

Documentation of Technical Developments at RAG on Examples taken from Coal Winning, Development Works and Logistics

The special geological conditions prevailing in the German coalfields have ensured that the methods and technologies for mining and conveying coal that were developed by the mining companies and equipment suppliers would gain recognition and today be used the world over. The series of books published by RAG Aktiengesellschaft, Essen/Germany, to mark the end of the German coal mining industry, under the title "Documentation

of technical developments at RAG", has set out to preserve the know-how that the German coal industry has built up over the last 50 years, to make this information available to the specialist reader and at the same time to disseminate it to an international audience. This paper will sum up the developments that took place over the years as they affected coal winning operations, pre-production work and logistics.

Dokumentation der technischen Entwicklung bei der RAG am Beispiel des Abbaus sowie der Vorleistung und Logistik

Die besonderen Lagerstättenverhältnisse im deutschen Steinkohlenbergbau haben dafür gesorgt, dass von den Bergbauunternehmen gemeinsam mit ihren Zulieferfirmen Verfahren und Techniken zur Gewinnung und Förderung von Kohle entwickelt wurden, die heute weltweit Anerkennung finden und zum Einsatz kommen. Die von der RAG Aktiengesellschaft, Essen, zum Ende des Steinkohlenbergbaus in Deutschland herausgegebene

Buchreihe „Dokumentation der technischen Entwicklung bei der RAG“ hat es sich zur Aufgabe gemacht, das in den letzten 50 Jahren erlangte Know-how des deutschen Steinkohlenbergbaus zu sichern, dem fachkundigen Leser das Wissen zur Verfügung zu stellen und dieses auch international zu verbreiten. Der vorliegende Beitrag stellt die Entwicklungen aus den Bereichen Abbau, Vorleistung und Logistik zusammengefasst vor.

1 Introduction

The eight-volume series of books published by RAG Aktiengesellschaft, Essen/Germany, and entitled "Documentation of technical developments at RAG" aims to preserve the know-how that the German coal industry has built up over the last 50 years, to provide a knowledge platform for specialists in this area and to disseminate this information to an international audience. This initiative may well also inspire engineers to develop new technologies for the future.

This paper seeks to summarise the various developments that took place in three key areas: coal winning, development works and logistics.

2 Coal winning

2.1 Developments in coal winning

Developments in this area can be broken down into three distinct phases, as summed up in Table 1.

1 Einleitung

Die von der RAG Aktiengesellschaft, Essen, herausgegebene achtbändige Buchreihe „Dokumentation der technischen Entwicklung bei der RAG“ hat es sich zur Aufgabe gemacht, das in den letzten 50 Jahren erlangte Know-how des deutschen Steinkohlenbergbaus nachhaltig zu sichern, dem fachkundigen Leser dieses Wissen zur Verfügung zu stellen und es auch international zu verbreiten. Es soll dem Techniker darüber hinaus als Impulsgeber für zukünftige technische Entwicklungen dienen.

Im Folgenden werden Entwicklungen aus den Bereichen Abbau, Vorleistung und Logistik zusammengefasst vorgestellt.

2 Abbau

2.1 Entwicklung des Abbaus

Die Entwicklung des Abbaus vollzog sich in drei Phasen, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind.

Zeitraum	Entwicklungsphasen	Entwicklung
1969–1993	Gewinnungsteufe	800 bis 970 m.
	Gewinnung	Einführung von Doppelwalzenlader und verschiedener Hobeltypen, Steigerung des Mechanisierungsgrads der Ausbaurarbeit auf 100 %, Anstieg des Bergeanteils durch vollmechanische Verfahren.
	Auslauf von Verfahren	Halbsteile und steile Lagerung, Versatzbau, abbaubegleitende Strecken.
	Kontinuierliche, moderate Steigerung der Zuschnitts- und betrieblichen Kennzahlen	Streblänge, Baulänge, Flözmächtigkeit, Betriebspunktförderung, Flächenverhieb, Abbaufortschritt, Strebleistung.
1994–2004	Gewinnungsteufe	970 bis 1.100 m.
	Einführung standardisierter Betriebe	Betriebe der flachen und mäßig geneigten Lagerung.
	Vollmechanisiert im Strebbruchbau mit idealem Zuschnitt	Halbsteile und steile Lagerung, Versatzbau, abbaubegleitende Strecken.
	Starke Steigerung der Lagerstätten- und zuschnittsbezogenen Leistungsparameter	Streblänge, Baulänge, Flözmächtigkeit, Betriebspunktförderung, Flächenverhieb, Abbaufortschritt, Strebleistung.
2005–2015	Einführung standardisierter Betriebe	Betriebe der flachen und mäßig geneigten Lagerung vollmechanisiert im Strebbruchbau mit idealem Zuschnitt.
	Starke Steigerung der Lagerstätten- und zuschnittsbezogenen Leistungsparameter	Streblänge, Baulänge, Flözmächtigkeit, Betriebspunktförderung, Flächenverhieb, Abbaufortschritt, Strebleistung.
	Gewinnungsteufe	Bis 1.300 m.
	Stabilisierung der Zuschnitts- und betrieblichen Kennzahlen	Weitere Umsetzung der Standardisierung der Betriebe, Streblänge, Baulänge, Flözmächtigkeit Betriebspunktförderung, Flächenverhieb, Abbaufortschritt, Strebleistung.

Table 1. Overview of key development phases in coal winning. // Tabelle 1. Übersicht der wesentlichen Entwicklungsphasen im Abbau.

Phase 1: 1969 to 1993

The first phase was marked by average working depths of between 800 and 1,000 m, the discontinuation of various outdated techniques and an ongoing, though moderate, improvement in layout-related parameters and other operational figures.

Phase 2: 1994 to 2004

During phase two the winning depth averaged 1,000 to 2,000 m and almost all the coal faces were worked in level and moderately-inclined seams as fully-mechanised longwalls with caving. This period also saw the introduction of standardised faces with the ideal layout. Underground layout parameters and operational results improved significantly during this development phase.

Phase 3: 2005 to 2015

The third and final phase was marked by an effective stabilisation of the layout parameters and operational results. Standardisation was also widely introduced during this period.

2.2 Operational indicators for coal winning

Table 2 contains a review of the representative parameters for the years 1970, 1985, 2000 and 2015.

An analysis of coal production figures according to seam thickness indicates that for long periods between 30 and 40 % of total output came from seams in the thickness categories 1.2 to 1.8 m and above 2.2 m. Somewhere between 20 and 30 % of production was obtained from coal seams 1.8 to 2.2 m in thickness. Only 10 % was extracted from the 0.7 to 1.2 m category. Seams in the under 0.7 m range played very little part overall. Between 1969 and 1985 most coal panels were driven to a length of between 400 and 800 m. By the year 2000 this had risen to 1,000 m and then went on to reach about 1,200 m. Over the course of the entire period stretching from 1969 to 2015 the average panel length was 757 m. Between 1970 and 1995 the av-

Phase 1: 1969 bis 1993

Die erste Phase war geprägt durch eine Gewinnungsteufe zwischen 800 und etwa 1.000 m, den Auslauf diverser Verfahren sowie einer kontinuierlichen, moderaten Steigerung der Zuschnitts- und betrieblichen Kennzahlen.

Phase 2: 1994 bis 2004

In der zweiten Phase lag die Gewinnungsteufe etwa bei 1.000 bis 1.200 m. Es wurden nahezu ausschließlich Betriebe in der flachen und mäßig geneigten Lagerung vollmechanisiert als Strebbruchbaubetriebe gebaut. Standardisierte Betriebe mit idealem Zuschnitt wurden in dieser Zeit eingeführt. Eine starke Steigerung in den Zuschnitts- und betrieblichen Kennzahlen ist zu erkennen.

Phase 3: 2005 bis 2015

In der dritten Phase stabilisierten sich alle Zuschnitts- und betrieblichen Kennzahlen. Die Standardisierung wurde weiter umgesetzt.

2.2 Betriebliche Kennzahlen des Abbaus

Tabelle 2 enthält eine Übersicht der für den Abbau repräsentativen Kennzahlen in den Jahren 1970, 1985, 2000 und 2015.

Die Verteilung der Förderanteile auf die Mächtigkeitsbereiche hatte über einen langen Zeitraum einen Anteil von 30 bis 40 % in den Mächtigkeitsbereichen von 1,2 bis 1,8 m und größer 2,2 m. Etwa 20 bis 30 % wurden aus dem Mächtigkeitsbereich von 1,8 bis 2,2 m gefördert. Aus dem Mächtigkeitsbereich von 0,7 bis 1,2 m kamen 10 %. Der Mächtigkeitsbereich kleiner 0,7 m spielte keine wesentliche Rolle. Zwischen den Jahren 1969 und 1985 lag die durchschnittliche Baulänge zwischen 400 und 800 m. Bis zum Jahr 2000 stieg sie auf 1.000 m an und betrug danach rd. 1.200 m. Im gesamten Zeitraum von 1969 bis 2015 betrug die durchschnittliche Baulänge 757 m. Zwischen den Jahren 1970 und 1995 stieg die durchschnittliche Streblänge von 198 auf 277 m an und vergrößerte sich bis zum Jahr 2000 auf rd. 330 m. In den darauffolgenden

Merkmal	1970	1985	2000	2015
Gewinnungsteufe [m]	800	900	970	1.300
Einfallensklasse [gon]	0–20	0–20	0–20	0–20
Flözmächtigkeit [cm]	152	175	210	224
Baulänge [m]	400–600	600–800	800–1.000	1000–1.200
Streblänge [m]	190	250	330	305
Bergeanteil [%]	37	48	51	47
Abbaubetriebspunkte []	240	140	40	8
Betriebspunktförderung [t/d]	880	1.500	3.500	3.800
Flächenverhieb [m ² /d]	600	800	1.600	1.800
Abbaufortschritt [m]	2,35	3,30	4,80	5,40
Laufzeitanteil Hobel/Walze [%]	25/35	25/35	25/35	25/35
Abbauführung	Vorbau	Rück-/Z-Bau	Rückbau	Rückbau
Versatz	Versatz	Versatz / Bruchbau	Bruchbau	Bruchbau
Strebleistung [t/MS]	13	24,5	35	45
Mechanisierungsgrad der Gewinnung [%]	92	100	100	100
Verteilungsgrad Hobel/Walze [%]	73/20	65/35	etwa hälftig	etwa hälftig
Walzenladertypen				
Einwalzenlader [%]	80	10	0	0
Doppelwalzenlader [%]	20	90	100	100
Hobeltyp				
Versatzseitig geführt [%]	100	50	20	0
Kohlenstoßseitig geführt [%]	0	50	80	100
Mechanisierungsgrad Ausbaurarbeit [%]	40	100	100	100
Strebausbau [%]	100 Einzelstempel	90 Schildausbau	100 Schildausbau	100 Schildausbau

Table 2. Representative parameters for coal winning at selected historical time periods.
Tabelle 2. Repräsentative Kennzahlen des Abbaus in den jeweiligen Zeitschnitten.

erage face length increased from 198 to 277 m and by 2000 this figure had risen again to some 330 m. Over the course of the following period to 2012 it stabilised at around 340 m. Face output practically doubled during each of the first two time periods, starting off in 1970 at 880 t/d and reaching a figure of 3,400 t/d by the year 2000. Performance continued to improve right up to 2015, when face output reached 3,800 t/d. The area increment of advance, which stood at about 600 m²/d in 1970, rose over the following 15 years by around 30 % to a figure of 800 m²/d. By 2000 this had again doubled to 1,600 m²/d and by the year 2015 the figure was relatively stable at around 1,800 m²/d. Drum shearer loaders achieved a runtime value of 30 to 40 % while coal ploughs made between 20 and 27 % during the period under review. In 1970 the average face OMS was about 13 t/MS. By 1985 this had nearly doubled to 24.5 t/MS and then over the period to the year 2000 underwent a 50 % improvement to stand at 35 t/MS – a figure that was maintained right up until 2015. While coal winning was already 92 % mechanised in 1970, support operations had only achieved a 40 % degree of mechanisation by that time. Developments in underground mechanisation then developed so rapidly that by 1985 every German coal face had fully mechanised winning and support systems in place. Between 1975 and 1992 the proportion of drum-shearer faces increased from 20 to nearly 50 % and this ratio was generally to persist right up until the year 2007.

Jahren bis 2012 stabilisierte sie sich auf etwa 340 m. Die Betriebspunktförderung verdoppelte sich fast jeweils in den ersten beiden Zeitabschnitten, beginnend im Jahr 1970 mit 880 t/d und erreichte bis zum Jahr 2000 einen Wert von 3.400 t/d. Bis zum Jahr 2015 steigerte sich dieser Wert auf 3.800 t/d. Der Flächenverhieb, der im Jahr 1970 etwa 600 m²/d betrug, steigerte sich in den ersten 15 Jahren um etwa 30 % auf nunmehr 800 m²/d. In der folgenden Zeit bis zum Jahr 2000 konnte sich der Flächenverhieb sogar auf 1.600 m²/d verdoppeln und pendelte sich schließlich im Jahr 2015 auf etwa 1.800 m²/d ein. Die Walzenlader erreichten einen Laufzeitanteil von 30 bis 40 %, die Hobel erreichten im betrachteten Zeitraum zwischen 20 und 27 % Laufzeitanteil. Die Strebleistung von 13 t/MS, die im Jahr 1970 erbracht wurde, konnte in den Jahren bis 1985 mit 24,5 t/MS fast verdoppelt werden. Sie erfuhr bis zum Jahr 2000 eine weitere Steigerung von etwa 50 % auf 35 t/MS, um sich dann auf diesem Niveau bis zum Jahr 2015 zu halten. Während der Mechanisierungsgrad der Gewinnung im Jahr 1970 bereits 92 % betrug, lag im selben Zeitschnitt der Mechanisierungsgrad der Ausbaurarbeit erst bei etwa 40 %. Die Entwicklung der Mechanisierungsgrade verlief derartig schnell, dass bereits im Jahr 1985 alle Abbaubetriebe zu 100 % vollmechanisiert in Gewinnung und Ausbaurarbeit waren. Im Zeitraum der Jahre 1975 bis 1992 stieg der Anteil der Walzenladerbetriebe von etwa 20 auf annähernd 50 %. Dieses Verhältnis setzt sich im Durchschnitt der Jahre bis etwa 2007 weiter fort.

2.3 Developments in coal winning technology

In Figure 1 the different development stages for cutting and stripping winning are portrayed alongside the developments in mining methods and the operational parameters. Developments in mine safety on the coal face, R&D of coal winning technology and coal face training are included by way of additional information. The technical development of coal winning operations can be broken down into three phases that essentially reflected the increased level of mechanisation, the changing variety of equipment types and diversity of processes and the increase in performance parameters:

- Phase 1: 1969 to 1993
- Phase 2: 1994 to 2004
- Phase 3: from 2005

Phase 1: 1969 to 1993

This first phase saw the complete mechanisation of coal winning and support operations along with an increase in the type diversity of the coal ploughs and shearer loaders in service. Alternative winning methods were tried out. As well as improving the mechanical aspects of the winning installations the industry also developed memory-programmable controls that from 1985 on were employed on drum shearers and powered supports, later being used for the control of coal plough installations too after 1990. The first individual automatic systems came into use. During this period a number of traditional working practices became increasingly irrelevant, such as winning in steep and semi-steep seams, winning with stowing and the driving of gate roads in line with the face.

As far as coal face safety was concerned this phase also saw the laying down of basic rules, the development of regulations and the commissioning of suitable technical equipment for air conditioning, gas control and dust suppression actions that would enable face output to be improved as working depths increased. Specific ventilation layouts were devised that were designed to increase the total return-air flow inbye. Infusion measures were applied from the face cavity and gate roads for dust suppression purposes.

This first phase also saw the industry suffer seven fatal accidents in the year 1976. There were also eleven accidents in 1984. During this period the fatal accident rate was 0.1, while coal-face accidents requiring more than three days of sickness leave fell from 26.7 to just 20. Those resulting in more than four weeks off work also fell from 7.8 to 6.9.

During this early period most occupational accidents in the winning zone were caused by "falling coal and rock". The figures during the first phase fell by 30% from ten in 1976 to 7.1 in 1984. Other accident causes included "falling and sliding objects", which accounted for 25% of the total, and "handling and manoeuvring support components, tools and accidents with mechanical equipment". Mining operations accounted for some 70% of all accidents, the figure in this case falling from 19 in 1982 to 16 in 1984. Most of the injuries were to the "hand and wrist joint", with the figure falling from ten to 8.1 during the period 1976 to 1984.

The technical measures that did most to improve occupational accident rates were essentially the introduction of hydraulic pilot support controls, the use of remote control on drum shearers

2.3 Entwicklung der Technik im Abbau

In Bild 1 sind neben der Entwicklung der Verfahren und betrieblichen Kennzahlen des Abbaus die Entwicklungsschritte der schneidenden und schälenden Gewinnung abgebildet. Die abbaurelevanten Entwicklungen in der Grubensicherheit, Forschung und Entwicklung im Abbau und die berufliche Fortbildung im Abbau sind ergänzend hinzugefügt. Die technische Entwicklung im Abbau erfolgte zusammengefasst in drei Phasen, die sich im Wesentlichen durch den gestiegenen Mechanisierungsgrad, die wechselnde Typen- und Verfahrensvielfalt und die Steigerung der Leistungsparameter ergaben:

- Phase 1: 1969 bis 1993
- Phase 2: 1994 bis 2004
- Phase 3: ab 2005

Phase 1: 1969 bis 1993

In der ersten Phase erfolgte die vollständige Mechanisierung der Gewinnung und Ausbaurbeit. Gleichzeitig stieg die Typenvielfalt der eingesetzten Hobel und Walzenlader. Alternative Gewinnungstechniken wurden erprobt. Neben den mechanischen Verbesserungen an den Gewinnungsanlagen wurden speicherprogrammierbare Steuerungen entwickelt, die ab dem Jahr 1985 auf den Walzenladern, im Schreitausbau und ab dem Jahr 1990 an den Hobelanlagen zu deren Steuerung eingesetzt wurden. Erste Einzelautomatiken kamen zum Einsatz. Der Abbau in der halbsteilen und steilen Lagerung, der Versatzbau und die abbaubegleitende Auffahrung der Abbaustrecken verloren in dieser Phase zunehmend an Bedeutung.

