

50 Years of Research and Development at RAG

This article aims to lay out the basis of and steps toward the variety of technical developments leading to the current state of technology. It starts with a quantitative overview of the past 50 years of research at RAG Aktiengesellschaft, Essen/Germany, fol-

lowed by some aspects of the research content, the financing and organisation. This contribution can be seen as a summary of all, whereas the other contributions in this issue will go into further detail with the individual developments and subjects.

50 Jahre Forschung und Entwicklung bei der RAG

Im vorliegenden Artikel soll dem Leser ein Eindruck davon vermittelt werden, auf welcher Basis und in welchen Schritten die Vielzahl der technischen Entwicklungen bis zum heutigen Stand der Technik realisiert wurden. Einleitend wird zunächst ein quantitativer Überblick gegeben. Danach folgen einige Aspekte zu Inhal-

ten, Finanzierung und Organisation von 50 Jahren Forschung und Entwicklung (F&E) bei der RAG Aktiengesellschaft, Essen. Der Beitrag behandelt das Thema als Gesamtheit, gewissermaßen im Überflug. Die konkreten Entwicklungen sind Gegenstand der anderen Beiträge in dieser Ausgabe.

1 Introduction

Back to 1969: the establishment of the private company Ruhrkohle Aktiengesellschaft – today RAG Aktiengesellschaft – in Essen/Germany was a success itself, especially regarding company size. However, the ignition of this development remained the same, namely a market experiencing low-priced mineral oil in increasing availability. This situation motivated RAG to invest in technical improvements and new developments for increasing efficiency and keeping production costs down.

Furthermore, the complex geology of the coal deposits and the location of the multiple seams in great depths led to further process improvements, correlated with investigations on the environmental effects of mining activities, especially in means of subsidence. At the same time, environmental and occupational safety as well as health standards increased.

RAG was in a special situation. State-of-the-art technology was impractical for cost-efficient mining in the geology of the Ruhr Area. As federal research programmes did not exist, RAG found itself in the position to establish a functioning research and development (R&D) programme. RAG was aware of being responsible for its own future, which showed early and in three ways:

- the detailed description of the goals of internal research and development efforts;
- the financial support of research programmes; and
- the definition of their own research management.

RAG was not a sole player though. The former Bergbau-Forschung GmbH (BF) and the Westfälische Berggewerkschaftskasse (WBK), which merged into Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT),

1 Einführung

Versetzen wir uns in das Jahr 1969. Mit der Gründung der Ruhrkohle AG in Essen als Vorgängergesellschaft der heutigen RAG Aktiengesellschaft war zwar ein großer Kraftakt durch Schaffung einer großen privaten Gesellschaft geleistet, der Grund für die Konsolidierung, nämlich sinkender Kohleabsatz bei hohem Wettbewerbsdruck durch niedrigpreisiges Rohöl, bestand allerdings weiter. Für die RAG hieß das von Anfang an, neue Technologien zu entwickeln, um kostenoptimiert Kohlen fördern zu können.

Darüber hinaus war auch ein umfangreicher Forschungsbedarf hinsichtlich der Eigenschaften der Lagerstätte und den mit der bergbaulichen Tätigkeit einhergehenden Umweltbeeinflussungen vorhanden. Die RAG und auch bereits ihre Vorgängergesellschaften waren dabei in einer besonderen Situation. Die seit langem genutzte Steinkohlenlagerstätte an der Ruhr war durch die geologisch-tektonische Struktur, den Mehrflözbergbau und die zunehmende Gewinnungsteufe äußerst herausfordernd für eine leistungsfähige und kostengünstige Gewinnung. Gleichzeitig bestanden hohe Anforderungen an die Grubensicherheit, den Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie den Umweltschutz.

Diesen spezifischen Herausforderungen konnte die seinerzeit marktgängige Technik nicht zufriedenstellend gerecht werden. Da staatliche Forschung im Bereich des Steinkohlenbergbaus nicht existierte, war von Anfang an offensichtlich, dass die RAG erhebliche eigene Forschungs- und Entwicklungs (F&E)-Anstrengungen benötigte, um die Herausforderungen zu bestehen. Dies drückte sich schon früh aus, und zwar:

Coal transform. / Hydro mining
 Production, Techniques
 Surveying
 HSE
 Mine safety

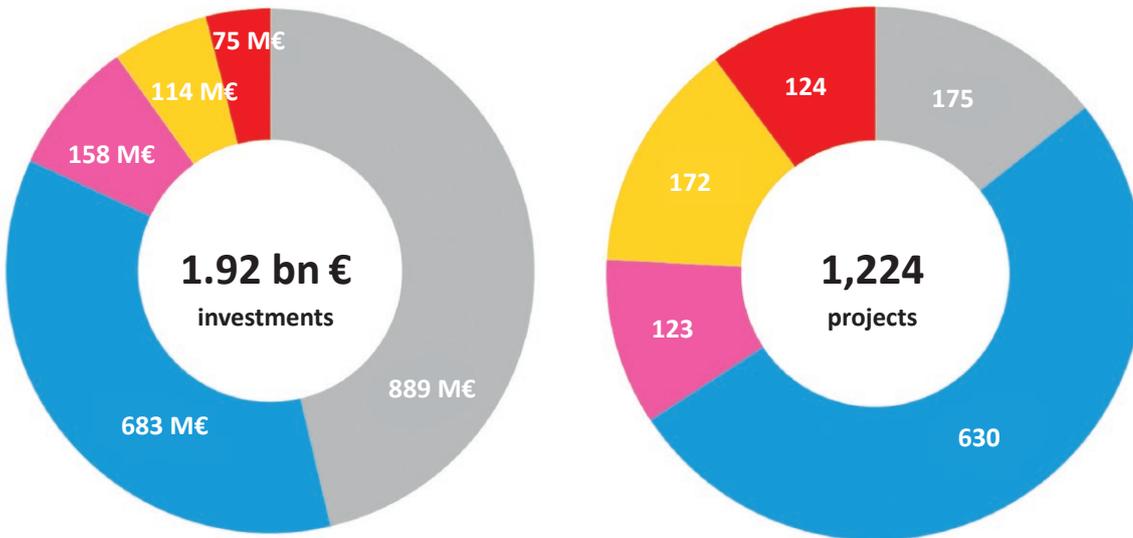


Fig. 1. Investments and projects (1974–2015) by fields of research.
 Bild 1. Verteilung der Mittel und Anzahl der Projekte 1974 bis 2015.

also conducted research for the German coal mining industry; their organisation was a cooperation of all German hard coal mining companies. However, these projects will not be part of contribution as the actual development proceeded outside of RAG. It should be added that these projects were mostly fundamental, whereas research by RAG was application-orientated.

Figure 1 gives a quantitative overview on all investments and projects of the RAG's R&D for the period from 1974 until 2015. Unfortunately, no data is available for the years from 1969 to 1974.

Nevertheless, the graphics show the immense volume of R&D at RAG. More than 1,200 projects and a total investment of 1.9 bn € are the result. And, quickly estimated, with a lifetime of four years per project and as rough average, this will calculate to more than 100 projects running parallel each year with a budget of 150 M€. Consequently adequate management structures were required.

2 R&D objectives and developments

Now to the contents of the 50 years R&D. For this truly interesting review, you can differ between the general objectives and the factual developments.

2.1 R&D objectives

Starting with the R&D objectives, respectively R&D strategies, you can differ the following periods.

2.1.1 The beginning (1969 to 1973)

When the RAG was founded, German coal mines were already partly mechanised. Thus, differences between single mines were immense. All types of coal seams, from steam coal to anthracite, were mined. The seam width varied from 0.5 to 5.0 m, dipping steeply or not at all. Since the 1960s, remarkable improvements had been achieved and production costs reduced. As a main factor, mechanisation led to a significant increase of production.

