



Diethard E. Meyer. Foto: André Zelik

Von Menschen ausgehende Umwelteinwirkungen haben vielfach weitreichende geologische Folgen. Besonders im Ballungsraum Ruhrgebiet sind sie unübersehbar und bieten sich zur wissenschaftlichen Untersuchung an, zumal fast alle Naturraumpotenziale betroffen sind.

Geofaktor Mensch

Eingriffe und Folgen durch Geopotenzialnutzung

Von Diethard E. Meyer

Zu den unverzichtbaren Lebensgrundlagen des Menschen gehören neben Wasser, Boden und Luft auch die mineralischen Rohstoffe. Ihre Gewinnung reicht – wie beim Erdöl und Erdgas bis in tausende von Metern Tiefe. Der Geologe Hans Cloos hat unsere Erde treffend als „Wohn- und Entwicklungsraum“ des Menschen und als „verzweigte Kammer seiner Nähr- und Arbeitsvorräte“ bezeichnet. Aus dieser Schatzkammer wurden weltweit in den letzten 50 Jahren mehr Rohstoffe gefördert als in den 5.000 Jahren zuvor!

Die Agenda 21 des „Erdgipfels“ von Rio de Janeiro im Jahr 1992 enthält die Forderung nach einer dauerhaft umweltgerechten und zugleich tragfähigen Entwicklung – vor allem auch zugunsten nachfolgender Generationen. Dieses Ziel kann – auch im Ruhrgebiet – nur erreicht werden, wenn es gelingt, die noch vorhandenen Naturraum- und Geo-

potenziale schonender als bisher zu nutzen, die Emissionen von Schadstoffen weiterhin zu reduzieren, Altlasten zu sanieren und Reststoffe ohne Belastungen für Pflanzen, Tiere und Menschen zu entsorgen.

Lebenswichtige Ressourcen wie Erze, Stein- und Braunkohle oder Baurohstoffe, aber auch Grundwasservorkommen bildeten sich in erdgeschichtlichen Zeiträumen. Jede Lagerstätte nutzbarer Rohstoffe verdankt ihre Entstehung dem glücklichen Zusammenspiel unterschiedlicher geologischer Kräfte und Prozesse. So sind Böden das Ergebnis länger andauernder Verwitterungsprozesse. Alle diese Naturgüter tragen zur Wertschöpfung bei. Sie werden als Geopotenzial zusammengefasst. Insgesamt kennzeichnend ist ihre Standortgebundenheit.

Die Steinkohlenlagerstätte Ruhr ist eine geologisch recht kompliziert gebaute Lagerstätte, insbesondere im Vergleich mit vielen außereu-

ropäischen Vorkommen. Relativ einfache Lagerungsverhältnisse bei geringer Abbautiefe bedeuten niedrige Förderkosten. Wenn jedoch die Kohle – wie im Ruhrrevier – aus bis zu 1.500 Metern Tiefe gewonnen werden muss, dann sind eine hochentwickelte Bergbautechnologie, lange bergmännische Erfahrung und hohe Investitionen die wichtigste Voraussetzung. Hier nimmt der deutsche Steinkohlenbergbau eine Spitzenstellung ein, die nicht verloren gehen sollte. Im Ruhrgebiet wurden im Jahr 2000 rund 78 Prozent der in Deutschland gewonnenen Steinkohle gefördert. Die bis weit unter das Münsterland reichende Lagerstätte Ruhr umfasst 7.500 Quadratkilometer. Hier liegt etwa die Hälfte der 42 Milliarden Tonnen gewinnbarer Steinkohle in Westeuropa. Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Steinkohlebergbaus und der Montanindustrie bleibt unbestritten.



(1) Bergarbeiterdenkmal „Steile Lagerung“ des Bildhauers Max Kratz an der Freiheit in Essen zur Ehrung der Bergleute und ihrer schwierigen Arbeit unter Tage, errichtet am 1. September 1980.

Die durch Rohstoffgewinnung verursachten direkten und indirekten Folgewirkungen haben die gesamte Bergbauregion des „Reviere“ betroffen. Ohne die Industrialisierung, deren wichtigster Motor die Steinkohle war, wäre diese Region heute eher landwirtschaftlich geprägt. Wenn in diesem Beitrag der Geofaktor Mensch in den Mittelpunkt gestellt wird, dann vor allem deshalb, weil am Beispiel des Ruhrgebietes die herausragende Rolle des Homo sapiens als Umgestalter der Natur und ihrer Ökosysteme aufgezeigt werden kann. Die Aufgabe der heutigen Umweltgeologie besteht darin, die Wechselbeziehungen zwischen Natur und Umwelt zu analysieren. Darüber hinaus sind verlässliche Bewertungskriterien für die Umweltsanierung zu erarbeiten. Selbstverständlich müssen dabei auch die sozioökonomischen, umweltrechtlichen und ökologischen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Erst bei ganzheitlicher Betrachtung lassen sich Nutzungs- und Zielkonflikte bereits im Vorfeld von Landschafts- und Wirtschaftsplanungen erkennen.