Für die Grubensicherheit im Abbau erfolgte in dieser Phase die Erarbeitung der Grundlagen, die Entwicklung von Regelwerken und die Inbetriebnahme geeigneter technischer Einrichtungen in der Klimatisierung, Gasbeherrschung und Staubbekämpfung, um den Anstieg der Betriebspunktförderung bei zunehmender Teufe zu ermöglichen. Zur Erhöhung des Gesamtabwetterstroms im Abbau wurden wettertechnische Zuschnittsformen festgelegt. Zur Staubbekämpfung wurde Tränken aus dem Strebraum und den Abbaubegleitstrecken angewendet.

In der ersten Phase ereigneten sich sieben tödliche Arbeitsunfälle im Jahr 1976. Im Jahr 1984 gab es elf Ereignisse. Die Unfallkennziffer (UKZ) für tödliche Arbeitsunfälle lag in dem Zeitraum bei 0,1. In dem Zeitraum verringerte sich die UKZ > 3 d im Abbau von 26,7 auf einen Wert von 20. Die UKZ > 4 Wochen verringerte sich von 7,8 auf einen Wert von 6,9.

Der „Stein- und Kohlenfall“ war in den ersten Jahren die Hauptursache für Arbeitsunfälle im Abbau. Die Kennziffer verringerte sich in der ersten Phase um 30% von zehn im Jahr 1976 auf 7,1 im Jahr 1984. Weitere Unfallursachen waren „Fallende, abgleitende Gegenstände“ mit einem Anteil von 25% am Unfallgeschehen und das „Hantieren, Umgehen mit Ausbauteilen, Werkzeugen, Unfälle durch maschinelle Einrichtungen“. Die bergmännischen Tätigkeiten hatten einen Anteil von 70% am Unfallgeschehen, die Kennziffer verringerte sich von 19 im Jahr 1982 auf 16 im Jahr 1984. Bei den Verletzungen waren „Hand, Handgelenk“ führend, der Wert verringerte sich von 1976 bis 1984 von zehn auf 8,1.

Als technische Maßnahmen zur Verbesserung im Arbeitsschutz waren im Wesentlichen die Einführung der hydraulischen Pilot-Ausbausteuerung, die Einführung der Fernsteuerung für Walzenlader sowie die verbesserte Beleuchtung anzusehen. Im

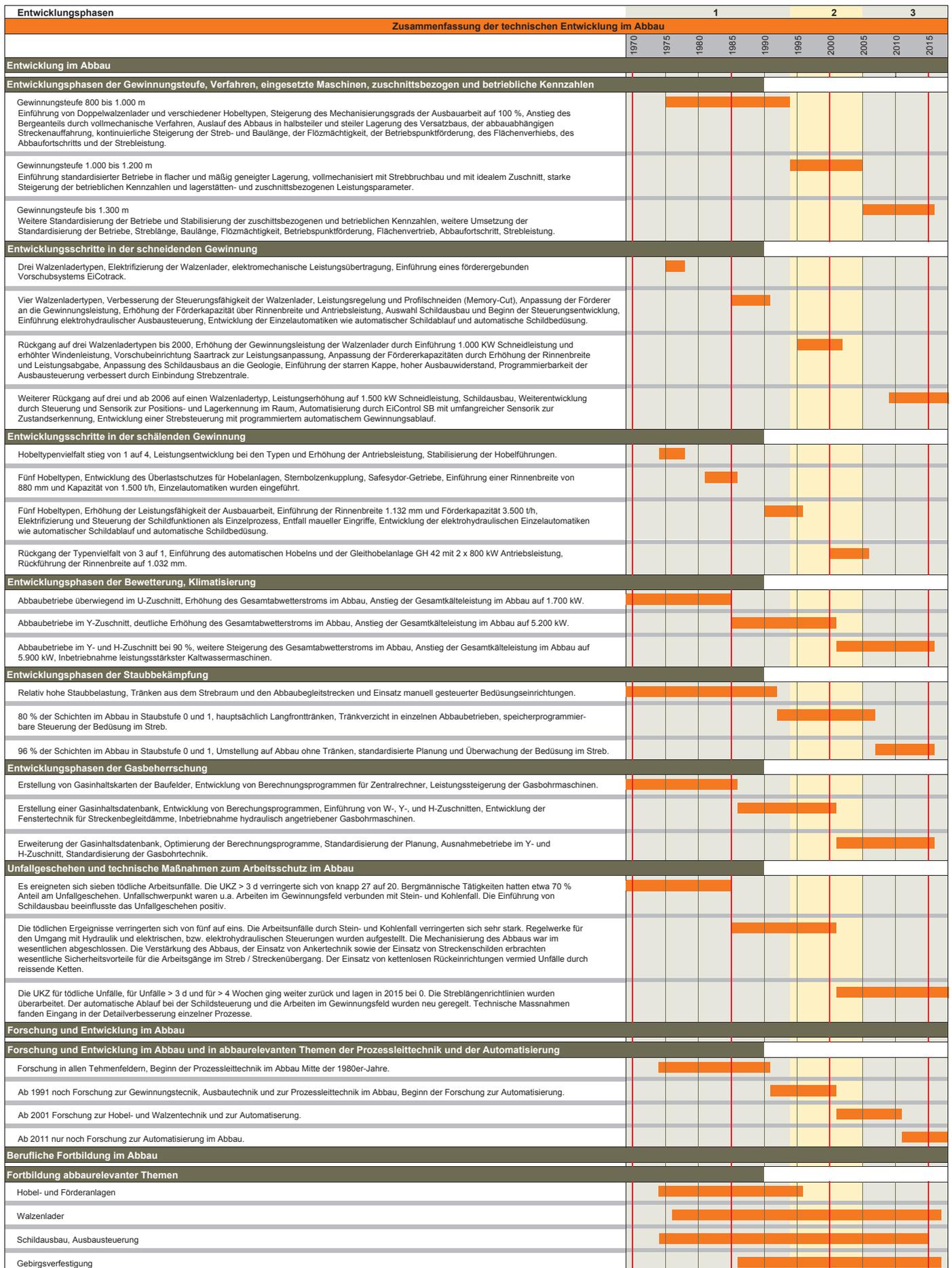


Fig. 1. Review of technical developments in coal winning. // Bild 1. Zusammenfassung der technischen Entwicklung im Abbau.

and improved lighting systems. Structural packs and roofbolting were also introduced at the face-gate intersection.

Coal-face research and development efforts were aimed at consolidating the technology in use at the time and improving its operating performance.

During this period the main focus of industrial training was on coal plough and conveyor installations, drum shearers, shield supports and support control systems.

Phase 2: 1994 to 2004

The second phase was marked by efforts to introduce standardised production units and a sharp increase in performance parameters. Most coal production was now fully mechanised and focused on level or moderately inclined seams with faces adopting the ideal layout. This phase saw the greatest improvement in the industry's performance figures. There was also a huge reduction in the different types of coal plough and drum shearer being used, with essentially only the Gleithobel plough and the double-drum shearer remaining in operation. Automatic coal production was achieved on plough faces.

Inbye developments called for increasingly powerful air-conditioning systems and these were also developed during this particular phase. The introduction of the Y-layout below ground greatly improved the total return-air flow from the production faces. The most commonly used method of dust control was longwall infusion and those workings that did not practice infusion required programmable control systems that could optimise the performance of the on-face spray jets.

The period 1987 to 2000 saw the number of fatal accidents fall from five in 1987 to just one in the year 2000. The fatal accident rate fell from 0.05 to 0.02. The number of accidents requiring more than three days off work fell markedly from 28 to 6.6 and those resulting in more than four weeks sickness leave went from 6.6 to 2.7 during this period.

The number of occupational accidents caused by "falling coal and rock" declined significantly from eleven incidents to just two. There were also much fewer accidents attributable to "falling and sliding objects", with the figure falling from 7.1 to 1.5. Accidents in the "mining activities" category also fell dramatically from 21 to 3.9. Injuries to the "hand and wrist joint" continued to represent the most frequent type, though these too fell significantly from twelve to 2.6.

Occupational safety in the face area greatly benefited from key technical measures such as the introduction of longer shield canopies and the recognition of the service-life factor through targeted maintenance of shield support components. Emergency stop switches and lock-outs were also fitted close to the drives and chainless pushing devices installed.

In this phase research and development focused on plough and drum equipment, process control technology and automation. R&D efforts in the area of mine safety targeted the development of suitable planning tools and measurement technology aimed at improving the mine ventilation, air conditioning, gas control and dust suppression systems and mitigating the impact of mine dust and high working temperatures.

Industrial training focused on shield supports, support control systems and strata consolidation and reinforcement.

Übergang Streb/Strecke erfolgte der Einsatz von Baustoffdämmen und der Ankertechnik.

Die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Abbau hatten die Zielrichtung, die eingesetzte Technik zu stabilisieren und deren Leistungsfähigkeit zu steigern.

Die Themen der beruflichen Fortbildung waren in dieser Phase die Hobel- und Fördereranlagen, Walzenlader Schildausbau und Ausbausteuerungen.

Phase 2: 1994 bis 2004

Die zweite Phase war geprägt durch die Standardisierung der Abbaubetriebe und eine starke Steigerung der Leistungsparameter. Der Abbau erfolgte vollmechanisiert hauptsächlich in flacher oder mäßig geneigter Lagerung. Der „ideale Zuschnitt“ wurde eingeführt. Die betrieblichen Kennzahlen stiegen in dieser Phase am stärksten an. Die Typenvielfalt der Hobel und Walzenlader reduzierte sich deutlich. Es verblieben die Gleithobelanlage und der Doppelwalzenlader. Der automatische Gewinnungsablauf wurde im Hobelbetrieb realisiert.

Die Entwicklung im Abbau erforderte leistungsstärkere Klimatisierungsanlagen, die in dieser Phase entwickelt wurden. Eine deutliche Erhöhung des Gesamtabwetterstroms im Abbau konnte durch den Y-Zuschnitt erreicht werden. Das hauptsächlich angewandte Verfahren zur Staubbekämpfung war das Langfronttränken. Der Tränkverzicht in einzelnen Betrieben erforderte die Optimierung der Bedüsung im Streb durch speicherprogrammierbare Steuerungen.

In der zweiten Phase von 1987 bis 2000 verringerten sich die tödlichen Arbeitsunfälle von fünf Ereignissen im Jahr 1987 auf ein Ereignis im Jahr 2000. Die UKZ für tödliche Arbeitsunfälle verringerte sich von 0,05 auf 0,02. Die UKZ > 3 d verringerte sich sehr stark von 28 auf einen Wert von 6,6 und die UKZ > 4 Wochen ging von 6,6 auf 2,7 zurück.

Die Arbeitsunfälle durch „Stein- und Kohlenfall“ verringerten sich sehr stark. Die Kennziffer ging von elf auf zwei zurück. Es gab deutlich weniger Arbeitsunfälle durch „Fallende, abgleitende Gegenstände“, die Kennziffer verringerte sich von 7,1 auf 1,5. Die „Bergmännischen Tätigkeiten“ verringerten sich sehr stark von 21 auf einen Wert von 3,9. Arbeitsunfälle an „Hand, Handgelenk“ waren weiterhin die häufigsten Unfälle, die Kennziffer verringerte sich sehr stark von zwölf auf 2,6.

Im Strebraum waren die Einführung von längeren Schildkappen und die Betrachtung der Lebensläufe mit gezielter Instandsetzung von Schildausbaueinheiten wichtige technische Maßnahmen im Arbeitsschutz. Neben dem Einsatz von Notauschaltern und Gesperrtschaltern kamen im antriebsnahen Bereich auch kettenlose Rückeinrichtungen zum Einsatz.

Forschung und Entwicklung wurde in dieser Phase mit den Schwerpunkten Hobel- und Walzentechnik sowie Prozessleittechnik und Automatisierung betrieben. Die Entwicklung geeigneter Planungssysteme und Messtechnik zur Bewetterung, Klimatisierung, Gasbeherrschung und Staubbekämpfung sowie die Auswirkungen der Staub- und Klimabelastung waren abbaurelevante Schwerpunkte von Forschung und Entwicklung in der Grubensicherheit.

In der beruflichen Fortbildung wurde zu Schildausbau, Ausbausteuerung und Gebirgsverfestigung geschult.

Zeitraum	Entwicklungsphasen	Entwicklung
1969–1993	Verfahrensentwicklung	Rückgang des Abbaus in der halbsteilen und steilen Lagerung, des Versatzbaus und der abbaubegleitenden Auffahrung.
	Leistungsentwicklung	Kontinuierliche, moderate Steigerung der Zuschnitts- und betrieblichen Kennzahlen: Streblänge, Baulänge, Flözmächtigkeit und der Betriebspunktförderung, Flächenverhieb, Abbaufortschritt und Strebleistung.
	Technikentwicklung, Typentwicklung	Vollständige Mechanisierung der Gewinnung und Ausbauarbeit. Anstieg der Typenvielfalt der eingesetzten Hobel und Walzenlader. Mechanische Verbesserungen an den Gewinnungsanlagen und Entwicklung speicherprogrammierbare Steuerungen für Walzenlader, Schreitausbau und Hobelanlagen. Ersteinsatz von Einzelautomatiken. Erprobung alternativer Gewinnungstechniken.
	Technikentwicklung in der Grubensicherheit	Erarbeitung der Grundlagen, Entwicklung von Regelwerken und Inbetriebnahme geeigneter technischer Einrichtungen in der Klimatisierung, Gasbeherrschung, und Staubbekämpfung in der Grubensicherheit für den Abbau. Festlegung wettertechnischer Zuschnittsformen zur Erhöhung des Gesamtabwetterstroms im Abbau. Tränken aus dem Strebraum und den Abbaubegleitstrecken zur Staubbekämpfung.
	Unfallentwicklung	Gleichbleibende UKZ für tödliche Arbeitsunfälle. Starke Reduzierung der UKZ > 3 d. Reduzierung der UKZ > 4 Wochen.
	Forschung- und Entwicklung	Forschung- und Entwicklungsvorhaben zur Stabilisierung und Leistungssteigerung der eingesetzten Technik. Forschung zu alternativen Gewinnungsverfahren.
	Berufliche Fortbildung	Schulung zu Hobel- und Fördereranlagen, Walzenlader Schildausbau und Ausbausteuerungen.
1994–2004	Verfahrensentwicklung	Vollmechanisierter Abbau hauptsächlich in flacher oder mäßig geneigter Lagerung, Einführung „idealer Zuschnitt“.
	Leistungsentwicklung	Stärkster Anstieg der betrieblichen Kennzahlen (Abbaufortschritt, Flächenverhieb, Betriebspunktförderung und Strebleistung), Anstieg der gebauten Flözmächtigkeit, Baulänge und der Streblänge.
	Technikentwicklung, Typentwicklung	Standardisierung der Abbaubetriebe. Reduzierung der Typenvielfalt der Hobel und Walzenlader. Hauptsächlich Gleithobelanlagen und Doppelwalzenlader. Automatischer Gewinnungsablauf im Hobelbetrieb.
	Technikentwicklung in der Grubensicherheit	Entwicklung von Planungssystemen und Messtechnik für die Grubensicherheit. Leistungsstärkere Klimatisierungsanlagen, deutliche Erhöhung des Gesamtabwetterstroms im Abbau, Y-Zuschnitt. Langfrontränken und später Abbau ohne Tränken zur Staubbekämpfung.
	Unfallentwicklung	Starke Reduzierung der tödlichen Arbeitsunfälle. Sehr starke Reduzierung der UKZ > 3 d. Starke Reduzierung der UKZ > 4 Wochen.
	Forschung- und Entwicklung	Forschung und Entwicklung mit den Schwerpunkten Hobel-, und Walzentechnik sowie Prozessleittechnik und Automatisierung.
	Berufliche Fortbildung	Schulung zu Schildausbau, Ausbausteuerung und Gebirgsverfestigung.
ab 2005	Verfahrensentwicklung	Standardisierung der Abbaubetriebe.
	Leistungsentwicklung	Stabilisierung der der lagerstätten- und Zuschnittsbezogene Leistungsparameter und der betrieblichen Kennzahlen: Streblänge, Baulänge, Flözmächtigkeit, Betriebspunktförderung, Flächenverhieb, Abbaufortschritt und Strebleistung.
	Technikentwicklung, Typentwicklung	Entwicklung der Hobeltechnik abgeschlossen, weitere Leistungserhöhung und Einführung der programmierten Gewinnung für die schneidende Gewinnung.
	Technikentwicklung in der Grubensicherheit	Standardisierung und Detailverbesserung der technischen Einrichtungen und der Planungsprozesse der Bewetterung, Klimatisierung, Gasbeherrschung und Staubbekämpfung.
	Unfallentwicklung	Weitere Reduzierung der tödlichen Arbeitsunfälle,; UKZ > 3 d und der UKZ > 4 Wochen. Am Ende des Betrachtungszeitraums erreichten alle UKZ den Wert 0.
	Forschung- und Entwicklung	Forschung und Entwicklung zur Strebautomatisierung.
	Berufliche Fortbildung	Schulungen zum Walzenlader, Schildausbau, Strebautomatisierung und Gebirgsverfestigung.

Table 3. Review of developments in coal winning. // Tabelle 3. Entwicklung im Abbau im Überblick.

Phase 3: from 2005

During this period the coal production sector underwent a further standardisation drive along with a consolidation of performance figures.

In the field of mine safety some standardisation and detail improvements were applied to technical equipment such as central refrigeration units, face and roadway coolers, water spray systems and gas drilling machines. The planning processes used for mine ventilation, air conditioning, gas control and dust suppression were also standardised.

Between 2001 and 2015 the accident figures fell at a somewhat slower pace and eventually stabilised at a low level. No industrial fatalities were recorded in 2015 neither were there any

Phase 3: ab 2005

In der dritten Phase erfolgten die weitere Umsetzung der Standardisierung und die Stabilisierung der betrieblichen Kennzahlen.

In der Grubensicherheit erfolgte ebenfalls eine Standardisierung und Detailverbesserung der technischen Einrichtungen, beispielsweise der zentralen Kälteanlagen, Streb- und Streckenkühler, Bedüsungseinrichtungen und Gasbohranlagen. Ebenso wurden die Planungsprozesse der Bewetterung, Klimatisierung, Gasbeherrschung und Staubbekämpfung standardisiert.

In den Jahren 2001 bis 2015 verringerten sich alle UKZ langsamer und stabilisierten sich auf einem niedrigen Niveau. Im Jahr 2015 lagen die UKZ für tödliche Arbeitsunfälle, die UKZ > 3 d und die UKZ > 4 Wochen bei null.

accidents in the plus 3-day or plus 4-week off-work categories.

Automatic shield sequencing with definition of the required safety guidelines proved to be an essential aspect of the industry's commitment to occupational safety.

