 l. Niederberg colliery, which had the longest serving of all the complete trolley conveying systems, operated mine cars of 5,000 l capacity. Various systems were developed for mine car loading and discharge, including hopper cars and bottom-discharge and side-discharge wagons.

2.5.3 Pipeline conveying

Logistics operations also comprise the supply and disposal of service water and the removal of mine water. This is carried out in many different ways. As can be seen from the schematic diagram in Figure 25 this includes endogenous mine water and colliery waste water.

Keeping the workings supplied with backfilling material, which can be transported by pneumatic or hydraulic means, is a key factor in the smooth running of the mine. This backfill is absolutely essential for roadway drivages and for the production faces too, as it is needed for the construction of gate-road packs. Figure 26 illustrates a typical example of a materials supply system specifically designed for underground backfilling operations.

3 Summary

The technical developments in mine logistics over the last 50 years can be broken down into three distinct phases.

3.1 Phase 1: 1969 to 1992

During the first phase, from 1969 to about 1992, trolley conveying was widely used, belt conveying was beginning to establish itself and there was still a great deal of manual work associated with transport operations (Figure 27). Overhead monorail systems were being introduced and their number rose steadily. Colliery-

2.5.3 Rohrförderung

Zur Logistik gehört auch die Ver- und Entsorgung der Grube mit Frischwasser und die Entsorgung des Grubenwassers, das auf vielfältige Weise entsteht. Wie im Bild 25 veranschaulicht, gehören dazu die endogenen Grubenwässer und die zurückgeführten Brauchwässer.

Eine große Bedeutung für die untertägige Arbeit hat auch die Versorgung der Grube mit pneumatisch und hydraulisch zu transportierendem Hinterfüllmaterial. Für den Streckenvortrieb und für die Gewinnungsbetriebe zur Begleitdammerstellung ist Hinterfüllmaterial absolut notwendig. Bild 26 zeigt beispielhaft ein System, wie die Hinterfüllung eines Bergwerks konzipiert war.

3 Zusammenfassung

Zusammengefasst lässt sich die technische Entwicklung innerhalb der letzten 50 Jahre in drei Phasen beschreiben.

3.1 Phase 1: 1969 bis 1992

In der ersten Phase von 1969 bis etwa 1992 war die Wagenförderung weit verbreitet, der Anteil der Gurtförderung stieg an, im Transport wurde vieles manuell durchgeführt (Bild 27). EHB-Anlagen wurden eingeführt und ihre Anzahl stieg an. Bergwerksspezifische Planungsstrukturen für den Materialtransport und Planungssysteme wurden entwickelt.

| Period | Phases of development | development |
|-----------|---|---|
| 1969-1992 | Process development Performance development Technology development Type development Technology development in mine safety | Widespread trolley conveying, Increase in belt conveyance, high proportion of transport by hand. Increase of rope driven monorail units, mine specific planning structures for material transport and planning systems. Doubling of raw coal output, 6-7 supplied operating points per mine, Tripling the weight of a winning unit, increase of the personnel expenses per mine. Mechanization of transport, rope driven monorails, floor mounted monorails with hydraulic power transmission and hydraulic control. Self propelled monorails diesel- and akkupowered, monorail rail I 140. Increase of belt conveyor belt width and capacity in winning areas and main entrances. |
| | Research and development Professional training | Research and development in railless techniques and railbound transport. Trainings for monorail units, rope driven units, transport of loads and operating of conveyor belts. |
| 1993-2000 | Process development Performance development Technology development Type development Technology development in mine safety | Decrease of trolley conveying, further increase of belt conveyance, decreasing proportion of transport by hand, decreasing numbers of rope driven monorails from the middle of the 1990s. At the same time increase of the deployment of diesel powered self propelled monorails, uniform material tracking system for all mines. From the middle of the 1990s reduction of operating points, reduction of personnel expenses and reduction of raw coal output, further increase in transport weights. More powerful, rope driven SFB- und EHB units with electric power transmission and electrohydraulic control. More powerful self propelled monorail units, diesel- and akkupowered, monorail rail I 140E. Further increase of belt conveyor belt width and capacity in winning areas. Research and development on alternative transport technology and railless technology until 1993 and on trackbound transport until 2002. |
| | Research and development Professional training | Continuation of the topics of the first phase. |

Fig. 27. Phases 1 and 2 in the technical development of mine logistics.

Bild 27. Phasen 1 und 2 der Technikentwicklung Logistik.

specific planning structures were developed for materials transport and planning systems.

Gross output doubled and each mine had six or seven production faces to supply. The weight of a face installation increased threefold and total personnel costs per mine also escalated.

Transport operations were increasingly mechanised. Rope-driven monorail and floor-mounted rail systems were introduced with hydraulic power transmission and hydraulic controls. Diesel and battery powered trolleys were developed and these ran on I 140 monorail tracks. There were further increases in the width of the conveyor belts and in the conveying capacity both in gate roads and in main conveyor roadways.

Research and development programmes were launched to improve trackless transport equipment and railbound technology and training sessions were organised for personnel operating on overhead monorail and rope haulage installations and for those involved in transporting and handling loads and operating belt conveyors.