- inhaltlich in der Formulierung konkreter F&E-Zielsetzungen,
- finanziell in der unternehmenseigenen Finanzierung von F&E und
- organisatorisch in der Installation eines eigenständigen F&E-Prozesses.

Eine Anmerkung an dieser Stelle: Der Steinkohlenbergbauverein in Essen mit der damaligen Bergbau-Forschung GmbH (BF) und der Westfälischen Berggewerkschaftskasse (WBK), später fusioniert zur Deutschen Montan Technologie (DMT), führte ebenfalls Forschungsaktivitäten für den deutschen Steinkohlenbergbau durch. An diesen Organisationen war die RAG zusammen mit anderen Bergwerksgesellschaften beteiligt. Ihre Aktivitäten sind, da sie außerhalb der RAG liefen, nicht Gegenstand dieses Beitrags. In einer Art Aufgabenteilung haben diese Forschungseinrichtungen überwiegend Grundlagenforschung geleistet. Die F&E von RAG hingegen war stärker anwendungsorientiert.

Zunächst soll zum besseren Verständnis der nachfolgenden Ausführungen ein quantitativer Überblick über die gesamte F&E der RAG gegeben werden (Bild 1). Hierbei sei angemerkt, dass Zahlen des Zeitraums 1969 bis 1974 nicht vorlagen.

Insgesamt wurde in den 50 Jahren RAG-seitig an über 1.200 F&E-Projekten gearbeitet. Die hierfür aufgewendeten Mittel betragen über 1,9 Mrd. €. Grob gemittelt und bei einer typischen F&E-Projektlaufzeit von vier Jahren bedeutet das über 100 laufende F&E-Projekte pro Jahr mit einem Projektvolumen von über 150 Mio. €. Diese Zahlen sollen lediglich die beachtliche Dimension der F&E von RAG verdeutlichen. Hieraus ergaben sich entsprechende Anforderungen an die Organisation des gesamten F&E-Prozesses.

2 F&E-Inhalte

Im Folgenden werden die Inhalte der 50-jährigen RAG-F&E vorgestellt, sicherlich eine interessante Rückschau. Es ist zu unterschei-

At the same time, improved heading techniques and mine infrastructure supported this progress. Thus for the beginning of RAG, commencing with these developments was set as the main goal of R&D. In a purely mathematical manner, the specialists calculated a doubling of the shift performances up to 8 t for the next ten years. However, this estimation proved too optimistic.

2.1.2 The phase of growth and reestablishment (1974 to 1989)

With the oil shock arising in 1973, times changed for the coal mining industry. Coal was now again valued as a safe and, moreover, a local resource of energy, and a key for more independency of foreign oil imports. The end of the coal crisis was no more a vision and further expansion of coal production was assumed. As a result, the government promoted R&D in the coal mining sector. Subjects of interest were the general improvement of mining methods, health and safety, environmental protection, production of electricity, and processing including the transformation of coal to coke, gas and oil.

But fact was, future mining in the Ruhr area will commence in deeper sections and further north, as predefined by the deposit's geology. Focus of the R&D period "Growth and Reestablishment" was therefore the development of a strategy to successful mine sections at greater distances and depths up to 1,600 m. Correlated fields of research were strata pressure and rock burst preven-

den zwischen den Zielsetzungen einerseits und den realisierten Entwicklungen andererseits.

2.1 F&E-Zielsetzungen

Bei den F&E-Zielsetzungen bzw. Strategien sind mehrere Phasen erkennbar.

2.1.1 Anfangsphase (1969 bis 1973)

Bei Gründung der RAG befanden sich die Bergwerke technisch auf dem Stand einer Teilmechanisierung, allerdings gab es große Unterschiede von Bergwerk zu Bergwerk. Der Abbau wurde in allen Lagerungsbedingungen (flache bis steile Lagerung), bei allen Flözmächtigkeiten des Ruhrkarbons (etwa 0,5m bis 5m), und auf alle Kohlearten (Flammkohle bis Anthrazit) betrieben. Bereits in den 1960er Jahren gab es unter Tage beachtliche Rationalisierungserfolge. Die dieser Leistungssteigerung zugrunde liegenden Entwicklungen, insbesondere die Erhöhung der Betriebspunktfördermenge zusammen mit dafür notwendiger, grundlegender Umgestaltung von Vorleistung und Infrastruktur, wurden in dem als Anfangsphase bezeichneten Zeitraum von 1969 bis 1973 auch für F&E als Zielsetzungen fortgeschrieben. Nahezu mathematisch wurde die Verdoppelung der Schichtleistung unter Tage innerhalb von 10 Jahren hochgerechnet – wie sich später herausstellte, war diese Annahme allerdings zu optimistisch.

tion, gas control, and climatization. And all this combined with a further centralization of the mine operating points.

Steep seams were also in the focus and forming an own field of investigation. Due to the steep seams' high coal reserves, the aim was to establish a functioning, mechanised mining method for these seams to improve the seams' economic feasibility, e.g., through hydromechanical mining. A new field of research and loaded with high political relevance, the winning of oil from coal was a topic of interest in order to substitute oil imports. However, this shall not be further discussed in this presentation.

This phase offered a new dimension of opportunities to researchers and developers. Creativity was an important skill, and personnel were sensitized to the importance of technological progress. Many new developments were achieved. Goals were widely discussed not only within the RAG. Describing this period in only a few words, it would be "time of great development intensity".

2.1.3 The consolidation phase (1990 to 1999)

After the oil shock and a long period of low prices on mineral oil, political interest for investments in national coal production faded. Thus, financial support on coal projects was cut and by 1990 the federal R&D programmes in the coal business ended. Especially projects on coal transformation had to be fully stopped.

As a result, R&D focussed on priority subjects, such as microelectronics as the base for automation, multi-layered support systems and high-performance longwalls with improved shield support systems and winning machines. Again, mine safety, environmental protection, underground exploration and methods to reduce surface damage were involved goals in the 1990s.

2.1.4 The phase of strategic orientation (2000 to 2010)

With the new millennia, the achieved high technical standards were confronted with an ongoing decreasing production rate. R&D was again advised to focus on priority subjects with a high probability of being profitable. New R&D projects now had to align to the recently developed DSK (Deutsche Steinkohle AG)-R&D-Strategy 2000. This introduced the phase of strategic orientation of R&D. Topics like rock mechanics, composite support systems, underground online communication, as well as special aspects of road drivage and extraction technology were targeted as priority 1.

From 2004 ongoing, the aimed technological improvements in mining were integrated in the DSK Technical Strategic Plan under the term of "Sustainable Improved Performance".

2.1.5 The phase out (since 2011)

The DSK Strategy was again adjusted to the new situation after – in the end of 2010 – the EU decided to cancel all coal subsidies by 2018. Now, as appropriately called "Phase Out", R&D's main goal was to conclude with an overall optimisation of RAG's production chain by selected projects, like the "intelligent shearer". But mine closure and post mining were the dominant contents, which are still ongoing.

2.1.6 Comparing the R&D objectives over time

Looking at the 50 years' objectives, we find similar subjects in all periods, whereas other main topics only appeared in single peri-

2.1.2 Expansions- und Rückführungsphase (1974 bis 1989)

Die sogenannte Ölkrise ab Ende 1973 brachte eine unvorhergesehene Wende. Nunmehr war die Steinkohle als sichere heimische Energie gefragt, um unabhängiger vom importierten Öl zu werden. Ein Ende des Schrumpfungsprozesses im Steinkohlebergbau, ja sogar eine Ausweitung der Produktion wurde angestrebt. In der Folge stellte die Politik beachtliche F&E-Mittel für die Weiterentwicklung der Kohlegewinnung, Umwandlung der Kohle zu Koks, Gas, Öl und Strom, aber auch für Sicherheit, Arbeits- und Umweltschutz bereit.