While plough technology had essentially been taken as far as it could in development terms, efforts still continued to improve the performance of cutting winning installations and to introduce a programmed winning cycle and R&D efforts during this period were targeted exclusively in this direction. The aforementioned R&D work in the area of mine safety was continued until 2011 and then terminated.

Industrial training focused on drum shearer loaders, shield supports and face automation, as well as on strata consolidation and reinforcement.

Table 3 reviews the developments achieved in the coal-winning sector.

3 Development works

3.1 Developments in pre-production

Between 1975 and 2014 the industry constructed a total of 7,572 km of underground roadway, this comprising 4,856 km of shotfired drivages and 2,716 km of mechanised roads (Figures 2 and 3).

Developments in roadway drivages according to roadway type, heading method, machines deployed and performance figures can be broken down into four phases (Table 4):

- Phase 1: 1975 to 1983
- Phase 2: 1984 to 1992
- Phase 3: 1993 to 2001
- Phase 4: 2002 to 2015

Phase 1: 1975 to 1983

In 1975 the industry completed a total of some 390 km of underground roadways. During this phase the roadheading results

■ Gesteinsstrecken Sprengvortrieb ■ Gesteinsstrecken Maschinenvortrieb
■ Flözstrecken Sprengvortrieb ■ Flözstrecken Maschinenvortrieb

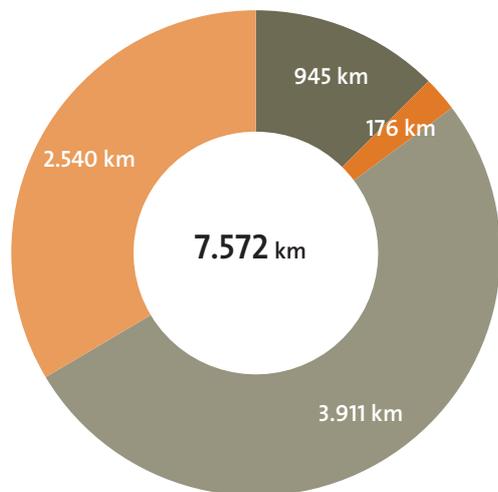


Fig. 2. Breakdown of drivage methods in-seam and in-stone for the period 1975 to 2014. // Bild 2. Auffahrung mit den jeweiligen Vortriebsverfahren im Gestein und im Flöz von 1975 bis 2014.

Als technische Maßnahme im Arbeitsschutz war der automatische Schildablauf mit der Festlegung der benötigten Sicherheitsrichtlinien eine wesentliche Komponente.

Während die Entwicklung der Hobeltechnik weitgehend abgeschlossen war, wurden für die schneidende Gewinnung eine weitere Leistungserhöhung und die Einführung der programmierten Gewinnung betrieben, mit der sich Forschung und Entwicklung in dieser Phase ausschließlich befasste. Die genannten Themen von Forschung und Entwicklung in der Grubensicherheit wurden fortgeführt und bis zum Jahr 2011 beendet.

Schulungen erfolgten zum Walzenlader, Schildausbau und zur Strebautomatisierung sowie zur Gebirgsverfestigung.

Die Entwicklung im Abbau im Überblick zeigt Tabelle 3.

3 Vorleistung

3.1 Entwicklung der Vorleistung

Insgesamt wurden zwischen den Jahren 1975 und 2014 etwa 7,572 km Strecken aufgeföhrt, davon rd. 4.856 km im Sprengvortrieb und 2.716 km im Maschinenvortrieb (Bilder 2 und 3).

Die Entwicklung der Aufföhrtung nach Streckenarten, der Vortriebsverfahren, der eingesetzten Maschinen und der betrieblichen Kennzahlen verlief in vier Phasen (Tabelle 4):

- Phase 1: 1975 bis 1983
- Phase 2: 1984 bis 1992
- Phase 3: 1993 bis 2001
- Phase 4: 2002 bis 2015

Phase 1: 1975 bis 1983

Die Gesamtauföhrtung im Jahr 1975 betrug rd. 390 km. In dieser Phase schwankte die Aufföhrtung im Gestein zwischen 48 und 63 km/a. Im Flöz wurden zwischen 290 und 340 km/a aufgeföhrt. In der Ausrichtung (VAG) wurden rund zwei Drittel der Gesteinsstrecken söhlig erstellt. In der Vorrichtung (VAB) wurden mehr als die Hälfte der Abbaustrecken parallel zum Abbau,

■ Gesteinsstrecken Sprengvortrieb ■ Gesteinsstrecken Maschinenvortrieb
■ Flözstrecken Sprengvortrieb ■ Flözstrecken Maschinenvortrieb

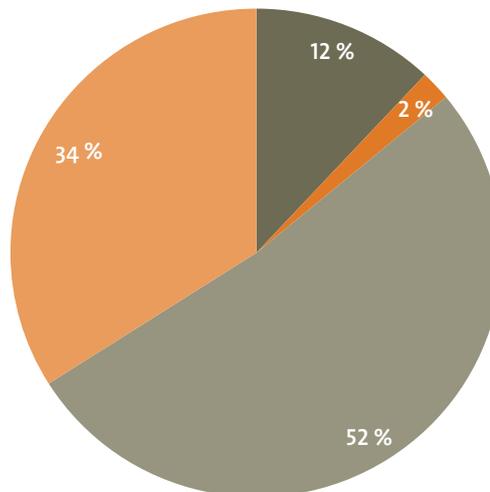


Fig. 3. Proportion of drivages in stone and in coal for the period 1975 to 2014. // Bild 3. Anteile der Vortriebsverfahren im Gestein und Flöz von 1975 bis 2014.

Zeitraum	Entwicklungsphasen	Entwicklung
1975–1983	Auffahrung	Zwischen 1980 und 1983 einziger Anstieg im Betrachtungszeitraum beim Gesamtaufwand (1,2%/a) und bei der Gesamtaufahrung (2,4%/a).
	Streckenausbau, Ausbruchquerschnitt	Beim Bogenausbau mit Handsteinverzug Anstieg Gesteinsstrecke von 18 auf 25 m ² und Anstieg Abbaustrecke von 14 auf 21 m ² .
	Vortriebsverfahren	Einführung der Vollschnittmaschinen in der Gesteinsstreckenauffahrung und der Teilschnittmaschinen in der Flözstreckenauffahrung, rasanter Anstieg des Anteils des Maschinenvortriebs (25%/a).
	Auffahrleistung	Steter Anstieg der Auffahrgeschwindigkeit und des Ausbruchvolumens in den Abbau- und Gesteinsstrecken.
	Auslauf von Verfahren	Continuous-Miner-Vortrieb mit Türstockausbau.
1984–1992	Auffahrung	Stärkster Rückgang der Gesamtaufahrung (–4%/a) zwischen 1983 und 1996; stärkster Rückgang des VAG-Aufwands (–5%/a), Anfang der 1990er-Jahre stärkster Rückgang der Gesteinsstreckenauffahrung (–7%/a).
	Streckenausbau, Ausbruchquerschnitt	Bogenausbau zunehmend mit Hinterfüllung, Gesteinsstrecke 26 m ² , Abbaustrecke 23 m ² (1992).
	Vortriebsverfahren	Breit gefächerter Maschinenvortrieb – insbesondere mit Voll-, Teilschnittmaschinen und Schlagkopfmotoren – mit höchstem Anteil an Gesamtaufahrung, zunehmende Mechanisierung in den Sprengvortrieben.
	Auffahrleistung	Steigerung der Auffahrgeschwindigkeit bei Abbaustrecken (3,6%/a) und bei Gesteinsstrecken (2%/a), Steigerung des Ausbruchvolumens bei Abbaustrecke (7%/a) und bei Gesteinsstrecke (2,6%/a).
	Auslauf von Verfahren	Veränderung der Ausrichtungskonzepte bedingt Reduktion der söhligigen Gesteinsstreckenauffahrung und des Blindschachtabteufens; geringere Bedeutung von Schrappern als Ladegerät.
1993–2001	Auffahrung	Weiterer Rückgang der Gesamtaufahrung (–4%/a); stärkster Rückgang des Gesamtaufwands (–5%/a).
	Streckenausbau, Ausbruchquerschnitt	Bogenausbau mit Hinterfüllung, Gesteinsstrecke 34 m ² , Abbaustrecke 28 m ² (2001).
	Vortriebsverfahren	Stärkster Rückgang des Maschinenvortriebs (–22%/a); punktuelle Auffahrung von bogenförmigen Ankerstrecken mit TSM und Rechteckstrecken mit Bolter Minern.
	Auffahrleistung	Erreichung der Spitzenwerte der Auffahrgeschwindigkeit in den Maschinen- und Sprengvortrieben Mitte der 1990er-Jahre, Rückgang der Auffahrgeschwindigkeiten (bis –9%/a) und starker Anstieg der Ausbruchquerschnitte (über 7%/a) in der 2. Hälfte der 1990er-Jahre.
	Auslauf von Verfahren	Abbauabhängige Flözstreckenauffahrung bedeutungslos (Auslaufen der Schlagkopfmotoren), Vollschnittmaschineneinsatz in wenigen Einzelprojekten.
2002–2015	Auffahrung	Geringster Gesamtaufwand; nach 2005 Auffahrung von 90% der Strecken im Flöz, seit 2000 Auffahrung von mehr als zwei Dritteln der Gesteinsstrecken als Gesteinsberge.
	Streckenausbau, Ausbruchquerschnitt	Kombiausbau Standard in Abbaustrecken, Gesteinsstrecke 35 m ² , Abbaustrecke 33 m ² (2015).
	Vortriebsverfahren	Standardisierte Vortriebsverfahren im Spreng- und Maschinenvortrieb für Kombiausbau.
	Auffahrleistung	Bis 2010 stärkster Anstieg des Ausbruchvolumens in den Abbaustrecken (8%/a).
	Auslauf von Verfahren	Auslauf von Vollschnittmaschinen- und Rechteckmaschinenvortrieb.

Table 4. Overview of key development phases affecting pre-production work.
Tabelle 4. Übersicht der wesentlichen Entwicklungsphasen in der Vorleistung.

in stone varied between 48 and 63 km/a while the figure for in-seam drivages lay between 290 and 340 km/a. In the area of development drivages (VAG) about two thirds of roadways were driven on the horizontal, while in field of preparatory drivages (VAB) more than half of all gate roads were driven in parallel with the face, mainly as advance headings. The total drivage effort during this period averaged 5.8 m/1,000 t saleable, split into 1.7 m/1,000 t saleable for VAG and 4.1 m/1,000 t saleable for VAB. This was the largest effort of its kind to be made throughout the entire period. The years 1980 to 1983 also saw the only increase in overall development expenditure and in total drivage results for the period under review. In gate roads the excavated cross-section also increased continuously – starting from about 14 m² in 1970 – and had reached around 21 m² by the early 1980s. Heading rates for gate roads improved from 3.3 to 4.1 m/d. The volume of material excavated from gate-road operations increased from 56 m³/d to a figure of 85 m³/d by 1983. The roadheading performance in stone rose from 2.2 to 2.5 m/d while the volume of excavated material increased from 47 to 62 m³/d. During this phase

hauptsächlich als vorgesetztes Ort, aufgefahren. Der Gesamtaufwand betrug in dieser Phase durchschnittlich 5,8 m/1.000 t v.F., aufgeteilt in 1,7 m/1.000 t v.F. in der VAG und 4,1 m/1.000 t v.F. in der VAB. Das war bezogen auf den Gesamtzeitraum der größte Aufwand. Zwischen den Jahren 1980 und 1983 erfolgte der einzige Anstieg beim Gesamtaufwand und bei der Gesamtaufahrung im Betrachtungszeitraum. Der Ausbruchquerschnitt in den Abbaustrecken wuchs – ausgehend von rd. 14 m² im Jahr 1970 – stetig und erreichte Anfang der 1980er Jahre rd. 21 m². Die Auffahrgeschwindigkeit in den Abbaustrecken stieg von 3,3 auf 4,1 m/d. Die Ausbruchvolumina betragen in den Abbaustrecken anfangs 56 m³/d und im Jahr 1983 rd. 85 m³/d. Im Gestein konnte die Auffahrgeschwindigkeit von 2,2 auf 2,5 m/d gesteigert werden. Das Ausbruchvolumen stieg von 47 auf 62 m³/d. In dieser Phase wurden die Strecken vorrangig mit Bogenausbau und Handsteinverzug aufgefahren. Die Auffahrung von Türstockstrecken mit Continuous Minern lief aus. Der Maschinenvortrieb erfuhr einen rasanten Anstieg in der Gesteins- und Flözstreckenauffahrung. Der Anteil der Maschinenvortriebe stieg bis zum

most roadways were constructed using arch supports and hand-placed stone backfill. The practice of using continuous miners to excavate porch-set roadways was discontinued and there was a massive increase in the use of mechanised equipment for stone and in-seam drivage operations. The proportion of mechanised drivages increased by about 25%/a until 1982 while the contribution made by shotfired drivages fell by around 9%/a between 1975 and 1978. Selective-cut roadheading machines were increasingly employed for driving gate roads. Full-face machines had in fact been employed since the early 1970s for development work in stone. Side-tipping loaders were increasingly being used in shotfired drivages and overhead shovel loaders were gradually phased out.

Phase 2: 1984 to 1992

Between 1984 and 1992 the total drivage output declined by about 4%/a with a particularly sharp fall of 7%/a being recorded during the period 1989 to 1992. In-seam drivages were down about 4%/a between 1984 and 1992. The total outlay in this sector averaged 5,3 m/1,000 t saleable. Staple-shaft operations became less important after about 1990. By 1992 the excavated cross-section had become established at 23 m² in gate roads and about 26 m² in stone drifts. In gate-road drivages the rate of advance was around 5,3 m/d and the volume of excavated material averaged 120 m³/d. By the end of this period the corresponding figures for stone drivages were 2,9 m/d and about 75 m³/d respectively. Backfilled arch supports were also being used increasingly. Mechanised roadheading technology, which was now widely diversified, went on to account for 43% of all the drivages being completed during this phase. This overall period saw the maximum number of roadheading machines ever used in the industry, mainly selective-cut roadheaders and impact rippers. There was a steady increase in the use of drill jumbos and support-setting platforms in shotfired drivages, while slusher-type loading machines were gradually phased out.

Phase 3: 1993 to 2001

Between 1993 and 2001 total outlay in this area fell by about 5%/a to a figure of some 2,6 m/1,000 t saleable. During this phase VAG operations declined by around 3%/a and VAB work by about 4%. More than half of all stone drivages were in the form of inclined stone drifts. There was a further decline in the excavation of horizontal roadways in stone. The mid-1990s saw record performance rates being achieved in both shotfired and mechanised drivages. The largest increase in excavated cross-section – both gate roads and stone drivages – during this period was recorded from 1996 to 2002 when figures rose by about 7%/a. In parallel with this trend heading rates for shotfired drivages and mechanised drivages recorded their sharpest ever fall of 7%/a and 5%/a respectively. Between 1993 and 2001 most roadways were supported with backfilled arches. By 2001 gate roads were being driven with cross-sections of about 28 m². During this period the output for mechanised drivages fell by around 22%/a from 116 to 26 km/a. As well as driving yielding-arch supported roadways the industry was in some cases also deploying selective-cut roadheaders for excavating arch-profile rockbolted roads and bolter miners for rectangular-profile rockbolted roadways. The use of full-face

Jahr 1982 um rd. 25%/a. Gleichzeitig fiel das Auffahrvolumen der Sprengvortriebe zwischen den Jahren 1975 und 1978 um rd. 9%/a. Teilschnittmaschinen wurden zunehmend für die Auffahrung der Abbaustrecken genutzt. Für Ausrichtungsstrecken im Gestein wurden seit Anfang der 1970er Jahre Vollschnittmaschinen eingesetzt. In den Sprengvortrieben wurde vermehrt mit Seitenkippladern geladen. Die Wurfschaufellader verloren an Bedeutung.

Phase 2: 1984 bis 1992

In den Jahren 1984 bis 1992 sank die Gesamtauffahrung um rd. 4%/a. Zwischen den Jahren 1989 und 1992 erfolgte ein starker Rückgang der Gesteinsstreckenauffahrung mit 7%/a. Die Flözstreckenauffahrung ging zwischen den Jahren 1984 und 1992 um rd. 4%/a zurück. Der Gesamtaufwand betrug durchschnittlich 5,3 m/1.000 t v.F. Seit den 1990er Jahren verlor die blindschachtgeführte Ausrichtung an Bedeutung. Der Ausbruchsquerschnitt erreichte im Jahr 1992 rd. 23 m² in den Abbaustrecken und rd. 26 m² in den Gesteinsstrecken. Die Auffahrgeschwindigkeit in den Abbaustrecken betrug 5,3 m/d und das Ausbruchsvolumen 120 m³/d. Im Gestein waren es am Ende dieser Phase 2,9 m/d und rd. 75 m³/d. In dieser Phase wurden die Strecken zunehmend mit hinterfülltem Bogenausbau aufgefahren. Der breit gefächerte Maschinenvortrieb erreichte in diesem Zeitraum einen Anteil von 43% an der Gesamtauffahrung. Insbesondere bei den Teilschnitt- und Schlagkopfmaschinen waren – bezogen auf den Gesamtzeitraum – die meisten Maschinen im Einsatz. In den Sprengvortrieben nahm der Einsatz von Bohrwagen und Bühnen deutlich zu. Die Verwendung von Schrapfern als Ladegeräte verlor an Bedeutung.

Phase 3: 1993 bis 2001

Der Gesamtaufwand fiel zwischen den Jahren 1993 und 2001 um ca. 5%/a auf rd. 2,6 m/1.000 t v.F. Die VAG-Auffahrung fiel in dieser Phase um etwa 3%/a und die VAB-Auffahrung um rd. 4%/a. Mehr als die Hälfte der Gesteinsstrecken waren Gesteinsberge. Die Ausrichtung über söhliche Gesteinsstrecken verlor weiter an Bedeutung. Im Spreng- und Maschinenvortrieb wurden in der Mitte der 1990er Jahre Spitzenwerte in der Auffahrgeschwindigkeit erreicht. Die Ausbruchsquerschnitte stiegen bezogen auf den Gesamtzeitraum zwischen den Jahren 1996 und 2002 in den Abbaustrecken und auch in den Gesteinsstrecken mit rd. 7%/a am stärksten. Parallel zu dieser Entwicklung erfuhr die Auffahrgeschwindigkeit im Sprengvortrieb mit 7%/a und im Maschinenvortrieb mit 5%/a den deutlichsten Rückgang. Zwischen den Jahren 1993 und 2001 wurden die Strecken mehrheitlich mit hinterfülltem Bogenausbau aufgefahren. Der Ausbruchsquerschnitt in den Abbaustrecken erreichte im Jahr 2001 rd. 28 m². Das Auffahrvolumen im Maschinenvortrieb sank in dieser Phase um ca. 22%/a von 116 auf 26 km/a. Neben der Auffahrung von Gleitbogenstrecken wurden mit Teilschnittmaschinen vereinzelt auch bogenförmige Ankerstrecken und mit Bolter Minern Rechteckankerstrecken aufgefahren. Der Einsatz von Vollschnittmaschinen beschränkte sich nur noch auf Einzelprojekte. Die abbauabhängige Flözstreckenauffahrung wurde bedeutungslos. Damit entfiel auch die Nutzung von Schlagkopfmaschinen.

tunnelling machines was now restricted to individual projects. In-line in-seam drive operations almost ceased entirely and the use of impact rippers declined significantly as a result.