3.2 Phase 2: 1993 to 2000

The second phase, from 1993 to 2000, mainly focused on developing the themes outlined in phase one. Gross output fell. Tub haulage became less widely used and this type of system was increasingly replaced by belt conveyor installations. Self-propelled overhead monorail installations generally took over from rope-hauled systems, whose numbers decreased dramatically. Individual equipment weights continued to increase (Figure 27).

3.3 Phase 3: from 2001 on

The final phase was characterised by the phasing out of mine car haulage systems in 2009 and floor-rail installations in 2012. In the main, belt conveyors were employed for moving coal and

Die Rohförderung verdoppelte sich und es gab sechs bis sieben zu versorgende Abbaubetriebspunkte je Bergwerk. Das Gewicht einer Strebausrüstung verdreifachte sich und es erfolgte eine Steigerung des gesamten Personalaufwands je Bergwerk.

Die Mechanisierung des Transports stieg an. Es wurden seilgetriebene EHB und Schienenflurbahnen mit hydraulischer Kraftübertragung und hydraulischer Steuerung eingesetzt. Diesel- und Akkukatzen wurden entwickelt, die auf der EHB-Schiene I 140E fahren. Die Gurtfördererbreite sowie die Förderkapazität im Abbau und in der Hauptbandstraße stiegen an.

Forschung und Entwicklung zur Gleislostechnik und zum schienengebundenen Transport wurden programmatisch ebenso durchgeführt wie Schulungen zu EHB-Anlagen, Seilbahnen, zum Transport von Lasten und zum Betreiben von Gurtförderern.

3.2 Phase 2: 1993 bis 2000

In der zweiten Phase von 1993 bis 2000 wurden die vorgenannten Themen der ersten Phase hauptsächlich weiter vorangetrieben. Der Rohkohleoutput verringerte sich. Der Anteil der Wagenförderung nahm zugunsten der Gurtförderung ab. Eigenangetriebene EHB kamen überwiegend zum Einsatz, während die Zahl der seilgetriebenen Anlagen drastisch zurückging. Die Gewichte der Ausrüstungen stiegen weiter an (Bild 27).

3.3 Phase 3: ab 2001

Die letzte Phase war gekennzeichnet vom Auslaufen der Wagenförderung im Jahr 2009 und der Schienenflurbahn im Jahr 2012. Hauptsächlich wurden Gurtförderanlagen für die Produktförderung und eigenangetriebene EHB-Anlagen für den Materialtransport eingesetzt. Ab dem Jahr 2003 erfolgte eine Neuaufstellung der logistischen Teilprozesse. Es existierten nur zwei bis drei Abbaubetriebspunkte je Bergwerk. Die Rohförderung war konstant,

| Period | Phase of development | Development |
|-----------|---------------------------------------|---|
| From 2001 | Process development | Termination of trolley conveyance in 2009 and floor mounted monorail in 2012. Mainly belt conveyance and selfpropelled monorails. Reorganization of logistic sub-processes beginning in 2003. |
| | Performance development | |
| | Technology development | |
| | Type development | |
| | Technology development in mine safety | Rope driven monorails increasingly meaningless, most powerful self propelled monorail diesel powered, monorail rail I 140V. Capacity of belt conveyors in winning areas increases to 3,200 t/h and for belt conveyors in main entrances to 3,600 t/h. Belt width of conveyor belts in winning areas raises to 1,400 mm. |
| | Research and development | Research and development for process control technology and automation in logistics until 2011. |
| | Professional training | Extension of the training offer on the topic of operating self propelled diesel powered monorails. |

Fig. 28. Phase 3 in the technical development of mine logistics. // Bild 28. Phase 3 der Technikentwicklung Logistik.

self-propelled overhead monorail systems were used for materials transport. The year 2003 saw an industry-wide restructuring of the various logistic processes. Collieries only had two or three production faces. Run-of-mine output remained at a constant level, as did manpower expenditure. Transport weights continued to increase. Rope-driven monorail and floor-rail installations became less and less relevant and high-powered diesel trolleys were being deployed on I 140V monorail tracks. The transport capacity of the gate-road belt conveyors increased to 3,200 t/h and that of the main belt installations rose to 3,600 t/h. Gate-road conveyors now had a belt width of 1,400 mm. Research and development efforts to 2011 focused on process control engineering and on the automation of logistics operations. Training now included sessions for diesel trolley operators (Figure 28).

ebenso der Personalaufwand. Die Transportgewichte stiegen weiter an. Seilgetriebene EHB und Schienenflurbahnen wurden zunehmend bedeutungslos. Die leistungsstärksten Dieselkatzen wurden auf der EHB-Schiene I 140V eingesetzt. Die Förderkapazität der Gurtförderer im Abbau stieg auf 3,200 t/h und in der Hauptbandstraße auf 3.600 t/h. Die Gurtbreite der Abbaubänder betrug 1.400 mm. Forschung und Entwicklung erfolgte zur Prozessleittechnik und die Automatisierung in der Logistik bis zum Jahr 2011. Das Schulungsangebot wurde um das Thema Betreiben von Dieselkatzen erweitert (Bild 28).

Author / Autor

Dipl.-Ing. Michael Lemke, RAG Aktiengesellschaft, Essen