Bergtechnisch stellte sich zunehmend die Frage nach Abbaufeldern der Zukunft, und es war schnell klar, dass diese tiefer und weiter nördlich liegen würden. Das weit in die Zukunft reichende Kernthema für F&E in dieser Expansions- und Rückführungsphase von 1974 bis 1989 wurde somit ein wirtschaftlich erfolgreicher Abbau in Teufen bis 1.600 m bei großräumigen Bergwerken. Die Zunahme der Gewinnungsteufe erforderte Antworten auf steigenden Gebirgsdruck, Gasbeherrschung, Gebirgsschlaggefahr und Klimatisierung. Und das alles bei weiterer Betriebspunktkonzentration.

Eine eigene Themenstellung dieser Zeit war beispielsweise auch die Mechanisierung der steilen Lagerung, um die dort vorhandenen, erheblichen Reserven wirtschaftlich gewinnbar zu machen, z.B. durch die hydromechanische Kohlegewinnung. Neue und ganz erhebliche Forschungsanstrengungen betrafen die Kohlevergasung und Kohleverflüssigung zur Substitution der politisch instabilen Rohölimporte, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden soll.

Insgesamt brachte diese Phase die größte Breite und Intensität an F&E. Die Mannschaft wurde für die Notwendigkeit weiterer technischer Entwicklungen sensibilisiert, Kreativität war erwünscht und viele Ideen für neue Techniken entstanden. Die Zielsetzungen für F&E wurden intern und auch in Fachzeitschriften breit publiziert. Insgesamt war es eine Zeit des technischen Aufbruchs.

2.1.3 Konsolidierungsphase (1990 bis 1999)

Nach Abflauen der Ölkrise und einer langen Zeit niedriger Ölpreise schwand die politische und finanzielle Unterstützung für die heimische Steinkohle. Beispielsweise liefen um das Jahr 1990 die großen Kohleforschungsprogramme der Bundesregierung aus. Dies betraf ganz besonders die F&E im Bereich der Kohleumwandlung, die ganz eingestellt werden musste.

Eine erste Stufe der Konzentration von F&E auf prioritäre Entwicklungsrichtungen war zwangsläufig. Herausragende Ziele in der Konsolidierungsphase, dem Jahrzehnt von 1990 bis 2000, waren die breite Einführung der Mikroelektronik unter Tage mit Automatisierungen von Teilprozessen, die Fortentwicklung der Streckenausbautechnik zu Verbundsystemen sowie Hochleistungstechnik im Streb durch robusteren Schildausbau und Gewinnungseinrichtungen. Weitere F&E-Schwerpunkte dieser Zeit waren Grubensicherheit, Umweltschutz, untertägige Explorations- und Maßnahmen zur Bergschadensbegrenzung.

2.1.4 Phase der strategischen F&E-Ausrichtung (2000 bis 2010)

Der erreichte technische Stand und die Leistungsfähigkeit bei weiterem Produktionsrückgang ließen es Anfang 2000 angeraten

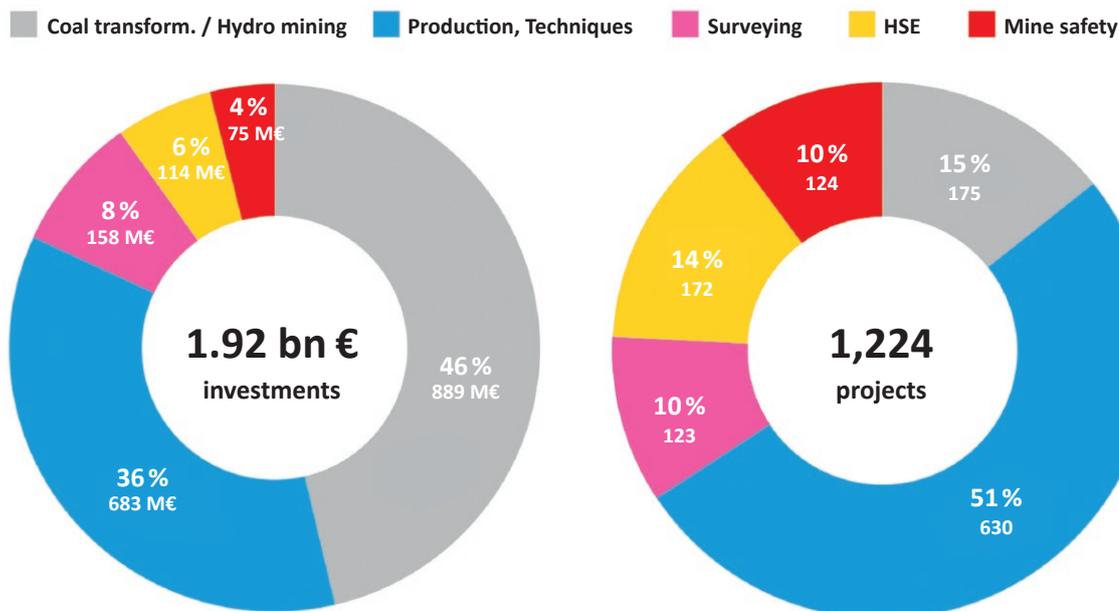


Fig. 2. Investments and projects (1974–2015) by fields of research.
Bild 2. Verteilung der Mittel und Anzahl der Projekte 1974 bis 2015.

ods. Subjects that lasted throughout time were still defined by goals that were adjusted to the time's technical standards and needs. Examples are optimised mining machinery for face use, mine infrastructure as well as strata and gas control. An example for a topic of only short presence is coal gasification or liquefaction. Launching due to the oil-crisis, techniques for mining in steep seams and the development of all new mining methods were only relevant in the first decades after founding the RAG, after that these seams were abandoned. Other early subjects ended successfully by the new millennia, such as strata control at the face, automated belt conveying, climatization of deep mines, and homogenisation of the coal production.

Altogether, going along with technical standards and needs, the objectives of R&D over time present the history of the RAG itself.

2.2 Concluded developments

The mentioned total sum of about more than 1,200 projects and a financial volume of 1.92 bn €, what was actually researched for and what was developed? The details will be discussed within the other contributions of this volume or can be read in individual books of the book series "Documentation of technical developments at RAG". However this contribution aims to give an overview on all main topics. Figure 2 gives a qualitative overview on concluded developments.

With 46% the highest investment was made in hydro-mining and coal transformation. A couple of projects were run in this field, some of them in full-scale. More than a third of the total fund was used for projects concerning coal production and techniques, including mine infrastructure, and strata control. Smaller budgets were used for topics like mine surveying, mine safety, health and environmental protection.

With the following remarks, I want to exemplify the developments made in the field of coal production and technique (Fig-

erscheinen, die F&E-Zielsetzungen auf hoch prioritätäre Bereiche mit hohem Nutzenpotential zu konzentrieren. Die hierfür entwickelte DSK (Deutsche Steinkohle AG)-F&E-Strategie 2000 leitete die Phase der strategischen F&E-Ausrichtung ein. Sie enthielt detailliertere Entwicklungsfelder und Einzelziele, an denen sich neue F&E-Projekte orientieren mussten. Die höchste Priorität erhielten beispielsweise Gebirgsmechanik und Ausbautechnik in Strecken, die Vortriebstechnik, Detailspekte in der Gewinnung, oder auch untertägige, internetbasierte Kommunikationstechnik mit Anwendungen.

Ab dem Jahr 2004 wurden die bergtechnischen Entwicklungsziele der F&E-Strategie 2000 unter dem Leitziel „Nachhaltige Leistungssteigerung“ als detaillierte Entwicklungsziele in die DSK-Technikstrategie integriert.

2.1.5 Auslaufphase (ab 2011)

Als der Rat der EU Ende 2010 den Auslauf des subventionierten Steinkohlenbergbaus beschloss, wurde die DSK-Technikstrategie auf die neue Situation angepasst. F&E-Ziele in dieser Auslaufphase waren hauptsächlich die Gesamtoptimierung durch Fertigstellung ausgewählter Entwicklungen, z.B. „Intelligenter Walzenlader“, sowie Themen der Stilllegung und des Nachbergbaus, die auch jetzt noch andauern.