Das Ruhrrevier war und ist Europas größter montan-industrieller Ballungsraum. Er verdankt seine Existenz eindeutig der Steinkohle. Sie war Motor der industriellen Entwicklung in Deutschland. Die ab 1850 aufblühende Eisen- und Stahlindustrie im Ruhrgebiet gründete sich wesentlich auf die unmittelbare Verfügbarkeit von Steinkohlenkoks. Montanindustrielle Ballungsräume wie das Ruhrgebiet sind samt ihren Randregionen Spitzenverbraucher von Gütern und Rohstoffen jeder Art. Zugleich sind sie aber auch Gewinnungsgebiete volkswirtschaftlich unverzichtbarer mineralischer Rohstoffe wie Steinkohle, Erze, Kalksteine und anderer Massenrohstoffe. Im Ruhrgebiet wird die Steinkohle heute ausschließlich unter Tage gewonnen. Dabei haben die Fördertiefen seit etwa 1850 mit dem Vordringen des Steinkohlenbergbaus von der Ruhr zur Emscher und

schließlich zur Lippe ständig zugenommen. Allein von 1970 bis 1990 nahm die mittlere Gewinnungstiefe von 754 Metern auf 903 Meter zu; heute liegt sie bereits bei rund 1.000 Metern. Im Zuge der Bergbau-Nordwanderung werden im Bereich der Lippe-Mulde Fördertiefen bis 1.200 Meter unter Flur und im Bergwerk Ost sogar bis 1.500 Meter erreicht.

Direkte Einwirkungen gingen vom Abbau selbst aus, wie früher beim Pingenbau an der Erdoberfläche. Dabei wurden gewachsene Biotope und Biozönosen am Abbauort zerstört. Hinzu kommt der Flächenanspruch durch Förderanlagen, Transportwege und Aufbereitungsanlagen. Die Nutzung der Steinkohle führte zur Emission von festen und gasförmigen Schadstoffen (z. B. Ruß, CO₂, CO, SO₂, Stickoxide, Schwermetalle). Hieraus ergaben sich starke Belastungen des Bodens, der Luft und der Vorfluter, sofern nicht hochaufwendige technische Einrichtungen diese Schadstoffe zurückhalten – wie heute Filteranlagen zur Abscheidung von Stäuben und Schwefel beim Betrieb von Kohlekraftwerken oder durch wirksame Abwasserkläranlagen. Derartige Folgewirkungen des untertägigen Bergbaus führen zu längerfristigen, meist irreversiblen Veränderungen im Naturhaushalt (Litho-, Pedo-, Hydro- und Klimasystem). So werden insbesondere durch Bergsenkung, Grundwasserabsenkung, Deposition bergbaulicher Abfallprodukte (Steinkohlebergehalde) sowie durch rohstoffspezifische Emissionen bei der Gewinnung und Aufbereitung zahlreiche hydrogeologische und geochemische Faktoren maßgeblich verändert. Dadurch ergaben und ergeben sich weiterhin gravierende ökologische Folgen und Risiken – letztlich auch für die Menschen im Ruhrgebiet selbst.

Wer den Strukturwandel im Ruhrgebiet in den letzten Jahrzehnten verfolgt hat, dem wird bewusst, dass das im Ruhrgebiet selbst und seiner Umgebung reichlich vorhandene Geopotenzial die Entwicklung

Eingriffe	Folgewirkungen
Landwirtschaft	Pflügen, Düngung Moorkultivierung Monokulturen <ul style="list-style-type: none"> • Bodenveränderungen chemisch und physikalisch • Bodenwasserhaushalt • Bodenerosion (verstärkt)
Verkehrswegebau	Straßen-, Kanal-, Tunnelbau <ul style="list-style-type: none"> • Bodenversiegelung • Zerschneidung von Geoökosystemen
Wasserbau	Staudämme, Talsperren, Flussregulierung, Kanalbau <ul style="list-style-type: none"> • Wasserhaushalt • Strömungsdynamik • Veränderung der Ökosysteme
Städtebau	Hohe Besiedlungsdichte Häuser und Infrastrukturen <ul style="list-style-type: none"> • Flächenversiegelung • Bodenaufhöhungen • Hausmüllkumulation • Ökosystemvernichtung
Rohstoffgewinnung	Techrosion und Massenverlagerung im Tagebau und Bergbau <ul style="list-style-type: none"> • Subsidenz/Bergsenkung • Haldenkörper, Reststoffdeponien • Störung der geologischen Lagerungsverhältnisse • Grundwasserabsenkung • Störung der Hydraulik und Geochemie der Oberflächenwässer
Industrie	Aufbereitung und Produktion <ul style="list-style-type: none"> • Schadstofffreisetzung in Wasser, Boden und Luft • Grundwasserbelastungen • Altlasten

(2) Eingriffe des Menschen und ihre Folgewirkungen im Ruhrgebiet.

in den letzten 150 bis 200 Jahren entscheidend gesteuert hat. Zu diesem Geopotenzial zählen auch zahlreiche andere mineralische Rohstoffe wie Kies und Sand, aber auch Kalksteine, Dolomite und andere Massenrohstoffe. Sie wurden vor allem für die Bauindustrie, die Erzverhüttung, die chemische Industrie sowie die Gießereien benötigt. Die Geschichte ihrer Nutzung seit dem ausgehenden 18. Jahrhundert ist auf das Engste

mit der Entwicklung der Technik, des Verkehrs und der Naturwissenschaften verbunden. Blickt man in die Zukunft, so müssen vor allem die ökologischen und umweltgeologischen Folgewirkungen betrachtet werden, zumal fast alle Naturraumpotenziale betroffen sind. Manche der bisherigen Lösungen von Umweltproblemen werden sich allerdings eines Tages als „Verschiebepfeiler“ entpuppen.