Phase 4: 2002 to 2015

After 2002 roadheading output fell by about 1%/a and in the period after 2002 total outlay in this area fluctuated at around 2.8 m/1,000 t saleable. During this period VAG expenditure continued to decline by more than 4%/a. After 2002 VAB outlay fluctuated at around 2 m/1,000 t saleable. After 2004 combination support systems were used increasingly in the gate roads. Excavated cross-sections exceeded 30 m². The volume of excavated material peaked during these years and increased by about 8%/a between 2002 and 2010 to stand at a record figure of more than 240 m³/d. Standardised roadheading techniques adapted for combination-type support systems were developed for shotfired and mechanised drivages. Selective-cut roadheaders were used exclusively for mechanised operations. Full-face machines and rectangular-profile mechanised drivages were phased out at the beginning of the millennium.

3.2 Operational indicators for development works

Shotfiring was the most frequently used roadheading technique and about two thirds of all development drivages were produced in this way. This applied particularly to in-line in-seam roadways, with 75 % of these being constructed by drilling and firing. In the 1990s almost half of all roadways were driven by machines, while in the 1980s and in the period after 2000 the proportion was about 40%. The excavation of advance gate roads by selective-cut roadheader was the most frequently used method of mechanised drive. Since the mid-1980s about half of these roadways have been constructed by mechanised methods. This peaked at about 63% in the mid-1990s (Figure 4).

In the pre-production area the most important development steps as far as roadway support systems concerned were the in-

Phase 4: 2002 bis 2015

Das Auffahrvolumen sank nach dem Jahr 2002 um rd. 1%/a. Der Gesamtaufwand schwankte seit dem Jahr 2002 um 2,8 m/1.000 t v.F. Der VAG-Aufwand sank in dieser Phase weiterhin um mehr als 4%/a. Der VAB-Aufwand schwankte nach dem Jahr 2002 um 2 m/1.000 t v.F. Nach dem Jahr 2004 wurde in den Abbaustrecken vermehrt Kombiausbau eingesetzt. Die Ausbruchsquerschnitte lagen über 30 m². Das Ausbruchsvolumen war in dieser Phase am größten. Zwischen den Jahren 2002 und 2010 wurde das Ausbruchsvolumen um rd. 8%/a gesteigert. In der Spitze wurden über 240 m³/d erreicht. Für die Auffahrung mit Kombiausbau wurden standardisierte Vortriebsverfahren für den Spreng- und Maschinenvortrieb entwickelt. Für den maschinellen Vortrieb wurden ausschließlich Teilschnittmaschinen eingesetzt. Der Vollschnitt- und Rechteckmaschinenvortrieb lief Anfang der 2000er Jahre aus.

3.2 Betriebliche Kennzahlen der Vorleistung

Der Sprengvortrieb war das am häufigsten angewendete Vortriebsverfahren. Rund zwei Drittel der Gesamtaufahrung wurde in Sprengvortrieben erstellt. Insbesondere die abbaubehängigen Flözstrecken wurden zu 75% im Sprengvortrieb aufgeföhren. In den 1990er Jahren wurde fast die Hälfte der Strecken maschinell aufgeföhren, in den 1980er Jahren und nach 2000 waren es etwa 40%. Die Aufföhren von vorgeleisteten Abbaubegleitstrecken mit Teilschnittmaschinen war die häufigste Anwendung des Maschinenvortriebs. Seit Mitte der 1980er Jahre wurde rund die Hälfte dieser Strecken maschinell aufgeföhren. Mitte der 1990er Jahre waren es in der Spitze ca. 63% (Bild 4).

Aus Sicht der Vorleistung waren wesentliche Entwicklungsschritte beim Streckenausbau in den 1980er Jahren die Einführung der Baustoffhinterfüllung und in den 1990er Jahren die Anwendung der Ankertechnik. Nach dem Jahr 2000 bestimmte die zunehmende Anwendung des Kombiausbaus in den Abbaustrecken die Vortriebsverfahren. Einen Überblick der betrieblichen

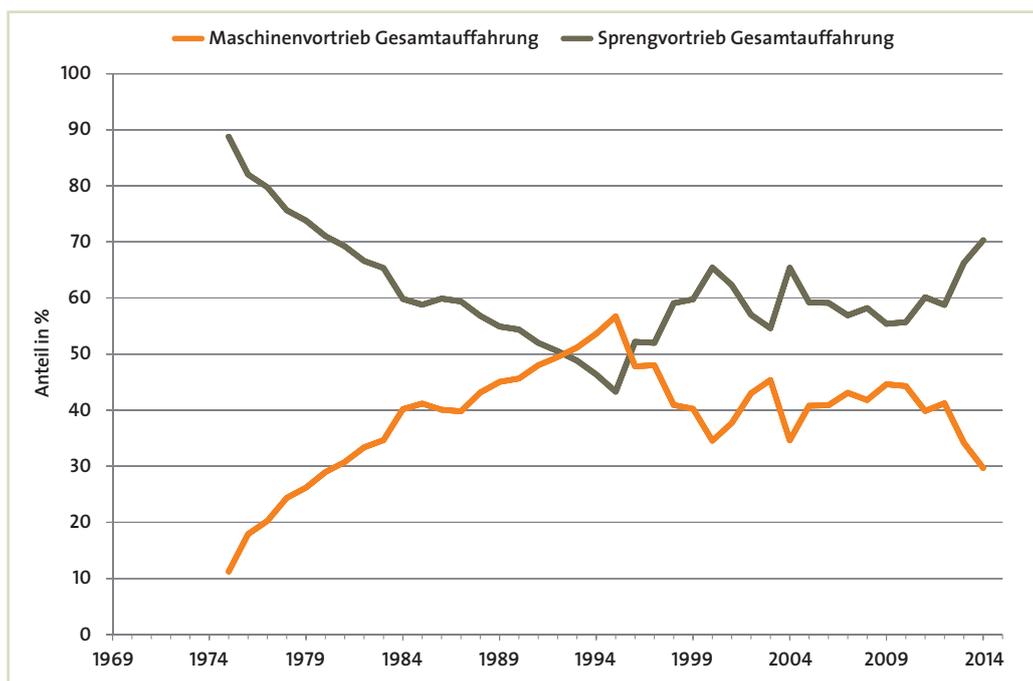


Fig. 4. Shotfired and mechanised drivages as a proportion of total operations.
Bild 4. Anteile des Spreng- und Maschinenvortriebs an der Gesamtaufahrung.

Merkmal	1975	1985	2000	2015
Streckenausbau				
Abbaustrecken	Bogenausbau, Handsteinverzug	Bogenausbau, teilweise Baustoff- hinterfüllung	Bogenausbau, Baustoffhinterfüllung	Kombiausbau
Ausbruchquerschnitte [m²]				
Gesteinsstrecken	22	24,6	30,5	34,9
Abbaustrecken	16,8	21,3	27	32,5
Auffahrgeschwindigkeit [m/d]				
Gesteinsstrecken	2,2	2,5	2,9	2,9
Abbaustrecken	3,3	4,4	4,7	5,0
Abbaustrecke Maschinenvortrieb	7,0	7,6	7,4	7,0
Abbaustrecke Sprengvortrieb	3,0	3,3	4,0	4,9
Ausbruchvolumen [m³/d]				
Gesteinsstrecken	48	63	70	102
Abbaustrecken	56	94	127	163

Table 5. Representative operational figures for development drivages at selected time periods.

Tabelle 5. Repräsentative betriebliche Kennzahlen der Vorleistung in den jeweiligen Zeitschnitten.

roduction of material backfill in the 1980s and the application of rockbolting in the 1990s. In the period after 2000 roadheading operations were defined by the increasing use of combination-type support systems in gate roads. Table 5 presents an overview of the operational data for the years 1975, 1985, 2000 and 2015.

Between 1975 and 2010 the excavated cross-sections of mine gate roads practically doubled from a figure of 17 to nearly 33 m². The greatest increase came during the period 1998 to 2002. In stone drifts the excavated cross-sections, which had been about 22 m² in 1975, rose to around 35 m² in the period after 2000. The greatest increase was recorded in the years between 1996 and 2001. During the review period heading performances in mechanised gate-road drivages varied between 6.6 and 8.7 m/d, with an average of 7.4 m/d. This was twice as high as the average rate of advance in shotfired drivages, which was about 3.8 m/d. The heading rates for shotfired operations were between 2.2 and 3 m/d in rock drifts and between 2.7 and 4.9 m/d in gate-road drivages. The volume of material excavated from gate-road headings was 3.7 times greater than in 1975, while for stone drivages the figure was 2.6 times higher.

3.3 Technical developments in development works

Figure 5 summarises the technical developments that influenced development works over the years. In addition to new operating processes and performance figures for roadheading the figure depicts the various development steps taken in the two key areas of mechanised and shotfired drivage operations. Developments in mine safety, R&D and vocational training that are relevant to the development works sector are added by way of additional information. Technical developments in pre-production can be summarised in three distinct phases based essentially around the increased level of mechanisation, the variety of equipment types and process diversity, and the increase in performance parameters.

- Phase 1: 1969 to 1985
- Phase 2: 1986 to 2000
- Phase 3: from 2001

Kennzahlen für die Zeitschnitte 1975, 1985, 2000 und 2015 zeigt Tabelle 5.

Im Betrachtungszeitraum wurden die Ausbruchquerschnitte der Abbaubegleitstrecken zwischen den Jahren 1975 und 2010 von 17 auf 33 m² nahezu verdoppelt. Der stärkste Zuwachs erfolgte zwischen den Jahren 1998 und 2002. Die Querschnitte der Gesteinsstrecken betragen im Jahr 1975 rd. 22 m² und nach 2000 rd. 35 m². Der stärkste Zuwachs erfolgte zwischen den Jahren 1996 und 2001. Die Auffahrgeschwindigkeit der maschinellen Abbaustreckenvortriebe variierte im Betrachtungszeitraum zwischen 6,6 und 8,7 m/d und betrug im Durchschnitt 7,4 m/d. Sie war etwa doppelt so hoch wie die durchschnittliche Auffahrgeschwindigkeit der Sprengvortriebe, die bei rd. 3,8 m/d lag. Die Auffahrgeschwindigkeit der Sprengvortriebe lag in der Gesteinsstreckenauffahrung zwischen 2,2 und 3 m/d und in der Abbaustreckenauffahrung zwischen 2,7 und 4,9 m/d. Das Ausbruchvolumen wurde in Abbaustrecken bezogen auf das Jahr 1975 um das 3,7-fache gesteigert. In der Gesteinsstreckenauffahrung wurde eine 2,6-fache Steigerung erreicht.

3.3 Entwicklung der Technik in der Vorleistung

In Bild 5 ist die technische Entwicklung in der Vorleistung zusammengefasst dargestellt. Neben der Entwicklung der Verfahren und betrieblichen Kennzahlen der Vorleistung sind die Entwicklungsschritte im maschinellen Vortrieb und im Sprengvortrieb abgebildet. Die vorleistungsrelevanten Entwicklungen in der Grubensicherheit, die Forschung und Entwicklung und die berufliche Fortbildung in der Vorleistung sind ergänzend hinzugefügt. Die technische Entwicklung in der Vorleistung erfolgte zusammengefasst in drei Phasen, die sich im Wesentlichen durch den gestiegenen Mechanisierungsgrad, die wechselnde Typen- und Verfahrensvielfalt und die Steigerung der Leistungsparameter ergaben.

- Phase 1: 1969 bis 1985
- Phase 2: 1986 bis 2000
- Phase 3: ab 2001

Entwicklungsphase	1 2 3										
	Zusammenfassung der technischen Entwicklung in der Vorleistung										
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	
Entwicklung in der Vorleistung											
Phasen in der Entwicklung der Streckenarten, Verfahren, eingesetzten Maschinen und betrieblichen Kennzahlen											
Zwischen 1980 und 1983 erfolgte der einzige Anstieg im Betrachtungszeitraum beim Gesamtaufwand (1,2 %/a) und bei der Gesamtaufahrung (2,4 %/a) Bogenausbau mit Handsteinverzug. Querschnitt: Gesteinsstrecke stieg von 18 auf 25 m ² , Abbaustrecke stieg von 14 auf 21 m ² , Einführung der Vollschnittmaschinen in der Gesteinsstreckenauffahrung und der Teilschnittmaschinen in der Flözstreckenauffahrung. Anteil des Maschinenvortriebs stieg rasant (25 %/a). Steiler Anstieg der Auffahrungsgeschwindigkeit und des Ausbruchvolumens in den Abba- und Gesteinsstrecken. Auslauf des Continuous-Miner-Vortriebs mit Türstockausbau.											
Stärkster Rückgang der Gesamtaufahrung (-4 %/a) zwischen 1983 und 1996; stärkster Rückgang des VAG-Aufwands (-5 %/a). Anfang der 1990er-Jahre stärkster Rückgang der Gesteinsstreckenauffahrung (-7 %/a), Bogenausbau zunehmend mit Hinterfüllung, Querschnitt: Gesteinsstrecke 26 m ² , Abbaustrecke 23 m ² (1992), breit gefächerter Maschinenvortrieb – insbesondere Vollteilschnittmaschinen und Schlagkopfmotoren – erreichte den höchsten Anteil an der Gesamtaufahrung, zunehmende Mechanisierung in den Sprengvortrieben.											
Gesamtaufwand ging weiter zurück (-4 %/a); stärkster Rückgang des Gesamtaufwands (-5 %/a). Bogenausbau mit Hinterfüllung. Gesteinsstrecke 34 m ² , Abbaustrecke 28 m ² (2001), stärkster Rückgang des Maschinenvortriebs (-22 %/a); punktuelle Auffahrung von bogenförmigen Ankerstrecken mit TSM und Rechteckenstrecken mit Bolter Minern, Spitzenwerte der Auffahrungsgeschwindigkeit in den Maschinen- und Sprengvortrieben wurden Mitte der 1990er-Jahre erreicht. Rückgang der Auffahrungsgeschwindigkeiten (bis -9 %/a) und starker Anstieg der Ausbruchquerschnitte (über 7 %/a) in der 2. Hälfte der 1990er-Jahre, abbaubehängige Flözstreckenauffahrung wurde bedeutungslos (Auslaufen der Schlagkopfmotoren), Vollschnittmaschineneinsatz in wenigen Einzelprojekten.											
Geringster Gesamtaufwand: nach 2005 wurden 90 % der Strecken im Flöz aufgeföhren, seit 2000 wurden mehr als zwei Drittel der Gesteinsstrecken als Gesteinsberge aufgeföhren. Kombiausbau war Standard in den Abbaustrecken, Querschnitt: Gesteinsstrecke 35 m ² , Abbaustrecke 33 m ² (2015), standardisierte Vortriebsverfahren im Spreng- und Maschinenvortrieb für den Kombiausbau, bis 2010 stärkster Anstieg des Ausbruchvolumens in den Abbaustrecken (8 %/a), Vollschnittmaschinen- und Rechteckmaschinenvortrieb.											
Entwicklungsschritte im Maschinenvortrieb											
Typenvielfalt stieg auf sechs Maschinentypen (Auslauf der Continuous-Miner, Inbetriebnahme der Vollschnitt-, Kurzfront- und Schlagkopfmotoren und mittelschweren TSM).											
Typenvielfalt lag bei fünf Typen (Auslauf der Vollschnitt-, Kurzfront- und Schlagkopfmotoren, Inbetriebnahme Bolter Miner und AVSA).											
Typenvielfalt sank auf einen Typ (Auslauf der Bolter Miner und AVSA, ab 2010 nur schwere TSM).											
Entwicklungsschritte im Teilschnittmaschinenvortrieb											
Entwicklung mittelschwerer Teilschnittmaschinen: Erhöhen der Schneidleistung auf 460 kW, Optimieren der Schneidköpfe und Schneidwerkzeuge, Mechanisierung der Ausbaubarkeit durch Bühnentechnik und Ankerbohr- und Setzeinrichtungen, Entwicklung der Hinterfüllanlagen, veränderte Bauform der Entstauber und Bedüsungseinrichtungen.											
Entwicklung schwerer Teilschnittmaschinen: Erhöhen der Schneidleistung auf über 600 kW, weiteres Optimieren der Schneidköpfe und Schneidwerkzeuge.											
Anpassen an die Ankerstechnik: Entwicklung der Ankerplattform, Inbetriebnahme der Profilsteuern und des mechanischen Langsamtriebs, Einführung der Wassernebelbedüsung.											
Entwicklungsschritte im Sprengvortrieb											
Große Typenvielfalt bei den Vortriebsgeräten. Mechanisierung der Bohr-, Lade- und Ausbaubarkeit: Entwicklung hydraulischer Bohrhämmer, Drehbohrmaschinen und Bohrwagen mit hydraulischem Antrieb und Steuerung, Inbetriebnahme elektrisch angetriebener Seitenkipplatern und leichter Streckenförderer. Inbetriebnahme einfacher Arbeitsbühnen und Kappenheber, Beginn des Hinterfüllens des Streckenausbaus mit Baustoff.											
Große Typenvielfalt bei den Vortriebsgeräten. Optimierung der Bohr-, Lade- und Ausbaubarkeit: Schwere Streckenpanzer mit Schubeinrichtungen, kompaktbauende Seitenkipplatern, aktiv vorpländenden Ausbaumotoren, hydromechanische Baustoffverarbeitung mit Hochdruckbetonpumpen.											
Entwicklung der Grubensicherheit in der Vorleistung											
Entwicklungsphasen der Bewetterung, Klimatisierung											
Grundlagenforschung, Normung, Regelwerke, Leistungsentwicklung der Luftventilatoren, Anstieg der Luftdurchmesser.											
Weitere Normung und Regelwerke, Standardisierung der Wetterkühler.											
Leistungsentwicklung der Luftventilatoren und Streckenkühler, Standardisierung.											
Entwicklungsphasen der Staubbekämpfung											
Typenentwicklung der Nass- und Trockenentstauber.											
Leistungsentwicklung der Trockenentstauber (800 m ³ /min)											
Leistungsentwicklung der Trockenentstauber (1.000 m ³ /min)											
Unfallgeschehen und technische Massnahmen zum Arbeitsschutz in der Vorleistung											
In der ersten Phase von 1976 bis 1990 verringerte sich die Anzahl der tödlichen Arbeitsunfälle von 7 auf 0, wodurch die UKZ von 0,06 auf 0 zurückging. Die UKZ > 3 d stieg in diesem Zeitraum in der Vorleistung von 22 auf 28 stark an, ebenso die UKZ > 4 Wochen, die von 5,6 auf 7,5 anstieg. Entgegen deutlicher Verbesserung in der Hauptunfallursache „Stein- und Kohlenfall“ wirkte sich ein starker Anstieg der Unfälle durch „Absturz, Fallen, Ausgleiten, Stolpern“ und ein Anstieg der Unfallkennziffer bei „Stößen, Klemmen, Quetschen“, sowie durch „fallende, abgleitende Gegenstände“ negativ aus. Bei den „Bergmännischen Tätigkeiten“ passierten über 60 % der Arbeitsunfälle und die Verletzungen an „Hand, Handgelenk“ waren nicht nur die häufigste Verletzungsart, die Unfallkennziffer stieg in der ersten Phase um 30 %. Es gab zwei große Schwerpunkte bei den technischen Massnahmen. Zum Einen waren es technische Massnahmen im Umgang mit der zunehmend eingeföhren Technik, zum Anderen technische Massnahmen zur sicheren Bearbeitung.											
In der Phase von 1991 bis 2000 verbesserte sich das Unfallgeschehen in der Vorleistung sehr stark. Im Jahr 2000 kam es zu einem tödlichen Arbeitsunfall und damit zu einer UKZ von 0,02. Die UKZ > 3 d verringerte sich sehr stark auf einen Wert von 5,4. Auch bei den schweren Arbeitsunfällen kam es zu einer starken Verbesserung, die UKZ > 4 Wochen verringerte sich auf einen Wert von 2,9. Im Zeitraum 1989 bis 1998 zeigte sich bei Stein- und Kohlenfall die stärkste Reduzierung von 84 %. Die Streckenquerschnitte waren mittlerweile ausreichend groß, um Arbeitsbühnen einzusetzen. Diese konnten Ortsbrustsicherungen aufnehmen. Weiterhin wurden sie mit Absturzsicherungen ausgestattet und boten so eine sichere Arbeitsfläche. Die eingesetzten Maschinen im Spreng- und Maschinenvortrieb wurden mit Standflächen ausgestattet und sicherheitlich optimiert. Der Umgang mit den mittlerweile etablierten Vortriebsmaschinen konnte so entscheidend verbessert werden.											
In der dritten Phase von 2001 bis 2015 verbesserte sich das Unfallgeschehen etwas langsamer und es stabilisierte sich auf einem sehr niedrigen Niveau. Im Jahr 2015 erreichten alle Unfallkennziffern den Wert 0. Die Technischen Massnahmen hatten die Schwerpunkte „Fernbedienbarkeit“ von Maschinen, damit die Mitarbeiter sich weiter aus dem Gefahrenbereich entfernen konnten und ein wichtiger Meilenstein war die Entwicklung der Technischen Massnahmen zur aktiven Ortsbrustsicherung durch Ankerstechnik. Die Geföhrdung durch „Stein- und Kohlenfall“ konnte hierdurch weiter verringert und folgend eliminiert werden.											
Forschung und Entwicklung in der Vorleistung											
Forschung und Entwicklung in der Vorleistung und in vorleistungsrelevanten Themen des Streckenausbaus und der Automatisierung											
Forschung in allen Themenfeldern, Beginn der Forschung im Streckenausbau Anfang der 1980er-Jahre.											
Ab 1991 Forschung in allen Themen, Beginn der Forschung zur Automatisierung ab Mitte der 1980er-Jahre.											
Bis 2011 Abschluss der Forschung zum maschinellen Vortrieb, Ausbautechnik, Streckenausbau / Gebirgsmechanik und zur Automatisierung.											
Ab 2011 keine Forschung in der Vorleistung.											
Berufliche Fortbildung in der Vorleistung											
Fortbildung vorleistungsrelevanter Themen											
Lader, Bohrwagen, Ausbaubühnen											
Baustoffverarbeitung											
Qualitätssicherung, Streckenausbau, Ankerausbau											
Teilschnittmaschinenschulung: ABM 20, AM 105											