2.1.6 Vergleich der Entwicklung der F&E-Zielsetzungen

Ein Vergleich der Entwicklung der RAG-F&E-Zielsetzungen seit dem Jahr 1969 lässt erkennen, dass viele Leitziele über die Jahre gleich geblieben sind. Sie unterscheiden sich allerdings in ihren konkreten Zielsetzungen entsprechend dem jeweiligen Stand der Technik. Hier können beispielsweise genannt werden: leistungsfähige, optimal funktionierende Maschinenteknik in Streb, Strecke und Infrastruktur, Gebirgsbeherrschung insbesondere bei Strecken, aber auch Ausgasungs- und Gebirgsschlagbeherrschung. Einige Themengebiete wie Kohlevergasung und

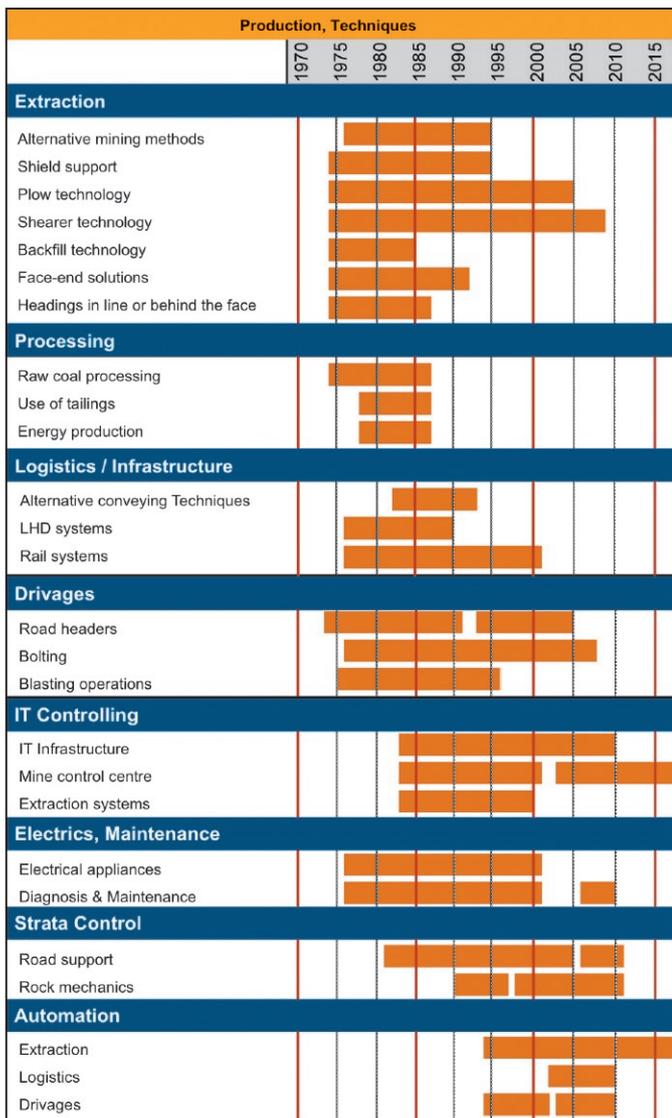


Fig. 3. Development of production, strata control and infrastructure.
Bild 3. Entwicklung der Themenschwerpunkte im Forschungsbereich Produktion und Technik.

Kohleverflüssigung kamen nur zeitweise vor. Spezielle Techniken für die stark geneigte und steile Lagerung bis hin zu vollständig neuen Abbauverfahren waren nur in den ersten zwei Jahrzehnten seit Gründung der RAG relevant, danach wurden solche Vorräte aufgegeben. Lange Zeit drängende Themengebiete, insbesondere die zuverlässige Gebirgsbeherrschung im Streb, die Klimatisierung der tiefen Bergwerke oder auch die automatische Bandförderung einschließlich Vergleichmäßigung der Förderung, konnten im Wesentlichen bis etwa zum Jahr 2000 erfolgreich abgeschlossen werden.

Zusammenfassend entsprachen die F&E-Zielsetzungen der wechselnden RAG-Unternehmensgeschichte der jeweiligen Zukunftssicht, dem Stand der Technik und dem technischen Bedarf.

2.2 Realisierte Entwicklungen

Was ist tatsächlich geforscht und entwickelt worden? Es wurde bereits erwähnt, dass über 1.200 Projekte mit 1,92 Mrd. € Aufwand im gesamten Zeitraum gefördert wurden. Im Folgenden wird ein Überblick über die relevanten F&E-Themen gegeben. Inhalte einzelner Entwicklungen finden sich in den weiteren Beiträgen in diesem Heft bzw. finden sich in einzelnen Büchern der Buchreihe „Dokumentation der technischen Entwicklung bei der RAG“. Über die gesamte Zeit gesehen teilen sich die F&E-Projekte auf die in Bild 2 gezeigten Forschungsbereiche auf.

Es ist klar zu erkennen, dass mit 46% der größte finanzielle Anteil in Kohleverwendung und Hydrobergbau geflossen sind. Hierbei handelte es sich um mehrere Großprojekte im Demonstrations- oder sogar 1:1-Maßstab. Mehr als ein Drittel entfielen auf produktions- und bergtechnische Projekte, kleinere Anteile auf Markscheidewesen, Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz sowie auf die Grubensicherheit.

Wegen der Fülle der Einzelthemen soll hier nur beispielhaft eine stark zusammenfassende Darstellung für die Themenentwicklung im Forschungsbereich Produktion und Technik gegeben werden (Bild 3).

Die Zeitachse fängt wegen der erwähnten unvollständigen Datenbasis erst im Jahr 1974 an. Viele Forschungsthemen, insbe-

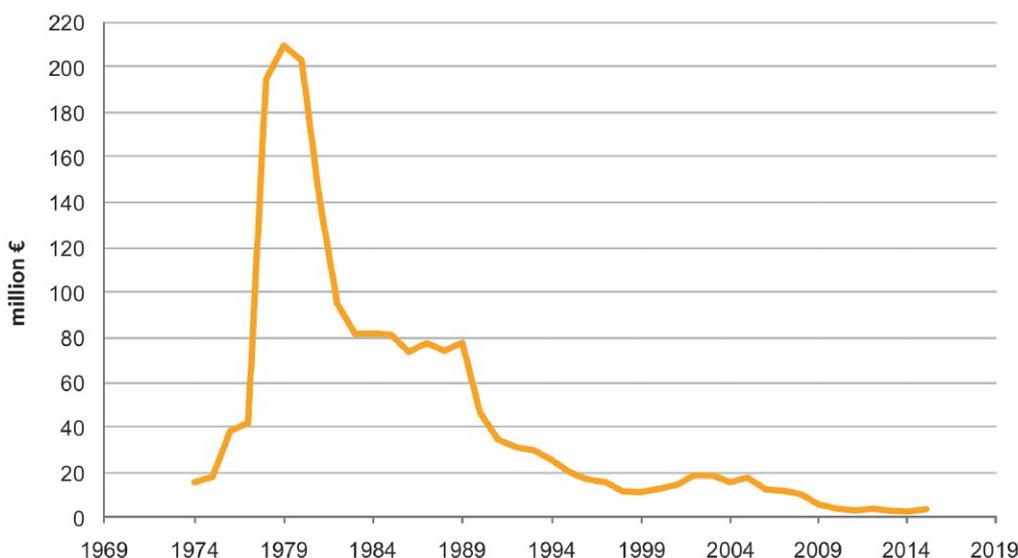


Fig. 4. Annually available funds for R&D at RAG.
Bild 4. Entwicklung des jährlichen Aufwands für F&E bei der RAG.