Die in Zukunft zu bewältigenden Aufgaben betreffen insbesondere die Böden, die Oberflächengewässer und das Grundwasser. Aber auch die Begrünung von Steinkohlebergbahnen, die Sanierung von Bergsenkungsgebieten, die Rekultivierung von zahlreichen Altstandorten (z. B. Zechen, Kokereien, Hüttenwerke) und die Wiedernutzung alter Industrieflächen (Brachflächenrecycling) sind weiterhin vordringliche Aufgaben. Ferner ist eine umweltfreundliche Beseitigung anfallender Reststoffe erforderlich (z. B. Filterstäube, industrielle Prozessabfälle, kontaminierte Böden). Die meisten der gravierenden Folgewirkungen sind unumkehrbar. Somit werden sich auch künftige Generationen mit der Bewältigung von Problemen und den damit verbundenen hohen Kosten konfrontiert sehen. Geowissenschaftliche Forschungsarbeiten müssen deshalb solide Grundlagenkenntnisse liefern, aber auch alle diese praktischen Aufgaben flankierend begleiten.

Geofaktor Mensch

Seit Beginn des Industriezeitalters wurde der Mensch zu einem der bedeutendsten geologischen Faktoren auf der Erde. Diese Tatsache aus der Betrachtung des Naturgeschehens ausgeklammert oder meist nicht berücksichtigt zu haben, ist

ein folgenschweres Versäumnis. Der heute geforderten Nachhaltigkeit (sustainable development) wurde wenig Rechnung getragen. Erst seit 1970 hat hier ein Umdenken eingesetzt, dem zögernd Taten folgten. Die Bedeutung der Geowissenschaften mit allen ihren Teildisziplinen für Wirtschaft, Industrie und Forschung ist unübersehbar. Geowissenschaftliche Erkenntnisse sind vor allem im Bergbau, im Sektor Rohstoffgewinnung, in der Energiewirtschaft sowie im Bauwesen, in der Landwirtschaft, Wasserwirtschaft oder auch im Umwelt- und Naturschutz die Basis für Planung und praktisches Handeln. Aber auch die Eingriffe in die Umwelt, deren Folgenabschätzung und Sanierungsvorhaben erfordern geologisches Know-how.

Die Gewinnung nutzbarer mineralischer Rohstoffe durch den Menschen aus Bereichen nahe der Erdoberfläche erfolgt bereits seit Jahrtausenden. Doch erst mit verbesserten Fördertechnologien und dem Einsatz wirksamerer Techniken zur Wasserhebung war weltweit bei der Gewinnung von Rohstoffen ein Vordringen zu immer größeren Fördertiefen möglich. Während bei der landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens das Relief der Erdoberfläche weitgehend erhalten bleibt, ist heute fast jede Form der Rohstoffgewinnung nahe der Erdoberfläche oder aus dem tieferen Gesteinsuntergrund

mit starken Veränderungen der natürlichen geologischen Gegebenheiten – wie Geomorphologie, Lagerungsverband der Gesteine, Stoffbestand oder Wasserhaushalt – verbunden. Da das Ruhrgebiet bis in 1.200 Meter Tiefe bei einer flächenmäßigen Dimension von mehreren tausend Quadratkilometern die am besten erkundete Lagerstätte der Welt ist, lässt sich hier die Rolle des Geofaktors Mensch besonders eindrucksvoll darstellen.

Im Bereich des Rohstoffabbaus an der Erdoberfläche sowie in größerer Tiefe führt dieser anthropogene Eingriff primär zu großen Massendefiziten und zu einer weiträumigen Verlagerung der in flüssiger (Erdöl, Wasser), gasförmiger (Erdgas) oder fester Form (Steinkohle, Erze) gewonnenen Rohstoffe. Diese spezielle Form anthropogener Massenverlagerung markiert in der Regel den Beginn einer langen Kette sekundärer – etwa mit dem Weitertransport der Rohstoffe verbundener – sowie tertiärer, vor allem mit der Rohstoffaufbereitung, Veredlung und effektiven Nutzung dieser Stoffe verknüpfter Massenverlagerungen.¹ Die unmittelbar mit dem von Meyer 1989 als „Techrosion“ definierten Abbauprozess verbundene Massenverlagerung führt zu irreversiblen Umweltauswirkungen. In Zeit und Raum betrachtet, erreichen diese bergbaulich bedingten Veränderun-

gen in Regionen wie dem Ruhrgebiet geradezu geologische Dimensionen. Es können sich daher erst in sehr langen Zeiträumen (10^2 bis 10^4 Jahre) natürliche Gleichgewichtsbedingungen wiedereinstellen.