Fig. 5. Different phases in the technical development of development works.
Bild 5. Entwicklungsphasen der technischen Entwicklung in der Vorleistung.

Phase 1: 1969 to 1985

In the field of shotfired drivages mechanised systems were introduced for shothole drilling and loading and for support setting. At this time the industry had access to a wide range of different roadheading machines whose various functions and performance capabilities had been fully developed by the mid-1980s. This period also witnessed a rapid increase in the use of mechanised systems for roadway drivage operations, with full-face machines, selective-cut roadheading machines, which replaced the continuous miners, impact rippers and shortwall rectangular-profile machines all coming into their own. Another major development step in terms of the functionality and performance capacity of roadheaders was taken in the period leading to the mid-1980s with the commissioning of heavy-duty road heading machines in the early years of that decade and the mechanisation of support operations based on the use of integral work platforms and arch bolting and setting equipment. This phase witnessed the one and only increase in overall development drivages along with a continuous increase in roadheading rates and in the volume of material excavated from gate-road drivages and stone drifts. These operations generally involved the use of arch supports with hand-placed stone backfill. A hydromechanical system for processing building material was then developed for backfilling the roadway supports.

Mine safety in pre-production work also saw the introduction of more powerful booster fans and larger-profile air ducting for better ventilation, as well as the development of both wet and dry dedusting systems for dust suppression.

The first phase of accident prevention efforts from 1976 to 1990 saw the number of fatal accidents fall from seven to four, with the official accident rate dropping from 0.06 to zero. During this period the number of accidents in pre-production operations that resulted in more than three days off work increased sharply from 22 to 28, while those requiring more than four weeks sick leave also rose from 5.6 to 7.5.

While a significant improvement was achieved as far as the main cause of underground accidents was concerned, namely "falling coal and rock", this was offset by a sharp rise in the number of accidents due to "falling, slipping and stumbling" as well as by an increase in the number caused by "impact, trapping and crushing" and by "falling and sliding objects". More than 60% of all workplace accidents occurred in the "mining activities" category where injuries to the "hand and wrist" not only proved to be the most common type but also saw a 30% increase in the frequency rate during this initial phase.

Technical measures at this time were centred around two major areas of activity. The first involved various measures adopted in response to the increase in equipment technology, the second comprised the technical actions required to secure the roadhead and side-wall areas during support setting and to prevent accidents as a result of "falling coal and rock".

Research and development projects in the pre-production area were aimed at consolidating the technology in place and improving its operational performance. Projects were also undertaken in the field of rock mechanics and roadway supports.

Industrial training at this time focused on providing basic courses on roadheading technology.

Phase 1: 1969 bis 1985

Im Sprengvortrieb erfolgte die Mechanisierung der Bohr-, Lade- und Ausbauarbeit. Es gab eine große Typenvielfalt der eingesetzten Vortriebsgeräte, deren grundsätzliche Entwicklung hinsichtlich ihrer Funktionsvielfalt und Leistungsfähigkeit Mitte der 1980er Jahre abgeschlossen war. Im maschinellen Vortrieb, dessen Anteil an der Gesamtaufahrung in diesem Zeitraum rasant anstieg, wurden Vollschnittmaschinen, Teilschnittmaschinen anstelle der Continuous Miner sowie Schlagkopfmaschinen und Kurzfront-Rechteckmaschinen eingesetzt. Mit der Inbetriebnahme der schweren Teilschnittmaschinen Anfang der 1980er Jahre und der Mechanisierung der Ausbauarbeit durch integrierte Bühnentechnik und Ankerbohr- und Setzeinrichtungen wurde der wesentliche Entwicklungsschritt im Teilschnittmaschinenvortrieb hinsichtlich der Funktionsvielfalt und Leistungsfähigkeit der Teilschnittmaschinen ebenfalls bis Mitte der 1980er Jahre erreicht. In dieser Phase erfolgte der einzige Anstieg in der Gesamtaufahrung und ein steter Anstieg der Auffahrtsgeschwindigkeit und des Ausbruchsvolumens in der Abbau- und Gesteinsstreckenauffahrung. Der Bogenausausbau mit Handsteinverzug wurde hauptsächlich angewendet. Die hydromechanische Baustoffverarbeitung zum Hinterfüllen des Streckenausbaus wurde entwickelt.

Für die Grubensicherheit in der Vorleistung erfolgte in dieser Phase die Inbetriebnahme leistungsstärkerer Luttventilatoren und größerer Lutten für die Bewetterung und die Entwicklung von Nass- und Trockenentstaubern für die Staubbekämpfung.

In der ersten Phase der Unfallentwicklung zwischen den Jahren 1976 und 1990 verringerte sich die Anzahl der tödlichen Arbeitsunfälle von sieben auf vier, wodurch die UKZ von 0,06 auf null zurückging. Die UKZ > 3 d stieg in diesem Zeitraum in der Vorleistung von 22 auf 28 stark an, ebenso die UKZ > 4 Wochen, die sich von 5,6 auf 7,5 erhöhte.

Entgegen deutlicher Verbesserung bei der Hauptunfallursache „Stein- und Kohlenfall“ wirkten sich ein starker Anstieg der Unfälle durch „Absturz, Fallen, Ausgleiten, Stolpern“ und ein Anstieg der Unfallkennziffer bei „Stößen, Klemmen, Quetschen“, sowie durch „fallende, abgleitende Gegenstände“ negativ aus. Bei den „Bergmännischen Tätigkeiten“ passierten über 60% der Arbeitsunfälle und die Verletzungen an „Hand, Handgelenk“ waren nicht nur die häufigste Verletzungsart, sondern die UKZ stieg hier in der ersten Phase um 30%.

Es gab zwei große Schwerpunkte bei den technischen Maßnahmen. Zum einen waren es technische Maßnahmen im Umgang mit der zunehmend eingeführten Technik, zum anderen technische Maßnahmen zur sicheren Bearbeitung der Ortsbrust und der Streckenstöße beim Ausbauen und zur Vermeidung von Arbeitsunfällen durch „Stein- und Kohlenfall“.

Die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in der Vorleistung hatten die Zielrichtung, die eingesetzte Technik zu stabilisieren und deren Leistungsfähigkeit zu steigern. Des Weiteren wurden Vorhaben zur Gebirgsmechanik und zum Streckenausbau durchgeführt.

Grundlehrgänge zum Streckenvortrieb waren der Schwerpunkt in der beruflichen Fortbildung.

Phase 2: 1986 bis 2000

Die zweite Phase war geprägt durch den stärksten Rückgang der Gesamtaufahrung und des stärksten Rückgang der Gesteinsstre-

Phase 2: 1986 to 2000

The second phase was marked by the sharpest decline in total drivage figures and the largest drop in stone drifting results. In-line in-seam drivage operations almost ceased entirely. Roadway cross sections became much larger and arch-section roofbolted roadways and rectangular-profile roofbolted roadways were driven in selected cases. Most roadways featured arch supports with full backfilling, while combination support systems were beginning to gain ground. Shotfired drivages were becoming increasingly mechanised. A wide range of different drilling machines and platform systems were also in use. Most loading work was now being done by side-tipping loaders. Mechanised drivages were still highly diversified right up to the beginning of the 1990s and it was during this period that this technology reached its peak in terms of share of total drivage operations. Record performance figures for both mechanised and shotfired drivages were also achieved at the beginning of the 1990s, while the years leading up to the end of this decade witnessed the sharpest decline in mechanised drivage operations. Impact rippers were phased out entirely and full-face roadheading machines were only being deployed in a small number of cases. Bolter miners and the AVSAs (alternative cutting and roofbolting system) were still being used in a few projects.

The increase in roadway cross section called for higher-performance booster fans, roadway coolers and dust extraction systems, all of which were developed during this particular phase.

The period from 1991 to 2000 witnessed a marked improvement in accident performance in the pre-production sector. There was one fatality in the year 2000, which represented an accident rate of 0.02. There was a massive drop in the number of accidents in the > 3 days off-work category, which were down to 5.4, and serious accidents also showed a marked improvement with those in the > 4 week category falling to a figure of 2.9.

During the period 1989 to 1998 the greatest improvement was recorded in the "falling coal and rock" category, with accidents here down 84%. This very positive trend was mostly focused on the "mining activities" sector of operations.

Roadway cross sections had by this time become sufficiently large to accommodate working platforms. The latter were capable of accommodating mobile roadhead support systems. They were also fitted with fall arrester equipment and so provided a safe and secure working area. The machines used for shotfired and mechanised drivage work were provided with standing surfaces and were designed with optimum safety in mind. This resulted in significant improvements in the handling and operation of roadheading machines, which were now well established in the industry. The development of technical measures for pre-production work reached its peak at the beginning of this phase, this helping to support the positive trend in the accident figures.

R&D efforts at this time focused on roadheading technology, roadway supports, rock mechanics and the automation of mechanised drivages. This included, e.g., the development of the slow-drive system, roofbolting platforms and profile steering for selective roadheading machines, as well as the refinement of the AVSA system.

Industrial training themes at this time included quality control and the use of individual machines in shotfired drivages.

ckenauffahrung. Die abbauabhängige Flözstreckenauffahrung wurde bedeutungslos. Die Streckenquerschnitte stiegen stark an. Punktuell wurden bogenförmige Anker- und Ankerrechteckstrecken aufgefahren. Die Strecken wurden vorrangig mit Bogenausbau und Vollhinterfüllung aufgefahren. Die Auffahrung mit Kombiausbau gewann an Bedeutung. Die Sprengvortriebe wurden zunehmend mechanisiert. Die Typenvielfalt der Bohrgeräte und der Bühnentechnik war weiterhin groß. Bei den Ladegeräten hat sich der Seitenkipplader durchgesetzt. Der Maschinenvortrieb war noch bis Anfang der 1990er Jahre breit gefächert und erreichte zu diesem Zeitpunkt den höchsten Anteil an der Gesamtauffahrung. Anfang der 1990er Jahre wurden ebenfalls Spitzenwerte der Auffahrgeschwindigkeiten in den Maschinen- und Sprengvortrieben erreicht. Bis Ende der 1990er Jahre erfolgte der stärkste Rückgang des Maschinenvortriebs. Die Schlagkopfmaschinen liefen aus und die Vollschnittmaschinen waren nur noch in wenigen Auffahrungen eingesetzt. Bolter Miner und die AVSA (Alternatives Vertriebssystem Schneiden und Ankeren) wurden in wenigen Projekten eingesetzt.

Die Steigerung der Streckenquerschnitte erforderten leistungsstärkere Lutzenventilatoren, Streckenkühler und Entstauber, die in dieser Phase entwickelt wurden.

In der Phase von 1991 bis 2000 verbesserte sich das Unfallgeschehen in der Vorleistung sehr stark. Im Jahr 2000 kam es zu einem tödlichen Arbeitsunfall und damit zu einer UKZ von 0,02. Die UKZ > 3 d verringerte sich sehr stark auf einen Wert von 5,4. Auch bei den schweren Arbeitsunfällen kam es zu einer starken Verbesserung, die UKZ > 4 Wochen verringerte sich auf einen Wert von 2,9.

Der Zeitraum der Jahre von 1989 bis 1998 wies beim „Stein- und Kohlenfall“ die stärkste Reduzierung um 84% auf. Insbesondere bei den „Bergmännischen Tätigkeiten“ zeigte sich eine sehr positive Entwicklung.

Die Streckenquerschnitte waren mittlerweile ausreichend groß, um Arbeitsbühnen einzusetzen. Diese konnten Ortsbrustsicherungen aufnehmen. Weiterhin wurden sie mit Absturzsicherungen ausgestattet und boten so eine sichere Arbeitsfläche. Die eingesetzten Maschinen im Spreng- und Maschinenvortrieb wurden mit Standflächen ausgestattet und sicherheitlich optimiert. Der Umgang mit den mittlerweile etablierten Vortriebsmaschinen konnte so entscheidend verbessert werden. Die Entwicklung der technischen Maßnahmen in der Vorleistung hatte zu Beginn dieser Phase einen Höhepunkt, wodurch die positive Unfallentwicklung unterstützt wurde.

Forschung und Entwicklung wurde in dieser Phase in den Themen Vortriebstechnik, Streckenausbau, Gebirgsmechanik und auch zur Automatisierung im maschinellen Vortrieb betrieben. Die Entwicklung des Langsamantriebs, der Ankerplattform und der Profilsteuerung für die Teilschnittmaschinen oder auch die Entwicklung der AVSA gehörten beispielhaft dazu.

Schulungen zur Qualitätssicherung und zu einzelnen Vortriebsgeräten im Sprengvortrieb wurden innerhalb der beruflichen Fortbildung durchgeführt.