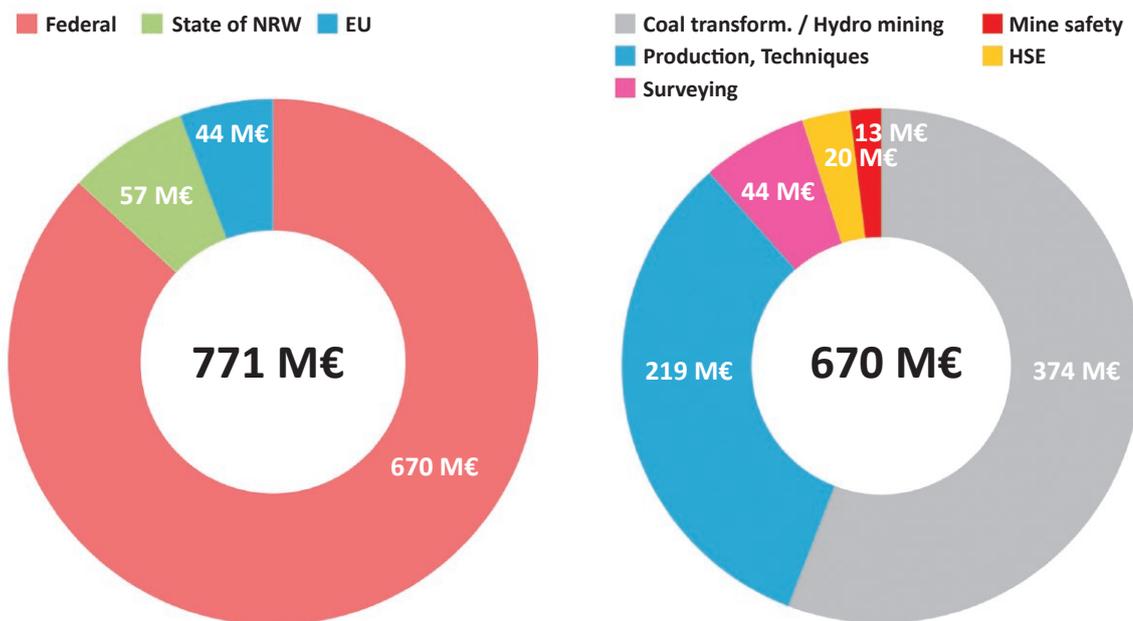


Fig. 5. Public funding of R&D by origin (left) and use of federal funds by section of research (right).
Bild 5. Öffentliche Mittel nach Herkunft (links) und Mittel des Bundes nach F&E-Bereichen (rechts).

ure 3). Still, this is only a very compressed introduction to the tremendous efforts made in the 50-years-period.

As mentioned, no data is available from before 1974. Therefore, the graphic starts five years after the true start of R&D. By then, many projects, e.g. on mechanisation, were already active or started at around that time or shortly after. At around 1990, projects started regarding the underground use of microelectronics, such as communication, remote control and automation. As projects have ended successfully or failed, or their goals were of no further relevance, the bars in the graphic end at some point. Looking on the year of 2005, we find an orientation of R&D towards road drivage, electronics, machine diagnosis, strata control and road support as well as automation.

3 R&D financing

In the following, a short description of the public and internal financing of the R&D projects is given.

Figure 4 shows the total annually available funds for research and development from 1974 to 2015. Remarkable is the enormous raise starting in 1975, followed by a drop of the funding from 1979 until 1991. This is influenced directly by the market situation of mineral oil. After 1991, the money spent for R&D depended on production, meaning the curve generally corresponds to the production rate.

3.1 Public co-funding

Of the total 1.92 bn €, the RAG raised some 60% or 1.15 bn € on its own. The other 40% or 770 M€ were used from public research funds as provided by the EU, Federal Germany, and the State of North Rhine-Westphalia. The left pie chart in figure 5 shows the portion of the public funds by their origin.

The pie-chart on the right shows the use of only federal funds, which hold with 87% the largest portion, for the different fields of research at RAG. Most of the money, this means 56% of 670 m €,

sondere in der Mechanisierung der klassischen Bergtechnik, waren bereits zu dieser Zeit bzw. kurze Zeit später in Bearbeitung. Um das Jahr 1990 starteten verschiedene Projekte, die auf der nun auch unter Tage verfügbaren Mikroelektronik aufbauten, also Entwicklungen in der Kommunikations-, Steuerungs- und Automatisierungstechnik. Einige Forschungsthemen wurden im Lauf der Zeit aus unterschiedlichen Gründen eingestellt. Entweder hatten diese Techniken ihr vorläufiges Endziel erreicht oder sie wurden wegen geänderter Rahmenbedingungen nicht mehr benötigt bzw. hatten sich als erfolglos erwiesen. Wenn man einen Schnitt etwa im Jahr 2005 anlegt, so ist zu erkennen, dass sich die Forschungsthemen mehr und mehr auf die Vorleistung, die Prozessleittechnik, die Maschinendiagnose, den Streckenausbau und die Gebirgsmechanik sowie die Automatisierung konzentrierten.

3 F&E-Finanzierung

Im Folgenden wird auf die öffentliche und interne Finanzierung der F&E-Projekte – allerdings nur sehr gestrafft – eingegangen.

Bild 4 zeigt den gesamten F&E-Aufwand bei der RAG über die Zeit. Deutlich zu erkennen ist insbesondere der steile Anstieg ab dem Jahr 1975 und ab 1979 bis etwa 1991 der Rückgang als Auswirkung der Ölpreiskrisen. Danach entwickelt sich der F&E-Aufwand in etwa proportional zur Förderung.

3.1 Öffentliche Forschungsförderung

Die bereits genannte Gesamtsumme von 1,92 Mrd. € teilt sich auf in einen Anteil unternehmenseigener Finanzierung von 1,15 Mrd. € entsprechend ca. 60% und Finanzierung mit öffentlichen Mitteln von 0,77 Mrd. € entsprechend ca. 40%. Die von der RAG genutzten Forschungsprogramme waren bei der EU, dem Bund und dem Land Nordrhein-Westfalen angesiedelt. Zum überwiegenden Teil handelte es sich um spezifische Kohleforschungsprogramme. In Bild 5 sind die finanziellen Anteile der drei Zuwendungsgeber summarisch dargestellt.

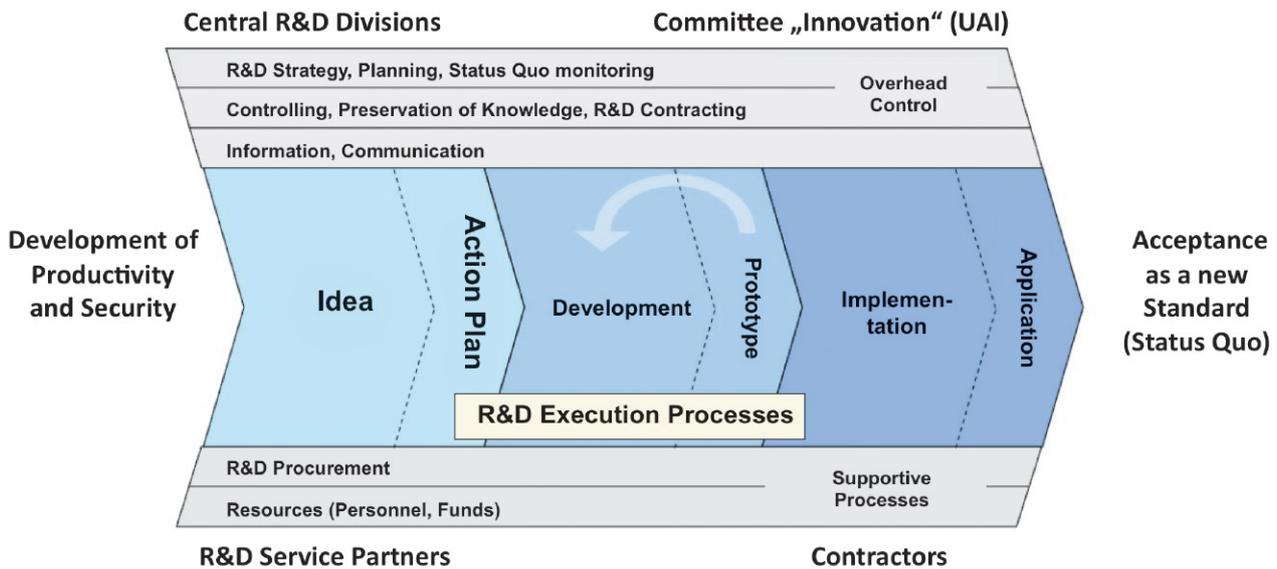


Fig. 6. R&D process at RAG. // Bild 6. Übersicht über den gesamten F&E-Prozess bei der RAG.

was used for the transformation of coal and the major project of the hydro-mine Hansa. But both developments were terminated before their initiated objective was reached. However, this reflects the immense investment made because of the oil shock.