Vom Menschen ausgehende Umwelteinwirkungen haben vielfach weitreichende geologische Folgen. Die direkte Umgestaltung der Erdoberfläche, aber auch der indirekte Eingriff in heutige geodynamische Prozesse führt langfristig zu einer Verschiebung der von biotischen und abiotischen Faktoren gesteuerten Gleichgewichte. Die sich ergebenden Umweltbelastungen haben letztlich schwerwiegende Rückwirkungen für den Menschen selbst.²

Geologische und bergbauliche Situation im Überblick

Das Ruhrrevier umfasst unterschiedliche landschaftsräumliche Einheiten. Die geographischen Bezeichnungen decken sich nicht immer genau mit den Grenzen der regionalgeologischen Einheiten, denn sowohl das Relief als auch die Gewässer und ihre Ablagerungen wurden durch relativ junge Prozesse geprägt. Dies geschah vor allem während der einzelnen Eiszeiten im Quartär, als sich Gletscher mehrfach bis zur Ruhr vorschoben – zuletzt vor rund 150.000 Jahren. Bei den weitesten Eisvorstößen nach Süden

war während der Elster- und Saale-Eiszeit das Tal der Ruhr, welches bereits existierte, ganz mit Eis ausgefüllt. Geologisch betrachtet sind es drei große tektonische und regionalgeologische Einheiten, die das Ruhrgebiet beherrschen und die dreidimensional betrachtet werden müssen:

1. das paläozoische Grundgebirge des Schiefergebirges (Devon-Karbon)
2. das Deckgebirge des Münsterländer Kreidebeckens (Permo-Trias, Oberkreide)
3. die Grabenstruktur der Niederrheinischen Senke (Tertiär-Quartär).

Das Grundgebirge ist überall unter dem Ruhrgebiet und dem Münsterland vorhanden. Es tritt jedoch nur im Süden beiderseits der Ruhr sowie weiter südlich – hier als Rheinisches Schiefergebirge bezeichnet – direkt an die Tagesoberfläche. Dieses variszische Faltengebirge mit allen seinen Sätteln (nach oben gewölbte Falten) und Mulden (nach unten gewölbt) besteht vor allem aus Schichten des Devons (z. B. im Velberter Raum) sowie des Unter- und Oberkarbons. Die Faltung dieser viele tausend Meter mächtigen Schichtfolge begann bereits im Oberdevon vor über 350 Millionen Jahren und endete im jüngsten Oberkarbon vor 295 Millionen Jahren, nachdem die Steinkohle in führenden

Schichten des jüngeren Oberkarbons (Namur C bis Westfal D) abgelagert worden war. Damit war das breite, ganz Europa durchziehende variszische Gebirge entstanden, das ab der Wende Karbon/Perm vor ca. 300 Millionen Jahren stark abgetragen wurde.

Der im Grundgebirge generell Südwest-Nordost gerichtete Längsverlauf der Schichten wird als „Streichen“ bezeichnet. Es entspricht dem Verlauf der großen Sattel- und Muldenstrukturen. Dieser spiegelt sich auch deutlich im morphologischen Relief beiderseits der Ruhr wider, wo die bis mehrere Zehner Meter mächtigen relativ verwitterungsbeständigen karbonischen Sandsteine als Härtingsrücken der genannten Richtung folgen. An den meist senkrecht oder diagonal zum Generalstreichen verlaufenden tektonischen Verwerfungen („Störungen“) wurden die Sättel und Mulden seitlich versetzt. So entstanden quer zur Längsausrichtung der Faltenstrukturen so genannte Horste, Gräben und Staffelbrüche. Diese „Zerblockung“ des Steinkohlegebirges bedeutet, dass gleich alte Schichten und Flöze an diesen Störungen um teilweise Hunderte von Metern gegeneinander versetzt sind. Der Abbau wurde dadurch sehr erschwert. Durch die vor allem in den Sattelstrukturen intensive Faltung wurden die Flöze zum Teil bis zur Senkrechten auf-