Phase 3: ab 2001

In der dritten Phase fiel die Gesamtauffahrung weiter und der Gesamtaufwand erreichte den niedrigsten Wert. Nach dem Jahr

Phase 3: from 2001

The third phase witnessed a further decline in total drivage results and total outlay in this sector fell to its lowest ever level. After 2005 some 90% of all development roads were being driven in-seam. Roadway cross sections continued to increase and by 2010 figures for the volume of excavated material had seen the sharpest ever increase in the gate road sector, where roadways were now primarily being driven with combination-type supports. Roadheading techniques for shotfired and mechanised

2005 wurden 90% der Strecken im Flöz aufgefahren. Die Streckenquerschnitte stiegen weiter und das Ausbruchsvolumen erreichte bis zum Jahr 2010 den stärksten Anstieg in den Abbaustrecken, die nun vorrangig mit Kombiausbau aufgefahren wurden. Die Vortriebsverfahren im Spreng- und Maschinenvortrieb wurden einschließlich der Anpassung an die Ankertechnik standardisiert. Die Typenvielfalt im Maschinenvortrieb sank rapide. Nach Auslauf der Vollschnittmaschinen, Bolter Miner und mittelschweren Teilschnittmaschinen wurden nur noch schwere

Zeitraum	Entwicklungsphasen	Entwicklung
1969–1985	Verfahrensentwicklung	Auslauf der Continuous Miner, Einführung der Vollschnitt- und Teilschnittmaschinen, hauptsächlich Bogenausbaus mit Handsteinverzug, Entwicklung der hydromechanische Baustoffverarbeitung zum Hinterfüllen des Streckenausbaus.
	Leistungsentwicklung	Einziges Anstieg der Gesamtaufahrung von 1979–1982, steter Anstieg der Auffahrgeschwindigkeit und des Ausbruchvolumens in der Abbau-, und Gesteinsstreckenauffahrung.
	Technikentwicklung, Typentwicklung	Mechanisierung im Sprengvortrieb. Große Typenvielfalt der eingesetzten Vortriebsgeräte. Abschluss der technischen Entwicklung im Sprengvortrieb hinsichtlich Funktionsvielfalt und Leistungsfähigkeit Mitte der 1980er Jahre, Vollschnittmaschinen, Teilschnittmaschinen sowie Schlagkopfmotoren und Kurzfront-Rechteckmaschinen im Maschinenvortrieb. Inbetriebnahme der schweren Teilschnittmaschinen Anfang der 1980er Jahre, und Mechanisierung der Ausbaurbeit als wesentlicher Entwicklungsschritt hinsichtlich Funktionsvielfalt und Leistungsfähigkeit.
	Technikentwicklung in der Grubensicherheit	Inbetriebnahme leistungsstärkerer Lutzenventilatoren und größerer Lutzen für die Bewetterung und die Entwicklung von Nass-, und Trockenentstaubern für die Staubbekämpfung.
	Unfallentwicklung	Starke Verringerung bei den tödlichen Arbeitsunfällen. Starker Anstieg bei der UKZ > 3 d. Anstieg bei der UKZ > 4 Wochen. Starke Reduzierung bei „Stein- und Kohlenfall“, die anderen Unfallkennziffern verschlechtern sich. Starker Anstieg bei „Absturz, Ausgleiten, Stolpern“.
	Forschung- und Entwicklung	Forschung und Entwicklung zur Stabilisierung und Leistungssteigerung der eingesetzten Technik, Gebirgsmechanik, Streckenausbau. Forschung zu alternativen Vortriebstechniken.
	Berufliche Fortbildung	Grundlehrgang Streckenvortrieb.
1986–2000	Verfahrensentwicklung	Auslauf der abbauabhängigen Flözstreckenauffahrung, vorrangig Bogenausbau mit Vollhinterfüllung, Bedeutung des Kombiausbaus nimmt zu, punktuelle Auffahrung bogenförmiger Ankerstrecken und Ankerrechteckstrecken. Auslaufen der Schlagkopfmotoren und Vollschnittmaschinen, Einsatz von Bolter Miner und AVSA in wenigen Projekten. Ende der 1990er Jahre stärkster Rückgang des Maschinenvortriebs.
	Leistungsentwicklung	Starker Anstieg der Streckenquerschnitte und stärkster Rückgang der Gesamtaufahrung und der Gesteinsstreckenauffahrung. Spitzenwerte der Auffahrgeschwindigkeiten in den Maschinen-, und Sprengvortrieben.
	Technikentwicklung, Typentwicklung	Zunehmende Mechanisierung der Sprengvortriebe, große Typenvielfalt der Bohrgeräte und der Bühnentechnik. Seitenkipplader als Ladegerät durchgesetzt. Breit gefächelter Maschinenvortrieb bis Anfang der 1990er Jahre.
	Technikentwicklung in der Grubensicherheit	Leistungsstärkere Lutzenventilatoren, Streckenkühler und Entstauber.
	Unfallentwicklung	Ein tödlicher Arbeitsunfall in 2000. Sehr starke Verringerung bei der UKZ > 3 d. Sehr starke Verringerung bei der UKZ > 4 Wochen. Starke Reduzierung der UKZ > 3 d bei allen Unfallursachen.
	Forschung- und Entwicklung	Forschung und Entwicklung in den Themen Vortriebstechnik, Streckenausbau, Gebirgsmechanik und Automatisierung im maschinellen Vortrieb.
	Berufliche Fortbildung	Schulungen zur Qualitätssicherung und zu einzelnen Vortriebsgeräten.
ab 2001	Verfahrensentwicklung	Vorrangig Kombiausbau in den Abbaustrecken, Auslauf der Vollschnittmaschinen, Bolter Miner und mittelschweren Teilschnittmaschinen, standardisierte Vortriebsverfahren.
	Leistungsentwicklung	Weiterer Abfall der Gesamtaufahrung und des Gesamtaufwands, 90% der Strecken werden im Flöz aufgefahren. Weiterer Anstieg der Streckenquerschnitte und des Ausbruchvolumens. Standardisierung im Spreng-, und Maschinenvortrieb. Sinkende Typenvielfalt im Maschinenvortrieb.
	Technikentwicklung, Typentwicklung	Schwere Teilschnittmaschinen mit teilautomatisiertem Schneidvorgang.
	Technikentwicklung in der Grubensicherheit	Standardisierung und Detailverbesserung der Streckenkühler, Bedüsungseinrichtungen und Entstauber.
	Unfallentwicklung	Die Unfallkennziffern verringerten sich langsamer und stabilisierten sich auf einem niedrigen Niveau. In 2015 waren alle Unfallkennziffern auf o. Alle Kennziffern verringern sich. Es kommt zu einer Stabilisierung auf sehr niedrigem Niveau.
	Forschung- und Entwicklung	Forschung und Entwicklung zur Teilautomatisierung der Teilschnittmaschinen, Ausbautechnik, Streckenausbau und Gebirgsmechanik.
	Berufliche Fortbildung	Schulungen zur Streckenqualität, Ankerbau, Baustoffverarbeitung und zu Teilschnittmaschinen und Sprengvortrieb.

Table 6. Overview of key development phases in the pre-production sector. // Tabelle 6. Übersicht der wesentlichen Entwicklungsphasen in der Vorleistung.

drivages were standardised, this including adaptation to roofbolting technology. Type diversity in the mechanised drilage sector rapidly declined. The disappearance of the full-face machines, bolter miners and medium-duty selective-cut roadheaders just left the heavy-duty roadheading machines in service and a part-automated cycle was developed for their cutting operations.

In the mine safety department some standardisation and detail improvements were additionally applied to technical equipment such as roadway coolers, water spray systems and dust extraction units.

The third phase from 2000 to 2015 saw a somewhat slower improvement in the accident rates and figures then stabilised at a very low level. In 2015 accident figures for this category reached the zero mark with very few pre-production operations of this kind being carried out.

Technical activities focused on the use of remote control systems for the machines, which would allow operators to keep well away from the danger zone. An important milestone was the development of technical measures to provide active roadhead support by means of rockbolting. The hazards presented by "falling coal and rock" were therefore further reduced and subsequently eliminated entirely.

The introduction of the part-automated cutting cycle on selective-cut roadheaders marked the end of research in the field of mechanised roadway drivages. Research into support technology, roadway supports and rock mechanics continued until 2011.

Industrial training in this sector of operations was focused primarily on roadway quality, rockbolt support systems and the processing of building materials, as well as on roadheading machines and shotfired drilage technology.

Developments in the pre-production sector are reviewed in table 6.

4 Logistics

4.1 Developments in logistical operations

The following summary view of technical advances in the field of logistics presents some selected aspects of the progress made in this area along with the machines and equipment that were developed and the relevant operational data.

The remit of a colliery's material transport services is to supply the workplaces with the quantities of material they need in the required quality and at the right time. In 1969 only the colliery's own scheduling structures were available for the medium- and short-term planning of material transport operations. At that time there was no integrated perspective of materials transport as part of an entire logistics chain, comprising

- the provision of material at the colliery surface;
- transport below ground;
- distribution to the underground destinations;
- the uptake of scrap material and its return to the surface; and
- the cross-transfer of materials between workplaces.

Back then collieries would use rail-bound systems to transport the materials from the shaft bottom to the district rail points via a series of central transport sections. Ongoing transport to the workplace would then be undertaken by the end-user. Depending on the organisational structure some collieries would have loco-

Teilschnittmaschinen eingesetzt, für deren Schneidvorgang ein teilautomatisierter Ablauf realisiert wurde.

In der Grubensicherheit erfolgte ebenfalls eine Standardisierung und Detailverbesserung der technischen Einrichtungen, beispielsweise der Streckenkühler, Bedüsungseinrichtungen und Entstauber.

In der dritten Phase der Jahre von 2000 bis 2015 verbesserte sich das Unfallgeschehen etwas langsamer und stabilisierte sich auf einem sehr niedrigen Niveau. Im Jahr 2015 erreichten alle UKZ bei geringem Vorleistungsvolumen den Wert Null.

Die technischen Maßnahmen hatten den Schwerpunkt „Fernbedienbarkeit“ von Maschinen, damit die Mitarbeiter sich weiter aus dem Gefahrenbereich entfernen konnten und ein wichtiger Meilenstein war die Entwicklung der technischen Maßnahmen zur aktiven Ortsbrustsicherung durch Ankertechnik. Die Gefährdung durch „Stein- und Kohlenfall“ konnte hierdurch weiter verringert und schließlich eliminiert werden.

Die Einführung des teilautomatisierten Schneidablaufs an Teilschnittmaschinen war der Abschluss der Forschung zum maschinellen Vortrieb. Forschung zur Ausbautechnik, Streckenausbau und Gebirgsmechanik wurden bis zum Jahr 2011 durchgeführt.

Innerhalb der beruflichen Fortbildung wurden vorrangig Schulungen zur Streckenqualität, Ankerausbau, Baustoffverarbeitung und zu Teilschnittmaschinen sowie zum Sprengvortrieb durchgeführt.

Die Entwicklung der Vorleistung im Überblick zeigt Tabelle 6.

4 Logistik

4.1 Entwicklung in der Logistik

Die nachfolgende Zusammenfassung der technischen Entwicklung in der Logistik beschreibt auszugswise neben der Entwicklung der eingesetzten Maschinen und der betrieblichen Kennzahlen die Entwicklungsschritte in der Logistik.

Die Aufgabe des Materialtransports auf einem Bergwerk besteht darin, die jeweiligen Betriebspunkte mit dem dort angeforderten Material zum erforderlichen Zeitpunkt in der benötigten Menge und Qualität zu beliefern. Für die mittelfristige und kurzfristige Planung des Materialtransports standen dafür im Jahr 1969 ausschließlich bergwerksspezifische Planungsstrukturen zur Verfügung. Eine ganzheitliche Sichtweise des Materialtransports als Bestandteil einer gesamten Logistikkette, bestehend aus

- übertägiger Bereitstellung von Material,
- Transport in die Grube,
- Verteilung in der Grube,
- Aufnahme Rücklaufmaterial und Rücklieferung nach über Tage und
- Quertransport von Materialien zwischen den Betriebspunkten gab es zu diesem Zeitpunkt noch nicht.

In der Regel erfolgte damals auf den Bergwerken der gleisgebundene Transport des Materials vom Schacht bis zu den Revierbahnhöfen durch zentrale Transportreviere. Der Weitertransport nach vor Ort wurde durch die Kunden selbst durchgeführt. Je nach Organisationsstruktur gab es Bergwerke, auf denen jedes Revier eigene Lokfahrer hatte, die das Material vom Füllort bis zur Verbrauchsstelle in Eigenregie transportierten. Somit war eine übergreifende durchgängige Planung aller Materialtransporte des Bergwerks

tive drivers attached to each individual district and they would be responsible of their own accord for transporting materials from the pit bottom to the point of use. This effectively meant that it was not possible to undertake any kind of comprehensive or integrated planning of all the colliery's material transport requirements. Such scheduling was necessarily restricted to sub-areas and moreover was very much dependent on the personnel involved.

However, by the early 1970s a number of individual mines were creating the conditions for a materials provisioning system in the form of an integrated logistics chain that would serve as a standard benchmark for the organisation. This was intended to ensure a seamless flow of information between all the relevant stations so that the type, quantity and location of the materials concerned could be identified at any time. Monthly delivery plans, which would apply until such time as specific operational changes took effect, were drawn up for the supply of regular materials to the workplaces. Transport capacity scheduling meant that the cargo lists could be adapted according to the stock declarations issued from below ground.

The delivery plans included the following information:

- recipient;
- position in the rail sidings;
- transport time in the shaft;
- latest time of delivery at the end of the level transport route;
- transport time on floor-level or overhead monorail system and essentially took the form of a timetable. At the surface the materials would be assembled at the rail sidings according to their transloading points.

The introduction of the first data processing systems in the mid-1980s created the initial parameters for structured planning and transparency in the materials transport sector. For one thing, the procurement information system (PIS) meant that the first steps could be taken towards supporting the loading process by way of electronic cargo lists or manifests. Moreover, various material tracking systems were also developed, including the MAFI material-flow tracking and information system and the MASI system for scheduling materials and transport units and monitoring stock levels and materials usage. The aim of these systems was to provide support for warehousing, loading and transport operations and to enable material flow tracking of the transport units.

The TLS transport logistics system, which was developed in collaboration with the Berlin University of Technology, differed from the above in that it was designed for PC use, thereby making the entire operation easier and more user-friendly.

At the end of the 1980s RAG introduced their MAVOS materials procurement system and this was to become the standard operating system throughout the industry.

The importance of logistics as an integrated system became an increasing focus of attention. In 1990 it was being emphasised that logistics should be based on a comprehensive strategic approach that included planning, management and control and that all employees should perform their logistical tasks in accordance with a uniform set of procedures and systems.

In 2000 the introduction of SAP software for all RAG's main operating processes constituted a major step towards the im-

nicht möglich. Die Transportplanung war auf Teilbereiche beschränkt und stark von den handelnden Personen abhängig.

Einzelne Bergwerke setzten jedoch bereits Anfang der 1970er Jahre die Bedingungen, die an eine Materialversorgung im Sinn einer ganzheitlichen Logistikkette geknüpft sind, als Maßstab für ihre Organisation. Dabei sollte ein lückenloser Informationsfluss zwischen allen beteiligten Stellen sichergestellt werden, sodass jederzeit Materialart, Menge und Standort festgestellt werden konnten. Für die Materialversorgung der Betriebe mit Regelmateriale wurden monatsweise Anlieferpläne aufgestellt, die bis zum Zeitpunkt besonderer Betriebsveränderungen galten. Durch die Transportraumdisposition wurden die Ladelisten entsprechend den Bestandsmeldungen von unter Tage angepasst.

Die Anlieferpläne enthielten die Punkte

- Adressat,
- Aufstellung in der Gleisharfe,
- Transportzeit im Schacht,
- späteste Zustellung zum Endpunkt der horizontalen Förderung,
- Transportzeit auf Flurfördermittel- bzw. Einschienenhängebahn (EHB)

und waren vergleichbar mit einem Fahrplan. Über Tage erfolgte die Aufstellung in einer Gleisharfe nach Umschlagpunkten geordnet.

Mit Einführung der ersten Datenverarbeitungssysteme Mitte der 1980er Jahre wurden die ersten Grundlagen für eine strukturierte Planung sowie Transparenz des Materialtransports gelegt. Zum einen wurden mit dem Beschaffungs-Informationssystem (BIS) erste Schritte zur Unterstützung des Verladeprozesses in Form von elektronischen Ladelisten eingeleitet. Ferner wurden verschiedene Materialverfolgungssysteme, wie das Materialflussverfolgungs-Informationssystem „MAFI“ und das System „MASI“ zur Material- und Transporteinheitendisposition sowie zur Transporteinheitenbestands- und -einsatzüberwachung entwickelt. Zu den Zielen dieser Systeme gehörten die Unterstützung der Lager-, Verlade- und Transportabwicklung sowie die Materialflussverfolgung der Transporteinheiten.

Das Transport-Logistik-System „TLS“, das in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität (TU) Berlin entwickelt wurde, war im Gegensatz zu den oben genannten Anwendungen für den PC-Einsatz konzipiert, sodass die Möglichkeit bestand, die Handhabung einfach und benutzerfreundlich zu gestalten.

Ende der 1980er Jahre wurde bei der RAG mit dem Materialversorgungssystem „MAVOS“ für alle Bergwerke ein einheitliches System eingeführt.

Die Bedeutung der Logistik als ganzheitliches System rückte zunehmend in den Fokus. So wurde im Jahr 1990 betont, dass die Logistik einen ganzheitlichen, die Planung, Steuerung und Kontrolle umfassenden strategischen Denkansatz beinhalten sollte. Jeder Mitarbeiter sollte seine logistischen Aufgaben nach einheitlichen Abläufen und Systemen abwickeln.

Mit der Einführung von SAP für alle wesentlichen Prozesse der RAG im Jahr 2000 erfolgte ein wesentlicher Schritt in Richtung einer ganzheitlichen Planung. Alle Prozesse wurden in einem System geplant, die darin abgelegten Daten konnten gemeinsam genutzt werden. Aus den jeweiligen Planungen der einzelnen

plementation of a fully integrated planning regime. Each process was planned and scheduled in one system and the data contained therein could be used in a shared way. The plans drawn up for the individual processes resulted in the creation of network maps, production orders and maintenance instructions that also contained parts lists of the materials required. These lists provided the underlying data for the types and quantities of material needed in chronological assignment.

From 2003 on the entire logistical process operated by RAG came under the scrutiny of the monitoring project "Analysis of the logistics chain" whose remit was to analyse every one of the sub-processes involved. This included planning, the ordering and warehousing of materials, the loading and transport operations and the return flows. The processes in question were then restructured as part of the follow-up project "Optimisation of the logistics chain". The control centres for product delivery and transport were set up to operate as sub-process monitoring systems.

The materials transport infrastructure comprises rail- and track-bound transport equipment, free-steered vehicles and pipe conveying systems. The underground conveying equipment includes both mine-car transport systems and belt conveyor installations. During this period very few modifications were made to the track-bound equipment, comprising locomotives, manriding cars and mine cars, containers and track systems. The tub haulage equipment also remained relatively unchanged. Trackless technology was temporarily introduced at a few collieries. The following description of the materials transport and product conveying equipment will therefore focus only on the rail-bound transport systems and belt conveyor installations. Pipeline conveying systems, which were mainly used for transporting building materials in order to free up the track-bound transport circuit, will not be considered further at this point.

The key research and development projects and the logistics training programme will also be examined and a final overview of developments in the logistics sector will in addition present the main technical measures that were introduced in order to improve the protection in place for personnel engaged in materials handling and transport.