3.2 Internal funding of R&D

The access to public funds did not lead the RAG to rely only on external money. Instead, and in the role of a private company, the RAG was aware of its responsibility to survive into the future. Thus, and with a total of 1.15 bn €, the company invested in developing new technology and methodology. Technical improvements for both, underground and above ground as well as HSE have all been integral aims of the RAG.

With this generous and separate budget for R&D, RAG showed its will to grow and improve – at all times including financially short periods. This budget, as usual, was a maximum of available money for R&D, but it was intended to use the available resources. In addition introducing efficient organisational structures within the R&D process led to more financial opportunities for other or even more innovation.

Looking back the 50 years, it is remarkable that all projects of major interest were actually viable. If there was a good chance of improvement or the situation induced the need for research, sufficient financial support was available at all times.

4 Structures of R&D

Third brick in the wall is a functioning organisational structure, which is mandatory for the success of any programme. In the case of RAG, the main structures remained the same as constituted in 1969. Improvements were made, for sure. However, it was a complex procedure involving all relevant R&D programmes and structures of the 26 companies, 52 mines, and 29 coking plants of which the RAG emerged from. Some elements of the internal R&D structures will be presented in the following subchapters.

In diesem Zusammenhang ist die Verteilung der Mittel auf die RAG-Forschungsbereiche, hier rechts dargestellt für den mit 87% weitaus größten Zuwendungsgeber „Bund“ von besonderem Interesse. Der mit 56% überwiegender Anteil entfällt auf die Kohleverwendung bzw. das Großprojekt Hydrogrube Hansa und damit auf nicht mehr weiter verfolgte Entwicklungslinien. Die Finanzverteilung spiegelt aber das politische Verständnis in der Zeit nach den Ölpreiskrisen.

3.2 Unternehmenseigene F&E-Finanzierung

Die RAG setzte im gesamten Zeitraum mit 1,15 Mrd. € erhebliche Eigenmittel für F&E ein. Obwohl öffentliche Förderprogramme, wie ausgeführt, einen erheblichen Beitrag leisteten, war doch von Beginn an anerkannt, dass das Unternehmen zu jeder Zeit, also auch unter schwierigen finanziellen Bedingungen, für die Daseinsvorsorge mit eigenen Ressourcen in F&E investieren musste. Technische Weiterentwicklung unter und über Tage sowie Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz waren stets integrale Ziele der Unternehmensstrategie.

Alle F&E-Aktivitäten wurden im Rahmen eines eigenen F&E-Budgets finanziert. Obwohl das F&E-Budget eine Obergrenze darstellte, war es Willensausdruck des Unternehmens, diese Geldmittel für F&E-Aktivitäten auch tatsächlich zu nutzen, um damit das Unternehmen technisch vorwärts zu bringen. Ziel war also, prioritäre F&E-Arbeit im Umfang des Budgets, gleichzeitig aber möglichst effizient und kostengünstig durchzuführen.

Als Resümee ist sehr positiv herauszustellen, dass in den gesamten 50 Jahren jedes fachlich als prioritär eingestufte F&E-Projekt auch in finanzieller Hinsicht realisiert werden konnte. Für vielversprechende technische Entwicklungen standen immer ausreichende finanzielle Mittel zur Verfügung.

4 Organisation der RAG-F&E

Die Organisation von F&E bildet den dritten Baustein für das Ge-

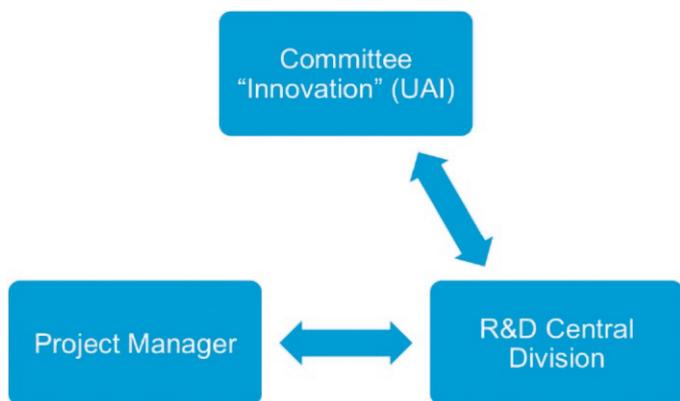


Fig. 7. R&D main players. // Bild 7. F&E-Hauptbeteiligte.

4.1 The operational structure

The R&D department at RAG was self-organised and applied its own methods. From the very beginning, the deep understanding about the R&D-processes based on well-defined individual projects proved to be advantageous and led to a successful R&D management. Therefore, RAG's organisation of R&D matched the general, high industrial standards of R&D management.

The department laid much emphasis on the perfection of an action plan for handling R&D projects. The involved procedures quickly became an official, internal guideline. Especially after 1974, when the number of incoming projects increased rapidly due to public interest, the established procedures eased the handling of the large number of new projects.

Figure 6 overviews the R&D process at the RAG. Three main phases within the R&D process can be differed:

1. The basic idea and concept;
2. the development phase; and
3. the implementation phase.

All phases include the actual R&D activity as their main process. Additionally, required management and supportive processes as well as organisational units are involved. As the R & D process is well known, here are just three comments.

First: Development starts with an idea. Its characteristic shall be highest chance for the best outcome. After the development phase, a field test is required to evaluate the actual practicability, meaning its technical feasibility. This, generally speaking, requires action. The success of any research project goes along with the practical usability and applicability of the new product. Realising this dependency of all three phases was a great and important improvement of the R&D programme as a whole. Appropriate adjustments were made in 1999.

Second: The project-based organisation of the R&D work was a motor for transparency. Each project, e.g., was applied for separately and the committee "Innovation" gave it a go or no-go. All relevant professionals were informed about new projects. As a project proceeded, internal interim reports and a final report informed about the progress, achieved milestones, and results.

Third: As user of technology the RAG generally did not carry out its research work alone. In fact, most of the financial volume

lingen der technischen Innovation. Versetzen wir uns noch einmal in das Jahr 1969. Auch die sehr unterschiedlichen F&E-Aktivitäten der 26 Vorgängergesellschaften mit 52 Bergwerken und 29 Kokereien einschließlich ihrer Innovationsprozesse und -kulturen mussten in das neue Unternehmen RAG zusammengeführt werden – bestimmt keine leichte Aufgabe. Dennoch wurde bereits beim Start der RAG eine F&E-Organisation geschaffen, die zwar fortentwickelt wurde, aber deren Grundstrukturen nahezu über die gesamte Zeit gleich blieben. Einige Elemente dieser Ablauf- und Aufbauorganisation werden hier nun vorgestellt.

4.1 Ablauforganisation

Der F&E-Prozess wurde eigenständig und mit eigenen Verfahrensweisen organisiert. Dieses von Anfang an vorliegende, prozessuale Verständnis hat sich über die gesamte Zeit bewährt. Die Organisation von F&E bei der RAG entsprach damit gleichzeitig auch gutem, allgemeinem Verständnis von erfolgreichem F&E-Management.