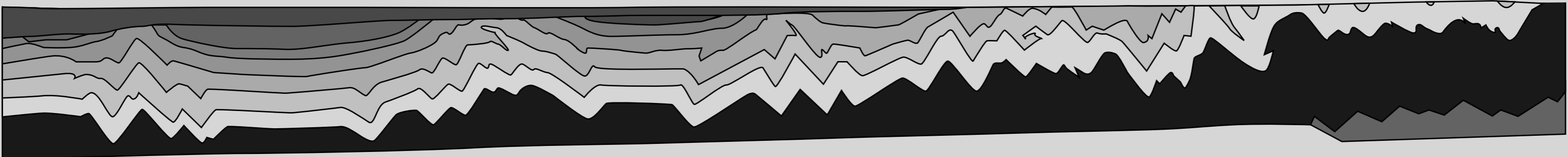
NORDWESTEN Lippe Dorsten

Emscher

Gelsenkirchen Essen Wattenscheid

Ruhr Hattingen

SÜDOSTEN



Lippe-Mulde

Vestischer
Sattel

Emscher-
Mulde

Gelsenkirchener
Sattel

Essener
Mulde

Wattenscheider
Mulde

Bochumer
Mulde

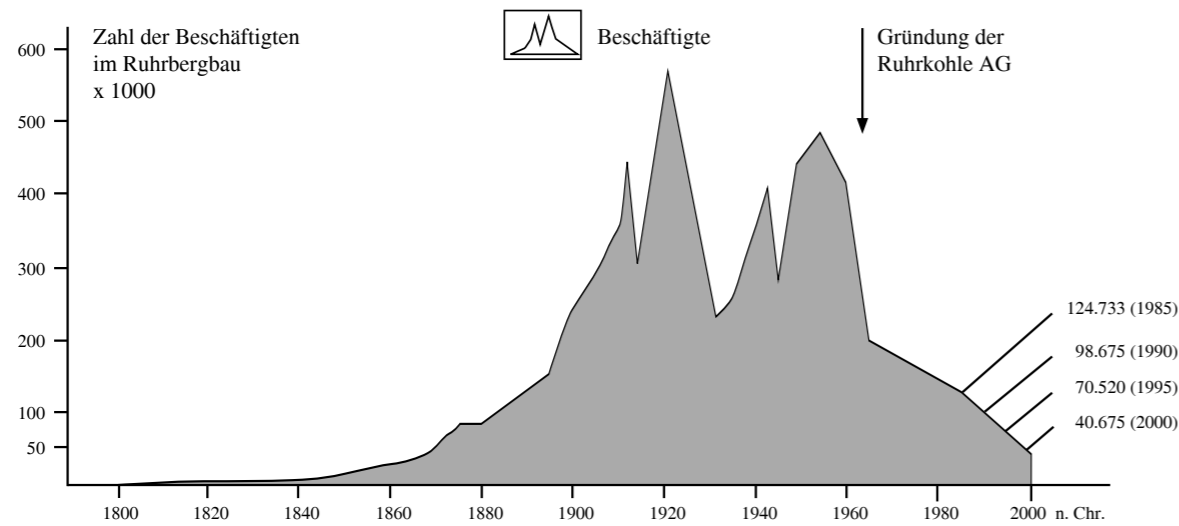
Stockumer
Sattel

Wittener
Mulde

(3) Querprofil durch die oberkarbonische Schichtenfolge des Ruhrgebiets mit überlagerndem Deckgebirge.

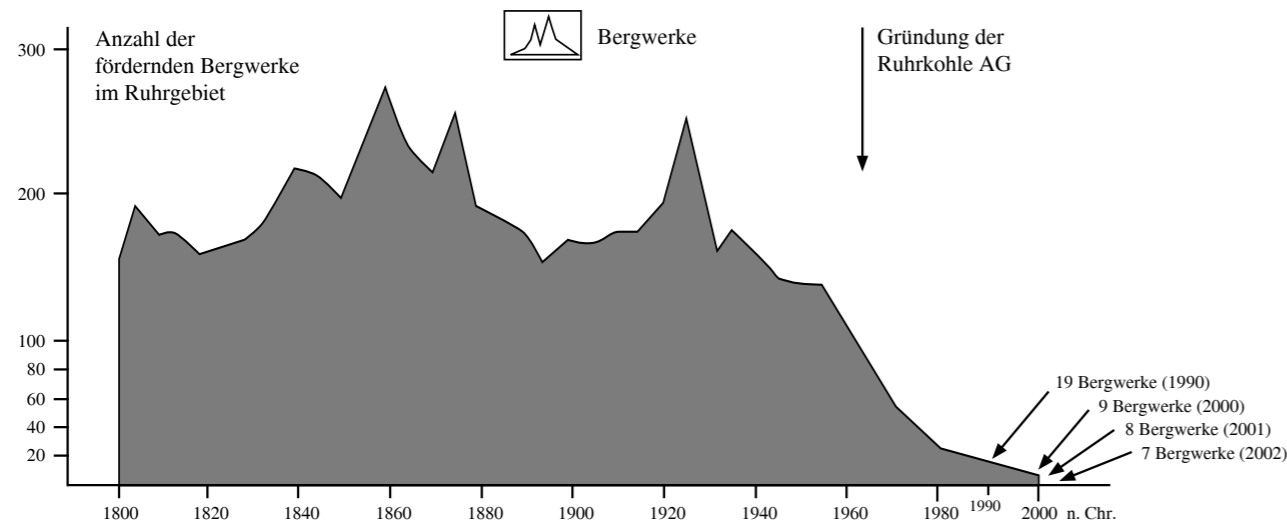
Erläuterung:

Der mittlere Teil des Profils ist an der Geologischen Wand im Essener Grugapark als 14 Meter langes Natursteinrelief dargestellt.



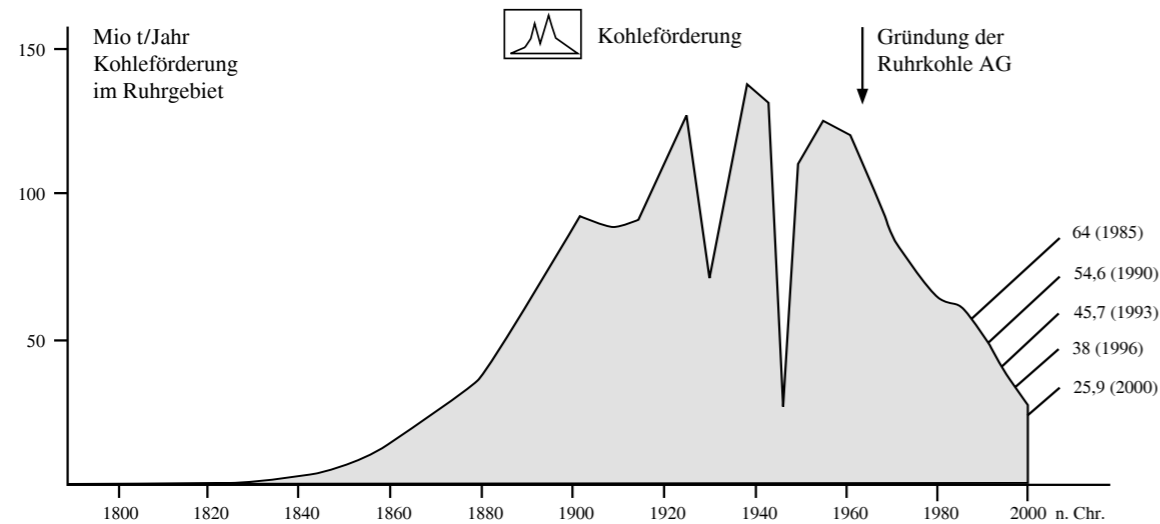
(4) Entwicklung der Beschäftigtenzahlen im Ruhrbergbau.