The outward expansion of the mine workings and the increase in winning depth posed huge challenges for the underground logistics sector. The take-over of working sections from closed collieries, the reorganisation of production areas as a result of mine mergers, the development of connecting districts and the increasing depth of the workings in general resulted in a shift in focal production points and, more particularly, in significant alterations in the colliery infrastructure as the coal winning capacity increased. While some new coal winding facilities were built, the usual approach was to continue to use the existing mine shafts and coal preparation plants. In order to do this it was necessary to upgrade the installations in order to increase the capacity of the winding systems. This meant installing larger shaft conveyances, constructing underground bunker systems and switching to larger-capacity mine cars and higher-performance belt conveyor installations. Mineral conveying distances became longer as the focus of coal production moved to the connecting districts and workings moved to deeper levels. While this process should in principle have had a similar impact on manriding and materials transport distances, in fact, where existing or newly constructed mine shafts could be

Prozesse resultierten sogenannte Netzpläne, Fertigungsaufträge oder Instandhaltungsaufträge, die immer auch eine Stückliste von benötigten Materialien enthielten. Die dort erzeugten Listen waren Datengrundlage für die benötigten Materialarten- und -mengen in der zeitlichen Zuordnung.

Ab dem Jahr 2003 wurde der gesamte logistische Prozess bei der RAG durch das Projekt „Analyse der gesamten Logistikkette“ untersucht. Dabei wurden alle Teilprozesse, beginnend mit der Planung, der Bestellung und Lagerhaltung der Materialien sowie der Verladung und des Transports einschließlich des Rücklaufs, analysiert. Anschließend wurden die jeweiligen Prozesse in einem Projekt der „Optimierung der gesamten Logistikkette“ neu aufgestellt. Die Produktförderungs- und Transportleitwarten wurden als Teilprozessleitwarten implementiert.

Die Materialtransporttechnik umfasst die schienen- und gleisgebundenen Transportanlagen, die Gleislostechnik und die Rohrförderung. Die Produktfördertechnik ist unterteilt in die Wagenförderung und die Gurtförderung. Die gleisgebundenen Transportanlagen mit den Lokomotiven, Personen- und Transportwagen, Behältern und Gleisanlagen veränderten sich im Betrachtungszeitraum nur geringfügig. Gleiches gilt für die Wagenförderung. Die Gleislostechnik wurde auf wenigen Bergwerken zeitlich begrenzt eingesetzt. Daher beschränkt sich die nachfolgende Beschreibung der Materialtransport- und Produktfördertechnik auf die Darstellung der schienengebundenen Transportanlagen sowie der Gurtförderanlagen. Die Rohrförderung, mit der insbesondere beim Baustofftransport die schienen- und gleisgebundenen Transportanlagen entlastet wurden, wird an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

Ergänzend werden die wesentlichen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und die berufliche Fortbildung in der Logistik betrachtet. Der abschließende Überblick zur Entwicklung der Logistik beinhaltet auch die jeweiligen logistikrelevanten Entwicklungsschritte der technischen Maßnahmen zum Arbeitsschutz im Materialtransport.

Die Logistik unter Tage wurde durch die flächige Entwicklung des Steinkohlenbergbaus und die Zunahme der Gewinnungstiefe vor erhebliche Herausforderungen gestellt. Die Übernahme von Lagerstättenteilen stillgelegter Bergwerke, die Neuordnung der Abbaufelder durch Verbundmaßnahmen, das Erschließen von Anschlussfeldern und die Entwicklung in die Teufe führte auf den Bergwerken zur Verlagerung der Abbauschwerpunkte und insbesondere bei gleichzeitiger Erhöhung der Förderkapazität auch zu deutlichen Veränderungen in der Infrastruktur der Bergwerke. Neben wenigen neu errichteten Förderstandorten wurden in der Regel die vorhandenen Förderschächte und Aufbereitungsanlagen weiter genutzt. Dazu waren Umbauten zur Kapazitätserhöhung der Förderanlagen, wie beispielsweise der Einbau größerer Fördergefäße im Förderschacht, die Errichtung untertägiger Bunkeranlagen und die Verwendung größerer Förderwagen oder leistungsstärkerer Gurtförderanlagen notwendig. Die Förderwege wurden durch die Verlagerung der Abbauschwerpunkte in die Anschlussfelder und in die Teufe länger. Gleiches galt im Prinzip auch für die Weglängen der Personförderung und des Materialtransports. Sofern vorhandene oder neu geteufte Außenschächte zur Seilfahrt und zum Materialtransport genutzt werden konnten, waren die Auswirkungen der Abbauverlagerung im Vergleich zur Produktförderung geringer.

used for transporting personnel and materials the logistics sector tended to be less affected than coal winning operations by the re-location of the production districts.

As the workings moved to deeper levels many collieries switched away from the conventional system of horizon mining and began to develop hybrid systems based around staple shafts, inclined stone drifts and in-seam development drivages. This meant a gradual increase in the number of inclined stone drivages and in-seam development roadways, which led to fundamental changes for the product conveying, manriding and materials transport systems. The construction of inclined access roads resulted in a decline in mine-car haulage systems in favour of belt conveyor installations. This new type of underground layout also provided the conditions for an uninterrupted flow of coal and materials. However it also called for increasingly powerful conveyor systems and transport equipment. The outlay on product conveying and on manriding and materials transport was a function of the size of the colliery take and its horizontal and vertical extension. The distance between the manned workplaces and the coal winding, man winding and materials transport shafts determined the level of expenditure on the mine logistical operations. The latter were in turn affected by the state of maintenance of the roadways, the existing infrastructure and the available roadway cross-sections. Mutual interference was always a factor, especially in roadways in which belt conveyors, rail-bound transport equipment and manriding systems were all in operation at the same time. As the mine workings located to deeper levels the increasing rates of convergence could result in a loss of cross-section and in floor-lift problems along the transport

Mit der Verlagerung des Abbaus in die Teufe erfolgte auf zahlreichen Bergwerken die Abkehr von der klassischen Sohlenausrichtung und es entstanden Mischformen von Blindschacht-, Gesteinsberg- und flözgeführter Ausrichtung. Dabei stieg der Anteil der gesteinsberg- und flözgeführten Ausrichtung stetig an. Für die Produktförderung und für den Personen- und Materialtransport ergaben sich dadurch grundlegende Veränderungen. Die Ausrichtung über geneigte Grubenbaue führte zum Rückgang der Wagenförderung zugunsten der Gurtbandförderung. Gleichzeitig ermöglichte dieser Zuschnitt eine unterbrechungsfreie Produkt- und Materialförderung. Er erforderte allerdings leistungsstärkere Gurtförderanlagen und Transporteinrichtungen. Die Aufwendungen für die Produktförderung sowie den Material- und Personentransport ergaben sich aus der Größe des Grubenfelds und dessen söhlig- und seigeren Erstreckung. Die Entfernung der Förder-, Seilfahrt-, und Materialschächte zu den belegten Betriebspunkten bestimmten den Aufwand für die Logistik, der darüber hinaus durch den Erhaltungszustand der Sohlen, die vorhandenen Zuschnittelemente und die verfügbaren Streckenquerschnitte beeinflusst wurde. Insbesondere in Strecken, in denen beispielsweise gleichzeitig Gurtförderer, schienegebundener Transport und Personenführung betrieben wurde, konnte es zu einer gegenseitigen Behinderung kommen. Mit der Entwicklung des Abbaus in die Teufe führte die zunehmende Konvergenz zu Querschnittsverlusten und Sohlenhebungen in den Transportwegen. Das betraf sowohl die Abbaubegleitstrecken als auch die Ausrichtungsstrecken, die zudem auch durch innere Bergschäden beeinträchtigt wurden. Die Vergrößerung

Eigenschaften				Fördermittel										
++ sehr geeignet		bedingt nur mit Zusatzausst.		Bahn- betrieb	Gurt- förderer	Hängebahnen			Flurtransport		Gleislos Fahrzeuge		Sessellift	
+ geeignet		- wenig geeignet				Seil	Diesel	Akku	Seil	Diesel	Diesel	Akku		
0 Bedingt geeignet		-- gravierende Mängel												
Räumliche Einsatzmöglich- keiten	Neigung	söhlig		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	
		geneigt	aufwärts		++	++	+	0	++	+	++	++	++	
			abwärts		++	++	++	+	++	++	++	++	++	
		seiger	aufwärts											
	abwärts													
	Kurven- gängigkeit	horizontal			++		++	++	++	++	++	++	++	++
räumlich						++	++	++	++	++	++	++	++	
Betriebsweise	Linien- betrieb	schachtwärts	Massengut		++	++								
			Material		++	++	++	++	++	++	++	++		
			Personen		++	++	+	+	+	++	+	+	++	
		feldwärts	Massengut		++	bedingt								
			Material		++		++	++	++	++	++	++	++	
			Personen		++	++	+	+	+	++	+	+	+	++
	Beide Richtungen	Massengut		++	bedingt									
		Material		++		++	++	++	++	++	++	++		
		Personen		++	++	+	+	+	++	+	++	++	++	
	Netzbetrieb				++			++	++		++	+	+	
Eignung zum Puffern / Bunkern				++										
Eignungszweck	verschiedenes Material gleichzeitig			++		+	+	+	+	+	+	+		
	Massengut und Personen			++	++									
	Massengut und Material			++										
	Massengut, Material und Personen			++										
	Personen			++	++	+	+	+	++	+	+	+	++	
Transportgeschwindigkeit		[m/s]		> 4 m/s	> 2,5 m/s	2,0 m/s	2,0 m/s	2,0 m/s	2,0 m/s				2,0 m/s	
Kapazität	Groß			++	++	0	+	0	+	0	+	+	++	
	unabhängig vom Förderweg			++	++	--	--	--	--	--	--	--	++	

Fig. 6. System-specific characteristics and assessment of different transport solutions.

Bild 6. Systemimmanente Eigenschaften und Bewertung von verschiedenen Transportmitteln.

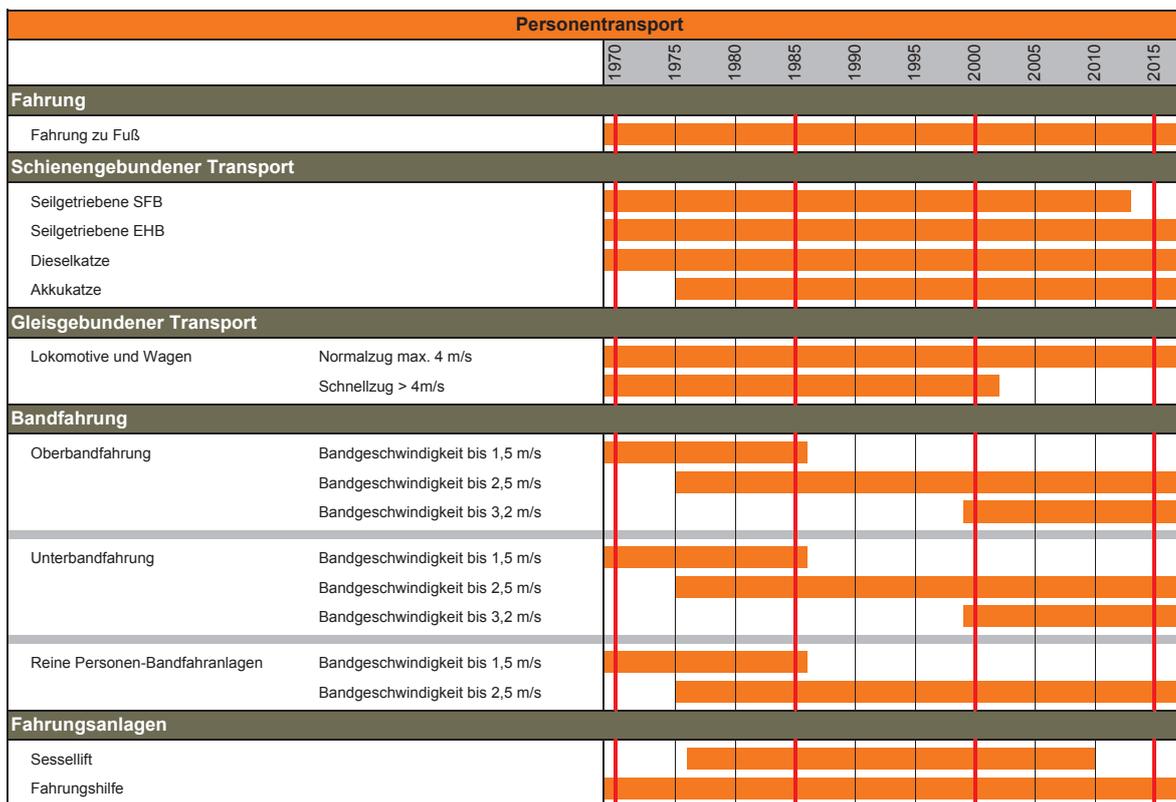


Fig. 7. Chronological overview of personnel transport systems. // Bild 7. Zeitliche Übersicht des Personentransports.

routes. This compromised both the gate roads and the development drivages, the latter also being adversely affected by internal subsidence damage. In order to counteract this the mine operators took measures to increase the roadway cross-sections and change the type of support systems used in both the main infrastructure roads and the gate roads. Moves were also made to switch from floor-mounted transport systems to overhead monorail installations and appropriate transport concepts had to be developed to cope with the substantial increase in payload weights.

One vital point to consider when selecting a particular transport solution was the interaction between the mine layout and the type of transport equipment to be installed. This first meant examining and evaluating the inherent characteristics of individual systems. Figure 6 presents an overview of the technical characteristics along with an assessment of the different transport systems available.

Figure 7 shows the transport and manriding systems as they were developed over time. Mineworkers have always had to travel some of the way on foot, though this option has been less frequently used over the years and the distances covered have declined significantly. Even when RAG was first established the coal industry was already employing equipment to aid those travelling on foot and these systems continue to be in regular use. Mineworkers were being transported by rope-hauled floor-rail and overhead monorail systems back in the 1970s. One of these manriding options eventually disappeared when floor-rail systems were phased out in 2012. A high proportion of manriding is now done by belt conveyor. First introduced in 1969 with belts operating at a speed of 1 m/s these installations have now become an established feature of personnel transport operations, with travelling speeds of up to 3.2 m/s now commonplace.

der Streckenquerschnitte, die veränderten Streckenausbausysteme sowohl in den Zuschnittsstrecken als auch in den Abbaubegleitstrecken und der Wechsel vom sohlengeführten Transport hin zum Transport an aufgehängten Schienen wirkten dem entgegen. Nicht zuletzt die deutliche Zunahme der zu transportierenden Gewichte erforderte entsprechende Transportkonzepte.

Grundsätzlich war bei der Auswahl der Transportsysteme zu beachten, dass es eine Wechselwirkung zwischen dem Zuschnitt eines Bergwerks und der Auswahl der geeigneten Transportmittel gab. Dabei waren zunächst die systemimmanenten Eigenschaften der einzelnen Transportmittel zu betrachten und zu bewerten. Bild 6 zeigt eine Übersicht der Eigenschaften und die Bewertung von verschiedenen Transportmitteln.

Bild 7 zeigt die Beförderungs- bzw. Fahrmittel im zeitlichen Verlauf. Die Fahrung zu Fuß hat immer stattgefunden, jedoch haben der Anteil und die zurückgelegten Distanzen deutlich abgenommen. Fahrhilfen für die Fahrung zu Fuß gab es bereits bei der Gründung der RAG. Sie wurden immer wieder eingesetzt. Mit seilgebundenen Schienenflurbahnen (SFB) und Einschienehängbahnen (EHB) wurden bereits in den 1970er Jahren Personen transportiert. Mit Einstellung der Schienenflurbahnen im Jahr 2012 entfiel diese Personenfahrt. Einen großen Anteil hatte die Bandfahrt, die seit ihrer Einführung bereits im Jahr 1969 mit Bandgeschwindigkeiten von 1 m/s stattfand und mit Geschwindigkeiten von bis zu 3,2 m/s fester Bestandteil der Personenfahrung war.

Lokomotiven mit Personenwagen zur Beförderung der Mitarbeiter fuhren ebenfalls seit den 1970er Jahren bis heute. Zunächst erfolgte diese Beförderung im Normalverkehr mit 4 m/s Fahrgeschwindigkeit. Bereits im Jahr 1969 gab es jedoch einen Perso-

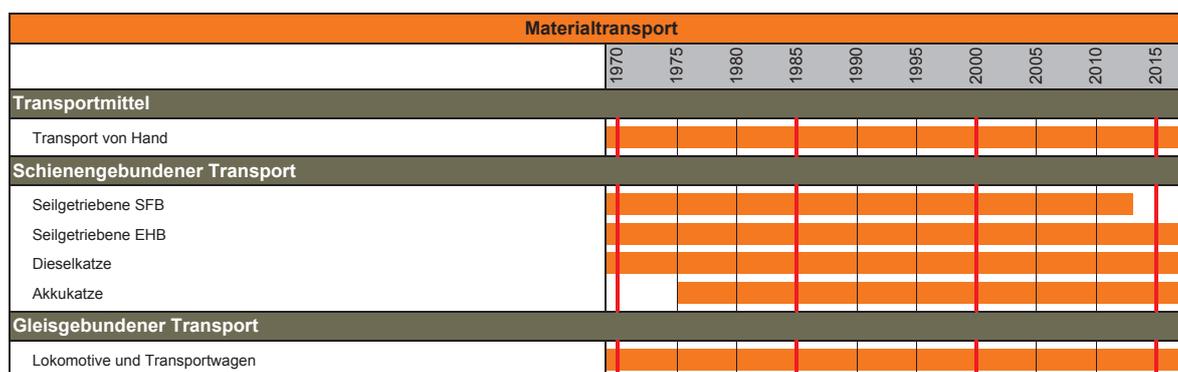


Fig. 8. Chronological overview of material transport systems. // Bild 8. Zeitliche Übersicht des Materialtransports.

Locomotives hauling manriding cars have been used for personnel transport purposes since the 1970s and are still in operation to this day. These manriding trains initially operated at standard travel speeds of 4 m/s. However, Waltrop colliery was operating high-speed manriding trains running at 7,8 m/s as early as 1969. After this a number of collieries installed high-speed tracks as and when this proved appropriate. The last of these high-speed manriders was retired from service at Niederberg colliery in 2002.

The chair-lift manriding system was introduced around 1976 and remained in operation until the year 2009.

When RAG was founded most colliery materials were being transported by means of rope-hauled floor-rail and overhead monorail installations. Hand tramming was still also widely used. However, the gradual introduction of efficient transport systems throughout the industry led to a steady decline in manual handling operations. Rope-hauled transport systems were being increasingly superseded with the introduction of self-propelled overhead monorail installations. The latter, which were initially diesel powered, were then further developed in the form of battery-powered trolley systems from the mid-1970s on. It was clear that the traditional track-bound materials transport systems, with their locos and mine cars, were under pressure from every quarter. Figure 8 presents the typical materials transport solutions being used by the coal industry at specific points in time.