Im Fokus der Ablauforganisation von F&E stand stets die Bearbeitung von Einzelprojekten. Die F&E-Verfahrensweisen wurden schon sehr früh als einheitliche, interne Richtlinie formuliert. Das erleichterte das Management auch bei der nahezu explosionsartigen Zunahme von F&E-Projekten ab dem Jahr 1974, gerade auch hinsichtlich der massiven öffentlichen Forschungsförderung. Bild 6 gibt eine Übersicht über den gesamten F&E-Prozess bei der RAG. Es lassen sich drei große Prozessphasen unterscheiden:

1. Idee und Konzeption,
2. Entwicklung und
3. Umsetzung bzw. Betriebseinführung.

Innerhalb dieser Phasen finden sich jeweils die F&E-Tätigkeit als Ausführungs- bzw. Hauptprozess, die dafür notwendigen Führungs- und Unterstützungsprozesse sowie hauptbeteiligte Organisationseinheiten. Da der F&E-Prozess allgemein bekannt ist, hier nur drei Anmerkungen dazu.

Ein wesentlicher Entwicklungsschritt bei der Fortentwicklung des F&E-Prozesses war die Erkenntnis, dass sowohl auf der Ideenseite als auch insbesondere bei der Betriebseinführung Handlungsbedarf bestand. Es reicht nicht aus, ein F&E-Projekt erfolgreich abzuschließen. Es muss zunächst die Idee mit dem größten Potential gefunden werden. Und das Unternehmen kann erst dann von einer erfolgreichen Entwicklung profitieren, wenn sie auch möglichst umfangreich angewendet wird. Ab dem Jahr 1999 wurde der F&E-Prozess um entsprechende Elemente ergänzt.

Als zweites ist die große Transparenz des gesamten F&E-Prozesses zu nennen. Durch die projektweise Bearbeitung war bereits ein guter Grund gelegt. Beispielsweise wurde jeder Projektantrag individuell in einem Gremium, dem Unternehmensausschuss Innovation (UAI), beraten und unternehmensintern publiziert. Auch die regelmäßig intern veröffentlichten Projektberichte bis hin zum Abschlussbericht gewährten Einblick in alle Entwicklungen und die erreichten Fortschritte.

Als drittes ist die Vergabe von Forschungsaufträgen anzusprechen. Diese war für die RAG als Technikanwender von besonderer Bedeutung. Denn der weit überwiegende Anteil der Forschungsmittel wurde nicht intern, sondern für die Beauftragung von Lieferungen und Leistungen verwendet. Hier ermöglichten spezifische F&E-Verträge Transparenz für alle Beteiligten.

used for R&D was used for subcontracting. A good relationship with research partners was a natural component for efficient research work. For all involved parties, transparency was given by special R&D contracts.

4.2 Organisational structure

The special environment of the mining industry influenced the R&D structures from the very start. In contrast to most other businesses, ever-changing underground conditions forced the RAG into new situations repeatedly. As a result, this affected the R&D's organisational structure. The establishment of a testing mine, e.g., was worth no consideration, also from a financial standpoint. Hence and in addition to diverse testing of technology above ground, all active RAG mines partly and temporarily became labs and testing was commenced in real mine environments. This held tremendous risks – for the technology itself as well as financially.

The situation encouraged the RAG to implement a strong and well-defined organisation of R&D with a leading head and specialist groups, mines and external research institutes. Processes were systematically categorised and responsible persons were defined. With the new technical strategy from 2004, a further implementation as well as increased linkage of mines, technology and R&D was achieved.

Respecting the fact, the RAG was not a manufacturer itself, but just a user of technology, its general technical understanding and competences in R&D were recognised and remarkable. This is also reflected by being awarded with "Innovativ durch Forschung", translated "Innovative by Research", by the German Scientific Society in 2016, honouring the RAG as a technical pioneer and trendsetter.

Following the three main players in the R&D process will be presented (Figure 7).

First to mention are the project managers. The project manager would place the application for his project and – obviously – manage it. This work was on top of their actual occupancy; most were working for technical departments or on site.

Second, the committee "Innovation" (UAI) was in charge for regulating the entire R&D process, including controlling and realisation of all R&D activities and implementation of the results. The committee evaluated the feasibility of each project. It was composed of a board member, the senior heads of relevant departments and mine directors. The mix of members of the committee combined the expertise of engineering, application and management.

Third and last is the operational tool of the innovation committee, which was the R&D Central Division. It was directly subordinated to the managing board. This division is as old as the RAG itself – initiated in the very beginning and not changed much ever since. Its role was to supervise all R&D activities without any own attempts in conducting research or being dependant on any specific interests. All R&D businesses and concerns were the division's field of duty. It also coordinated the joint project activities with DMT and was responsible for public relations. As an example, the annual ceremony of the RAG's award for research in the years from 2002 until 2011 shall be named.

Furthermore, there were many other players in the network of R&D. It would fill books to discuss all of them.

4.2 Aufbauorganisation

Besonderheiten der RAG gegenüber anderen Industrien beeinflussten von Anfang an auch die Gestaltung einer F&E-Aufbauorganisation. Durch den überaus hohen finanziellen Aufwand und die Variabilität der Einsatzbedingungen war beispielsweise der Betrieb eines eigenständigen Forschungsbergwerks nicht realisierbar. Deshalb mussten, trotz weitgehender Tests über Tage, neue Techniken in realen Bedingungen erprobt werden mit erheblichem Produktions- und Finanzrisiko. Die RAG-Betriebe waren also auch Forschungs- und Entwicklungslabore.

Diese Anforderungen an RAG führten zum Aufbau einer leistungsfähigen F&E-Organisation mit zentraler F&E-Kompetenz sowie technischen Fachabteilungen, Bergwerken und bergbaulichen Forschungseinrichtungen als Akteuren. Die F&E-Prozesse wurden von Anfang an unternehmenseinheitlich systematisiert und für die Beteiligten verbindlich definiert. Darüber hinaus konnte der F&E-Prozess ab dem Jahr 2004 inhaltlich in eine dann erarbeitete Gesamttechnikstrategie eingebunden und so die Verzahnung zwischen Betrieben, Technik und F&E weiter erhöht werden.

Für ein Rohstoffunternehmen, das vorrangig Technik anwendete, aber nicht selber herstellte, war deshalb die Technik- und F&E-Kompetenz der RAG in allen Teilprozessen außergewöhnlich hoch. Nicht zuletzt die Verleihung des Gütesiegels „Innovativ durch Forschung“ des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft an den Bereich Forschung und Entwicklung der RAG bestätigte im Jahr 2016 das Renommee der RAG als Technologietreiber.

Im Folgenden werden drei Hauptakteure im F&E-Prozess vorgestellt (Bild 7).

Zunächst ist der Projektleiter zu nennen. Er stellte den Forschungsantrag, er war der Motor und Manager der F&E-Arbeit. Bei der RAG waren die Projektleiter meistens technische Experten und vorrangig in den technischen Stäben, aber auch in Betrieben eingebunden. In der Regel waren sie für F&E nicht freigestellt, sondern leisteten die Projektarbeit ergänzend zu ihren normalen Aufgaben.

Der zweite Hauptakteur war der UAI. Er war das oberste Gremium für F&E im Unternehmen. Unter Leitung des jeweils verantwortlichen Vorstandsmitglieds umfasste der UAI sowohl die für F&E relevanten Zentralbereichsleiter als auch Werksleiter und den Leiter des zentralen F&E-Bereichs. Somit waren die technische Expertise, die Anwender- und die Managementseite vertreten. Als Kernaufgabe legte der UAI die F&E-Strategie fest und entschied über die Durchführung von F&E-Projekten. Er war für den Inhalt und die gesamte Organisation des F&E-Prozesses einschließlich fachlichem Controlling und Umsetzung von F&E-Aktivitäten verantwortlich.