Quellen: Wiggering 1993 und bislang unveröffentlichte Angaben der DSK (Deutsche Steinkohle)



(5) Entwicklung der Bergwerkschließung.

Quellen: Wiggering 1993 und bislang unveröffentlichte Angaben der DSK (Deutsche Steinkohle)



(6) Entwicklung der Kohleförderung.

Quellen: Wiggering 1993 und bislang unveröffentlichte Angaben der DSK (Deutsche Steinkohle)

gerichtet. Das Bergarbeiterdenkmal „steile Lagerung“ von Max Kratz zeigt, wie schwierig die Arbeit des Bergmanns früher war (Abb. 1).

Heute wird im Ruhrgebiet wegen der Vollmechanisierung der Strebe (Schildausbau, hydraulische Stempel, Schnitt der Kohle mit Walzenschrämmladern) nur noch dort Kohle abgebaut, wo die Flöze mit einer mittleren Dicke von 2,20 Metern relativ flach geneigt liegen. Im Jahr 1960 lag die durchschnittliche gebaute Flözdicke bei 1,05 Metern. Dies ist vor allem in den mehrere Kilometer breiten kofferförmigen Sätteln und Mulden der Fall. Hingegen musste im südlichen Revier der Abbau auf vielen Zechen zu Beginn der 70er Jahre eingestellt werden. Wegen des dort vorherrschenden engen Faltenbaus – bei zugleich starker Flözneigung – war ein mechanisierter Abbau bergbautechnisch nicht möglich oder unwirtschaftlich. Steinkohlevorräte wären hier durchaus noch vorhanden gewesen. In Essen, der einst zechenreichsten Stadt in Europa, wurde 1986 mit der Zeche Zollverein die letzte Zeche stillgelegt. In Dortmund wird ebenfalls seit 15 Jahren keine Kohle mehr gefördert.

Unmittelbar über dem alten variszisch gefalteten Gebirgssockel liegt das jüngere Deckgebirge mit unterschiedlichen Sedimentgesteinen aus der Perm-, Trias- und Kreidezeit. Das Perm (Zechstein) tritt im Raum Wesel als ca. 500 Meter mächtiges Steinsalzlager (Salzbergwerk Borth) auf. Im Nordwesten ist in der Tiefe Buntsandstein (Untere Trias) durch Bohrungen nachgewiesen. Das jüngere Deckgebirge wird aus Schichten der Oberkreidezeit aufgebaut. Im südlichen Ruhrrevier zwischen Mülheim und Unna liegt die Oberkreide direkt auf dem Karbon des Steinkohlengebirges.

Da die Oberkreide-Schichten durch leichte tektonische Einkippung bedingt mit ca. drei bis fünf Grad nach Norden einfallen, verlaufen die Rippen der verwitterungsresistenteren Mergelkalke und Kalk-

steine fast genau Ost-West (Haarstrang). Die weichen tonig-mergeligen Schichten verlaufen diesen parallel. Da sie tiefer erodiert sind, folgen ihnen wichtige Verkehrswege – wie der alte Salzhandelsweg „Hellweg“. Die Hellweg-Börden sind von fruchtbarem Löss bedeckt, der die Kreide-Schichten verhüllt. Durch das flache Einfallen der Kreideschichten nach Norden schwillt das Deckgebirge auf über 400 Meter im mittleren Revier und weiter zur Lippe im Gebiet Hohe Mark bis auf 1.100 Meter an. Dieser „Kreidekeil“ lässt den abbaufähigen Bereich des Steinkohlengebirges – bei einer projektierten Abbautiefe bis 1.500 Meter unter Normalnull nach Norden generell schrumpfen. An dieser Stelle stehen dem Bergbau höchstens noch 400 bis 500 Meter kohleführende Schichten zur Verfügung. Im westlichen Bereich der Lippe-Mulde ist aufgrund einer wesentlich günstigeren bruchtektonisch bedingten Situation das Deckgebirge zum Teil nur 300 bis 500 Meter mächtig, so dass dort bis zu 1.000 Meter mächtiges Steinkohlengebirge erschließbar ist (z. B. Zeche Prosper/Haniel). Mit Ausnahme des Bergwerks Ost (Monopol bei Kamen) liegen alle fördernden Bergwerke im nördlichen Revier in der breiten Lippe-Mulde.