In the early years of the mining industry most of the coal was transported by tub haulage. However, the number of belt conveyor installations in service continued to increase and by the mid-1990s these systems had largely replaced the haulage tubs and mine cars. This development was accelerated by the increasing prevalence of stone drifts and in-seam drivages and the abandonment of the older mine levels with their outdated transport and conveying systems, but also by the impact of increasing face concentration (Figure 9).

nenschnellzugverkehr auf dem Bergwerk Waltrop mit Fahrgeschwindigkeiten von 7,8 m/s. Danach wurden auf verschiedenen Bergwerken anlassbezogen Schnellfahrstrecken eingerichtet. Auf dem Bergwerk Niederberg wurde im Jahr 2002 der letzte Personenschnellzug in den Ruhestand versetzt.

Das Fahrungsmitel Sessellift wurde etwa ab dem Jahr 1976 eingeführt und bis 2009 betrieben.

Die Transportmittel des Materialtransports waren bei Gründung der RAG überwiegend seilgetriebene Systeme von SFB und EHB. Der Transport von Hand war noch weit verbreitet. Mit Fortschreiten der Einführung von effizienten Transportmitteln nahm der Anteil des Transports von Hand kontinuierlich ab. Die seilgetriebenen Systeme wurden nach der Einführung von eigenangetriebenen EHB in Form von Diesel- und etwa ab Mitte der 1970er Jahre Akkukatzen ständig weiter verdrängt. Der gleisgebundene Materialtransport mit Lokomotiven und Transportwagen war durchgängig beaufschlagt. Bild 8 zeigt die repräsentativen Materialtransportmittel in den jeweiligen Zeitschnitten.

In der Produktförderung war die Wagenförderung zunächst weit verbreitet. Die Anzahl der Gurtförderanlagen stieg kontinuierlich und verdrängte ab Mitte der 1990er Jahre die Wagenförderung. Die zunehmend gesteinsberg- und flözgeführte Ausrichtung und die Aufgabe älterer Sohlen mit alten Transport- und Förderkonzepten, aber auch der Einfluss der Betriebspunktkonzentration beschleunigten diese Entwicklung (Bild 9).

4.2 Betriebliche Kennzahlen der Logistik

Die Entwicklung der Logistik vollzog sich in vier Phasen:

- Phase 1: 1969 bis 1980
- Phase 2: 1981 bis 1992
- Phase 3: 1993 bis 2000
- Phase 4: ab 2001

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die einzelnen Phasen.

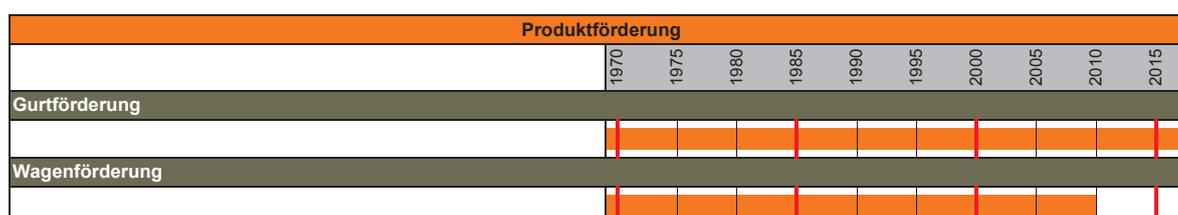


Fig. 9. Chronological overview of product conveying systems. // Bild 9. Zeitliche Übersicht der Produktförderung.

Zeitraum	Entwicklungsphasen	Entwicklung
1969–1980	Betriebspunktkonzentration	Sechs bis sieben Abbaubetriebspunkte je Bergwerk.
	Menge	Rohförderung: 1969: 10.000 t _{roh} /d Personal: 1969: 1.500 MS/d 1980: 17.800 t _{roh} /d 1980: 2.500 MS/d
	Transportgut	Grubenrundholz: 1969: 12 m ³ /100 t v.F. Starke Gewichtszunahme des Equipments. 1980: 5 m ³ /100 t v.F.
	Verfahren	Hoher Anteil Transport von Hand // Wagenförderung ist weit verbreitet. Durchsetzung der Technik von Gurtförderereinsatz und EHB, bzw. eigenangetriebener EHB.
	Förder- und Transportanlagen	Lokomotiven: 1969: 40 je Bergwerk Förderwagen: 1969: 4.060 je Bergwerk Gurtförderanlagen Anzahl: 1969: 40 Anlagen je Bergwerk Gurtförderanlagen Länge: 1969: 10 km je Bergwerk EHB- Anlagen Anzahl: 1969: 25 Anlagen je Bergwerk EHB- Anlagen Länge: 1969: 15 km je Bergwerk Eigenangetriebene EHB: 1969: 0,4 Anlagen je Bergwerk 1980: 55 je Bergwerk 1980: 4280 je Bergwerk 1980: 80 Anlagen je Bergwerk 1980: 30 km je Bergwerk 1980: 50 Anlagen je Bergwerk 1980: 45 km je Bergwerk 1980: 10 Anlagen je Bergwerk
1981–1992	Betriebspunktkonzentration	Sechs bis sieben Abbaubetriebspunkte je Bergwerk.
	Menge	Rohförderung: 1992 etwa 20.000 bis 24.000 t _{roh} /d Personal: 1992 zwischen 2.200 und 2.600 MS/d
	Transportgut	Grubenrundholz: 1992: etwa 3 m ³ /100 t v.F. Weitere Gewichtszunahme des Equipments
	Verfahren	Anteil Transport von Hand nimmt ab // Rückgang der Wagenförderung. Weitere Verbreitung von Gurtförderanlagen und EHB, bzw. Eigenangetriebene EHB.
	Förder- und Transportanlagen	Lokomotiven: 1992: etwa 55 je Bergwerk Förderwagen: 1992: 3.100 je Bergwerk Gurtförderanlagen Anzahl: 1992: 100 Anlagen je Bergwerk Gurtförderanlagen Länge: 1992: 47 km je Bergwerk EHB- Anlagen Anzahl: 1992: 64 Anlagen je Bergwerk EHB- Anlagen Länge: 1992: 79 km je Bergwerk Eigenangetriebene EHB: 1992: 39 Anlagen je Bergwerk
1993–2000	Betriebspunktkonzentration	Nur noch etwa 2,6 Abbaubetriebspunkte je Bergwerk.
	Menge	Rohförderung: 2000: 17.600 t _{roh} /d Personal: 2000: 1.331 MS/d
	Transportgut	Grubenrundholz: 2000: rund 2,9 m ³ /100 t v.F. Starke Gewichtszunahme des Equipments
	Verfahren	Anteil Transport von Hand reduziert sich weiterhin // Wagenförderung nahezu eingestellt.
	Förder- und Transportanlagen	Lokomotiven: 2000: 21 je Bergwerk Förderwagen: 2000: 1.295 je Bergwerk Gurtförderanlagen Anzahl: 2000: 54 Anlagen je Bergwerk Gurtförderanlagen Länge: 2000: 28 km je Bergwerk EHB- Anlagen Anzahl: 2000: 21 Anlagen je Bergwerk EHB- Anlagen Länge: 2000: 37 km je Bergwerk Eigenangetriebene EHB: 2000: 16 Anlagen je Bergwerk
Ab 2001	Betriebspunktkonzentration	2,6 Abbaubetriebspunkte je Bergwerk.
	Menge	Rohförderung: ab 2001: etwa 18.000 bis 24.000 t _{roh} /d Personal: 2015: rund 1.400 MS/d
	Transportgut	Grubenrundholz: ab 2001: unter 1,0 m ³ /100 t v.F. Gewichtszunahme des Equipments nur noch bis etwa 2008.
	Verfahren	Transport von Hand findet nur noch punktuell statt. Bis 2009 nur noch eine schachtnahe Wagenförderung auf dem Bergwerk Lippe.
	Förder- und Transportanlagen	Lokomotiven: 2015: 15 je Bergwerk Förderwagen: 2015: 1.029 je Bergwerk Gurtförderanlagen Anzahl: 2015: etwa 71 Anlagen je Bergwerk Gurtförderanlagen Länge: 2015: 59 km je Bergwerk EHB- Anlagen Anzahl: 2015: 17 Anlagen je Bergwerk EHB- Anlagen Länge: 2015: 38 km je Bergwerk Eigenangetriebene EHB: 2015: 24 Anlagen je Bergwerk

Table 7. Overview of key development steps in the mine logistics sector. // Tabelle 7. Übersicht der wesentlichen Entwicklungsphasen in der Logistik.

4.2 Operational data for the logistics sector

Developments in mine logistics can be broken down into four distinct phases:

- Phase 1: 1969 to 1980
- Phase 2: 1981 to 1992
- Phase 3: 1993 to 2000
- Phase 4: from 2001

Table 7 presents an overview of the individual phases.

Phase 1: 1969 bis 1980

Die Rohförderung verdoppelte sich von 10.000 t_{roh}/d pro Bergwerk im Jahr 1969 auf 20.000 t_{roh}/d pro Bergwerk bis zum Jahr 1985. Der Personalaufwand erhöhte sich von 1.500 MS/d auf 2.500 MS/d. Die Anzahl der zu versorgenden Abbaubetriebspunkte (ABP) je Bergwerk lag konstant bei sechs bis sieben. Der Einsatz von Grubenrundholz nahm erheblich von 12 auf rd. 5 m³/1.000 t v.F. ab. Bei einem noch hohen Anteil an Transport von Hand stieg die Zahl

Phase 1: 1969 to 1980

Run-of-mine output doubled from 10,000 $t_{r.o.m.}/d$ per colliery in 1969 to 20,000 $t_{r.o.m.}/d$ per colliery in 1985. Manpower expenditure increased from 1,500 MS/d to 2,500 MS/d. The number of production faces to be supplied per mine remained at a constant six or seven. The consumption of round pit timber fell dramatically from 12 to about 5 $m^3/1,000 t$ saleable. While manual handling was still an important factor overall, the number of transport units per working face rose from 30 to 45. The weight of a face installation had about tripled by the year 1980. The number of locos in service at each mine rose from about 40 to 55 in 1980. Tub haulage systems were widely used and the number of tubs and mine cars in service per colliery increased from 4,060 to 4,280. The number of belt conveyor installations in operation per colliery also rose from about 40 to 80 and their length increased from 10 to 30 km per mine. The number of overhead monorail systems in use at each mine doubled from 25 to 50 and the length of these installations tripled from 15 to 45 km. The number of self-propelled overhead monorail units increased to a figure of about ten per colliery.

Phase 2: 1981 to 1992

Run-of-mine output was about 20,000 to 24,000 $t_{r.o.m.}/d$ while manpower expenditure lay between 2,200 and 2,600 MS/d. The number of production faces remained at six to seven per mine. The consumption of round pit timber fell to around 3 $m^3/1,000 t$ saleable.

der Transporteinheiten (TE) je Abbaubetriebspunkt von 30 auf 45. Das Gewicht einer Strebausrüstung hat sich bis zum Jahr 1980 in etwa verdreifacht. Die Anzahl der Lokomotiven je Bergwerk stieg von etwa 40 auf 55 im Jahr 1980. Wagenförderung war weit verbreitet. Die Anzahl der Förderwagen je Bergwerk nahm von 4.060 auf 4.280 zu. Die Anzahl der betriebenen Gurtförderanlagen je Bergwerk stieg von rd. 40 auf etwa 80 Anlagen je Bergwerk. Deren Länge nahm von 10 auf 30 km je Bergwerk zu. Die Anzahl der EHB-Anlagen je Bergwerk verdoppelte sich von rd. 25 auf 50 Anlagen je Bergwerk. Die Länge je Bergwerk verdreifachte sich von 15 auf 45 km. Die Anzahl der eigenangetriebenen EHB stieg bis auf etwa zehn Anlagen je Bergwerk.

Phase 2: 1981 bis 1992

Die Rohförderung lag bei etwa 20.000 bis 24.000 t_{roh}/d , der Personalaufwand zwischen 2.200 und 2.600 MS/d. Die Anzahl der Abbaubetriebspunkte verblieb bei sechs bis sieben je Bergwerk. Der Bedarf an Grubenrundholz war auf etwa 3 $m^3/1.000 t$ v.F. gesunken.

Der Anteil der Transportarbeiten von Hand nahm ab. Die Gewichte der Strebausrüstungen nahmen weiter zu. Die Anzahl der Lokomotiven je Bergwerk verblieb bei rd. 55. Die Zahl der Förderwagen nahm stark auf etwa 3.100 ab. Der Anteil der Wagenförderung ging zurück. Die Anzahl der betriebenen Gurtförderanlagen stieg auf 115 Anlagen je Bergwerk. Die je Bergwerk betriebene Gesamtlänge betrug rd. 58 km. Die Anzahl der EHB-Anlagen blieb

There was a decline in the amount of transport work carried out manually. The weight of the face equipment continued to rise. The number of locos in operation remained at about 55 per mine. The number of mine cars in service fell dramatically to a figure of 3,100. There was a decline in the use of tub haulage systems. The number of belt conveyor systems in service rose to 115 installations per colliery while the total length of the conveyors installed at each mine amounted to some 58 km. The number of overhead monorail systems remained constant at about 50 units per mine, though the total length of the monorails installed at each colliery increased to a figure of 79 km. The number of self-propelled overhead monorail units in service rose from ten to about 21 per mine.

Phase 3: 1993 to 2000

Run-of-mine output was noticeably down at around 17,000 $t_{r.o.m.}/d$. Manpower expenditure fell to about 1,400 MS/d. The number of production faces dropped appreciably to just 2.6 per colliery and the consumption of round pit timber decreased further to about 2 $m^3/1,000 t$ saleable.

The amount of manual handling to be done decreased steadily. The weight of the face installations continued to increase. The number of locos in service declined by around 60% to a figure of just 22 units per mine. The number of mine cars per colliery also fell sharply in parallel with this to around 1,300 units. There were still two tub-haulage systems operating in the industry in 2001. The last extensive tub-haulage installation ceased operation with the closure of Niederberg colliery. The number of belt conveyors in service halved in number to around 60 per mine with an overall length of about 35 km in each case. The number of overhead monorails also declined by half to about 25 per colliery, with the average overall length amounting to some 37 km. There were on average 18 self-propelled monorail installations operating at each mine.

Phase 4: from 2001

Run-of-mine output per colliery varied from 18,000 to 24,000 $t_{r.o.m.}/d$. Manpower expenditure was around 1,500 MS/d. The number of production faces per mine still averaged 2.6. Consumption of round pit timber fell further to below 2 $m^3/1,000 t$ saleable. The weight of installations and equipment continued to increase until it peaked in 2008. Manual handling was only done in isolated cases. The number of locos in operation continued to decline significantly to a figure of about 12 per colliery, while the number of mine cars held at each mine was in the region of 1,000. By 2009 there was just one pit-bottom tub haulage system left in operation – at Lippe mine. The number of belt conveyors per colliery remained at around 60, though the overall length of these systems increased to a figure of about 57 km per mine. The number of overhead monorails also fell to about 12 per colliery, though the overall length of these installations increased to some 45 km per mine. The number of self-propelled monorail systems in service remained at around 18 units per colliery.

konstant bei etwa 50 Anlagen je Bergwerk mit einer gesteigerten Gesamtlänge je Bergwerk von rd. 79 km. Die eigenangetriebenen EHB je Bergwerk erhöhten sich von etwa zehn Anlagen auf rd. 21.

Phase 3: 1993 bis 2000

Die Rohförderung ging deutlich auf etwa 17.000 t_{roh}/d zurück. Der Personalaufwand reduzierte sich auf ca. 1.400 MS/d. Die Anzahl der Abbaubetriebspunkte sank stark auf nur noch etwa 2,6 je Bergwerk. Der Einsatz von Grubenrundholz ging weiter zurück auf ca. 2 $m^3/1.000 t$ v.F.

Der Anteil an Transport von Hand reduzierte sich weiterhin. Die Gewichte der Strebausrüstungen erhöhten sich weiter. Die Anzahl der Lokomotiven je Bergwerk sank um etwa 60% auf ca. 22 Lokomotiven je Bergwerk. Die Anzahl der Förderwagen je Bergwerk sank parallel dazu stark auf annähernd 1.300. Bis zum Jahr 2001 wurden noch zwei Wagenförderungen auf den Bergwerken betrieben. Die letzte ausgedehnte Wagenförderung wurde mit der Stilllegung des Bergwerks Niederberg beendet. Die Anzahl von Gurtförderanlagen je Bergwerk halbierte sich auf etwa 60 mit einer Gesamtlänge je Bergwerk von ca. 35 km. Die Anzahl der EHB-Anlagen halbierte sich ebenfalls auf etwa 25 je Bergwerk mit einer Gesamtlänge je Bergwerk von rd. 37 km. Pro Bergwerk waren 18 eigenangetriebene EHB zu verzeichnen.

Phase 4: ab 2001

Die Rohförderung je Bergwerk variierte zwischen 18.000 und 24.000 t_{roh}/d . Der Personalaufwand lag bei ca. 1.500 MS/d. Die Anzahl der Abbaubetriebspunkte je Bergwerk lag weiterhin im Mittel bei 2,6. Der Einsatz von Grubenrundholz sank weiter auf unter 2 $m^3/1.000 t$ v.F. Die Gewichte erhöhten sich nur noch bis etwa ins Jahr 2008. Transport von Hand fand nur noch punktuell statt. Die Anzahl der eingesetzten Lokomotiven sank weiter stark auf rund zwölf je Bergwerk. Die Zahl der Förderwagen lag bei etwa 1.000 je Bergwerk. Bis zum Jahr 2009 war nur noch eine schacht-nahe Wagenförderung auf dem Bergwerk Lippe eingesetzt. Die Zahl der Gurtförderanlagen je Bergwerk verblieb bei rd. 60. Die Gesamtlänge der Anlagen nahm jedoch auf ca. 57 km pro Bergwerk zu. Die Anzahl der EHB-Anlagen je Bergwerk sank auf etwa zwölf, mit einer gestiegenen Gesamtlänge pro Bergwerk von rd. 45 km. Die Anzahl der eigenangetriebenen EHB verblieb bei etwa 18 je Bergwerk.

Authors / Autoren

Dipl.-Ing. Detlef Imgenberg, Dipl.-Ing. Michael Lemke, Prof. Dr.-Ing. Martin Junker, RAG Aktiengesellschaft, Essen