Der dritte Hauptakteur war der zentrale F&E-Bereich. Schon bei Gründung der RAG wurde ein zentraler, eigenständiger F&E-Bereich gebildet, der direkt dem Vorstand unterstellt war. Diese Struktur wurde grundsätzlich beibehalten. Im Unterschied zu manchen anderen Unternehmen betrieb dieser zentrale F&E-Bereich keine eigene F&E, sondern er war, quasi als der operative Arm des UAI und unabhängig von Fachinteressen, für das gesamte F&E-Management zuständig. Die spezifische F&E-Kompetenz im Unternehmen und alle F&E betreffenden Geschäftsprozesse und Angelegenheiten waren hier gebündelt. Bei öffentlich geförder-

5 Summary

As a conclusion an overview on the very alternating history of R&D at RAG is given.

Figure 8 provides characteristic R&D data for each phase, represented by single years. In the first column, the year of 1974 – shortly after the first oil shock – we yet find a remarkable R&D activity in the sectors production and engineering. Significant financial support of the activities came from public funds. A doubling of the production from 4 to 8 t of product per man-shift and full mechanisation was targeted.

Only five years later, in 1979, the available budget for R&D has reached 14 times the amount of 1974, also thanks to a furtherly increased public funding. The R&D investment had then reached as much as 3.33 €/t of product. Special focus of R&D was placed on coal transformation and hydro-mechanical mining. This quantitative peak of R&D lasted until around 1980.

From 1990 to around 2010, the focus was laid on the core sections. The aim was to generally optimise the methodology in mining, improve safety and increase environmental protection. Especially high-performance longwalls and strata control were of great importance.

With the new millennium, automation gained relevance with the introduction of microelectronics in the mines and the internet was considered a base for new technologies. However, the R&D sector was confronted with declined but yet stable available specific budgets that convert to 0.30 to 0.40 €/t of product.

ten F&E-Projekten übernahm der zentrale F&E-Bereich sämtliche formalen Aktivitäten von der Antragstellung bis zur Projektprüfung durch den Zuwendungsgeber. Er koordinierte auch die RAG-F&E mit Gemeinschafts- und Auftragsforschung der Deutschen Montan Technologie GmbH (DMT). Eine besondere Aufgabe des F&E-Bereichs lag in der internen wie externen Kommunikation von F&E. Als ein Beispiel sei hier die jährliche Verleihung des RAG-Forschungspreises von 2002 bis 2011 genannt.

Neben diesen drei Hauptakteuren gab es selbstverständlich eine Reihe anderer am F&E-Prozess Beteiligte, auf die hier aber nicht eingegangen werden kann.

5 Zusammenfassung

Abschließend wird noch einmal ein Überblick über die wechselvolle F&E-Geschichte der RAG gegeben.

Bild 8 zeigt wesentliche F&E-Kennzahlen nach einzelnen Jahren. Bereits im Jahr 1974, also kurz nach der ersten Ölpreiskrise, fanden schon erhebliche F&E-Aktivitäten mit Schwerpunkt bei Produktion und Technik statt, die bereits von der öffentlichen Hand unterstützt wurden. Die Verdoppelung der Produktivität auf 8 t vF/MS und die Vollmechanisierung waren als Ziele gesetzt.

Nur fünf Jahre später betragen die F&E-Aufwendungen bereits mehr als das 13-fache von 1974 mit noch stärkerer öffentlicher Förderung und einem spezifischen F&E-Aufwand von immerhin 3,33 €/tvF. Schwerpunkt waren hier eindeutig die Kohleumwandlungstechnik und die Entwicklung der hydromecha-

Subject	1974 Expansion - Beginning -	1979 Expansion - Maximum -	1989 Consolidation - Beginning -	2000 Strategic Orientation - Beginning -	2010 Strategic Orientation - Ending -
Total R&D Funds (M€)	15.5	209	77	12.5	3.8
Relative R&D Funds (€/t)	0.21	3.30	1.50	0.38	0.30
Internal Funding (%)	55	50	62	81	97
Use of Funds (%) for:					
• Production, Techniques	79	35	57	66	66
• Coal Transformation, Hydro Mining	7	53	7	7	3
Key Objectives	<ul style="list-style-type: none"> • Production of 8 t/MS • Full-Mechanisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Oil & Gas from local coal • Deep Mining 	<ul style="list-style-type: none"> • High-Performance Longwalls • Road Strata Control 	<ul style="list-style-type: none"> • Automation • Underground Communication 	<ul style="list-style-type: none"> • Technical Optimisation • Mine Closure, Post Mining

Fig. 8. Main steps in the history of RAG's R&D. // Bild 8. Zusammenfassung von F&E-Eckdaten nach Phasen.

After 2010, R&D concentrated on the further development of recently started and most valuable projects. But the closure of all German coal mines, the abandonment of the whole Ruhr area and post mining challenges has been and still are most important R&D topics.

Looking back, it can be resumed that the RAG has been commencing R&D in all sectors of current relevance to its businesses: Exploration, mining methods, overall mine and personal safety, processing, coking, gasification, liquefaction, mining subsidence damages and environmental protection.

RAG can be described as a pioneer for many of its R&D projects. Huge technical progress was made. Knowledge was not only built within the RAG itself, but also within all involved subcontractors. Sometimes, the developments would even establish as international standards. Today's technologies allow a very effective, safe and environmentally friendly production of hard coal, even in deep mines. The consistent use and improvement of the tool "Research and Development" was the key for these enormous technical advances. However, without the more than 500 R&D project managers, and even more researchers, all of this would have never become reality.

Author / Autor

Dipl.-Ing. Karsten Jaeger, RAG Aktiengesellschaft, Essen

nischen Kohlegewinnung. Dieser F&E-Boom hielt bis weit in die 1980er Jahre.

Die Zeit ab ca. 1990 bis ca. 2010 war dann geprägt durch Konzentration auf das Kerngeschäft, im Fokus stand die Optimierung der klassischen Bergtechnik, der Sicherheit und des Umweltschutzes. Stichworte waren hier Hochleistungsstrebtechnik und Gebirgsbeherrschung in Strecken.

Die spätere Entwicklung der Mikroelektronik eröffnete auch unter Tage neue Möglichkeiten der Automatisierung. Ab etwa 2000 fanden Entwicklungen statt, um das Internet und viele darauf basierende Anwendungen ins Bergwerk zu bringen. Der F&E-Aufwand musste sich dem Förderrückgang anpassen, der spezifische F&E-Aufwand betrug aber in der ganzen Zeit relativ konstant etwa 0,30 bis 0,40 €/tvF.

Nach dem Jahr 2010 fanden dann Optimierungen neuerer und angefangener Entwicklungen statt, wie auch F&E-Aktivitäten hinsichtlich der Stilllegung des gesamten Ruhrbergbaus.

Zusammenfassend darf resümiert werden, dass F&E stets in allen Feldern stattfand, die im jeweiligen Fokus der RAG standen, also von der Exploration über Bergtechnik, Gruben- und Arbeitssicherheit, Aufbereitung, Verkokung, Verstromung, Vergasung, Verflüssigung, bis hin zu Bergschäden und Umweltschutz.

Die RAG leistete durch eigene F&E-Arbeit in vielen Bereichen Pionierarbeit und ermöglichte kooperierenden Bergbauzulieferern einen Zugewinn an Know-how, das in manchen Fällen zur globalen Technologieführerschaft führte. Das Engagement von weit über 500 Projektleitern und zahlreichen Mitarbeitern der RAG führte maßgeblich viele Entwicklungen zum Erfolg.

Die RAG erzielte besonders durch das Instrument F&E ganz erhebliche Fortschritte in Technik, Sicherheit und Umweltschutz. Die RAG-Standards ermöglichen heute eine leistungsfähige Gewinnung von Steinkohle auch in tiefen Lagerstätten mit hohem Schutz der Belegschaft und Grubensicherheit bei minimierten Umwelteinwirkungen.