Der jüngste Teil des Deckgebirges besteht aus Ablagerungen der Tertiär- und Quartärzeit. Sie bedecken weite Bereiche insbesondere im mittleren und nördlichen Ruhrgebiet. Aber auch im Süden verhüllen sie teilweise das flözführende Karbon, sodass in den dortigen Bergschadensgebieten oft nur anhand von Pingenzügen der Flözverlauf an der Erdoberfläche zu verfolgen ist. Im Wesentlichen handelt es sich um gröber- bis feinkörnige Lockersedimente in Form von Kies, Sanden, Schluffen, Tonen oder auch mergeligen Ablagerungen (z. B. Grundmoräne). In weiten Teilen des Reviers ist der vom Wind aus dem Gletschervorland herbeitransportierte, zum Teil bis zwölf Meter mächtige fruchtbare Löss

verbreitet. Im Norden finden sich lokal über den Oberkreideschichten Grundmoränenreste sowie holozäne Dünen- oder torfige Ablagerungen. Viele dieser mineralischen Rohstoffe wurden verstärkt seit 1850 wirtschaftlich genutzt. Zahlreiche Sand- und Kiesvorkommen stehen auch noch heute im Abbau.

Entstehung der Steinkohle

Das Oberkarbon ist weltweit die kohlenreichste Formation in der Erdgeschichte, wie bereits der Name (lat. carbo = Kohle) für diese geologische Periode verdeutlicht. In dieser Zeit vor rund 325 bis 295 Millionen Jahren kam es – nach der Eroberung der Festländer durch die ersten Landpflanzen seit Beginn des Devons vor rund 400 Millionen Jahren – zu einer geradezu explosionsartigen Entfaltung der Pflanzenwelt im Oberkarbon: Bärlappgewächse, Farnsamer und Siegelbäume erreichten bereits Baumgröße. Beiderseits des damaligen Äquators kam es unter entsprechend günstigen klimatischen und geologischen Rahmenbedingungen zur Ausbreitung ausgedehnter Waldmoore. Deren abgestorbene Biomasse führte zur Bildung mächtiger Torfschichten, die durch Überlagerung mächtiger Kies-, Sand- und Tonschichten den Prozess der Inkohlung vom Braunkohlen- bis zum anthrazitischen Steinkohlenstadium durchliefen. Entscheidend war die Temperaturzunahme innerhalb der absinkenden gesamten Schichtfolge zur Tiefe hin.

Das Rheinisch-westfälische Steinkohlenrevier ist nur ein relativ schmaler Abschnitt eines riesigen „Kohlengürtels“, der sich nach Westen über das Aachener Revier, Südholland, Belgien und Nordfrankreich bis nach Südengland und Wales – vor Öffnung des Atlantiks sogar bis nach Nordamerika (Appalachen) erstreckt. Nach Osten lässt sich dieser Gürtel bis nach Polen (Oberschlesisches Steinkohlenrevier) verfolgen. Die Gesamtlänge dieses europäischen Kohlegürtels beträgt

1.800 Kilometer. Im Ruhrrevier erstreckt sich das Abbaugelände aus dem linksrheinischen Gebiet (Kamp-Lintfort, Moers) über 100 Kilometer bis in den Raum Hamm/Ahlen. Die ursprünglich größte Breite des Reviers von über 40 Kilometern ist heute auf die Hälfte geschrumpft.

Insgesamt bildete sich dieses europäische Steinkohlenbecken mit seiner insgesamt über 5.000 bis 6.000 Meter mächtigen Schichtenfolge als breite „paralische“ Senke im Vorland des seit rund 315 Millionen Jahren verstärkt aufsteigenden variszischen Gebirges. Als paralisch wird ein flacher kontinentaler Ablagerungsraum in Meeresnähe bezeichnet, der auch selbst immer wieder vom Meer überflutet wird. Während im Unterkarbon – also 355 bis 325 Millionen Jahre vor heute – in diesem bis zu mehreren hundert Kilometer breiten Ablagerungsraum das Meer vorherrschte, kam es durch zunehmende Einschüttung von größerem Abtragungsschutt aus dem im Süden aufsteigenden variszischen Gebirge zu einer allmählichen Verflachung des Meeresraums. Auf diese Weise konnten sich bereits im älteren Oberkarbon, dem Namur C, die ersten Waldmoore ausbreiten. Im Ruhrgebiet werden die ältesten Flöze – wie Gottesseggen, Besserdich oder Neufloz – wie sie im großen Steinbruch Rauen in Witten-Gedern zu sehen sind von einer 1.800 bis 2.000 Meter mächtigen „flözleeren“ Oberkarbon-Schichtfolge unterlagert. Das darüber folgende „Flözführende“, in dem mehr als 300 Flöze innerhalb einer vor allem aus Ton-, Schluff- und Sandsteinen bestehenden Schichtserie vorkommen, erreicht insgesamt bis zu 3.200 Meter Mächtigkeit.

Die flözführende Schichtfolge reicht vom „Liegenden“ (Namur C) bis zum „Hangenden“ (Westfal D). Die jüngsten im Ruhrgebiet noch erschlossenen Schichten sind die Lembecker Schichten, deren Flammkohlen den höchsten Gasgehalt und somit den relativ geringsten Inkohlungsgrad aufweisen. Die ältesten

Flöze mit dem höchsten C-Gehalt (bis über 90 Prozent) bzw. geringsten Gasgehalt (bis unter 10 Prozent) kommen in den Oberen Sprockhöveler Schichten vor, in denen die Kohleförderung zögerlich einsetzte. Diese Tatsache kommt auch in meist sehr geringer Flözdicke, in geringer Flözzahl pro 100 Meter Gesteinsäule und hohem Ascheanteil der Kohle zum Ausdruck. Die enorme Mächtigkeit der überlagernden Schichten und somit die große Versenkungstiefe bewirkte, dass die Inkohlung mit der zur Tiefe hin steigenden Temperatur – im Oberkarbon wahrscheinlich um ein Grad pro 15 Meter – zunahm. Heute nimmt die Temperatur in Mitteleuropa um ca. ein Grad pro 33 Meter Tiefe zu („geothermische Tiefenstufe“).

Dieser gesamte Sedimentstapel des Karbons wurde schließlich von der generell nach Norden wandernden Gebirgsbildung mit erfasst. Durch diese „orogene Welle“ wurden die ursprünglich horizontal abgelagerten Schichten mit ihren wenigen Zentimeter bis maximal fünf Meter mächtigen Steinkohleflözen in Falten gelegt, deren Verlauf im Ruhrgebiet etwa Nordost-Südwest gerichtet ist. Sowohl die Lage der großen Faltenstrukturen, die man als Hauptsättel und Hauptmulden bezeichnet, als auch die tektonischen Störungen waren – neben der schwankenden Kohleförderung der Schichten zwischen anderthalb bis sechs Metern (maximal acht Metern) Kohlemächtigkeit pro 100 Meter Schichtfolge – ausschlaggebend für die bergbauliche Praxis. Aus dem Verlauf der Faltenstrukturen sowie aus dem Verlauf der Störungen quer zum Faltenbau resultiert ein schachbrettartiges Gliederungsmuster der Steinkohlenlagerstätten. Zum Teil spiegelt sich dieses Muster auch in der Wirtschafts- und Siedlungsgeschichte des Ruhrgebietes wider.

Das Deckgebirge der Oberkreide schwillt nach Norden auf über 1.000 Meter an (Raum Haltern). Hier wurden im nördlichen

Ruhrgebiet von 1970 bis in die 80er Jahre Hunderte von Erkundungsbohrungen in einem Areal von über 7.500 Quadratkilometern niedergebracht. Die geophysikalische und geologische Auswertung ergab, dass noch enorme Steinkohlevorräte im nördlichen Ruhrgebiet und im Münsterland bis 1.500 Meter Tiefe lagern – insgesamt 420 Milliarden Tonnen! Allerdings wären in Zukunft kaum mehr als ein Zwanzigstel dieser Vorräte gewinnbar. Die in Deutschland geologisch gesicherten und gewinnbaren Vorräte von ca. 23 Milliarden Tonnen dürften – legt man die voraussehbaren technisch-ökonomischen Rahmendaten zugrunde – keineswegs in vollem Umfang abbauwürdig sein, obwohl sich über 75 Prozent dieser Vorräte in flacher Lagerung befinden. Unter diesem Aspekt ist die Steinkohle „ein nachhaltiger Energieträger“, wie dies auch auf dem Deutschen Steinkohletag in Essen Ende 2001 betont wurde. In der Tat stellt diese Lagerstätte im Ruhrgebiet die weitest ausgedehnte und langfristig nutzbare Energiereserve Deutschlands dar – insbesondere unter dem Blickwinkel der Versorgungssicherheit.

Bergbaugeschichte: Daten und Fakten

Im römischen Xanten wurden Bäder wahrscheinlich schon mit Steinkohle von der Ruhr beheizt. Ein Abbau ist aber erst im Jahr 1129 in Duisburg urkundlich belegt. Zahlreiche Stollen im Ruhrtal, wo beiderseits der Ruhr das flözführende Oberkarbon zutage tritt, waren mit die ersten Gewinnungsorte. Hier begann der gezielte Steinkohlenbergbau. Er kann im Raum Dortmund bis in das 13. Jahrhundert zurückverfolgt werden. Zunächst wurde die Steinkohle vor allem für den Hausbrand, spätestens seit dem 14. Jahrhundert auch für Feuer der Schmiedesse („Esskohlen“) genutzt. Eine sehr alte Gewinnungsart war der Pingenbau. Hierbei wurden

kleine Gruben entlang der an der Erdoberfläche „ausbeißenden“ Kohlenbänke (erst in jüngerer Zeit „Flötze“ bzw. „Flöze“ genannt) abgebaut. Der Name „Pütt“ rührt übrigens von dieser Art des Abbaus her (lat. puteus = Grube bzw. Brunnen). Doch erst mit dem Stollenbau konnte man an den Talhängen der Ruhr die Flöze im Gebirgsstreichen bis tiefer in den Berg hinein verfolgen. Hierzu mussten jedoch kostspielige Entwässerungstollen („Erbstollen“) angelegt werden.

Im Ruhrgebiet förderte man im Jahr 1804 rund 380.000 Tonnen Kohle auf 229 Zechen. Die Einführung der künstlichen Bewetterung, der erste Einsatz von Dampfmaschinen (1801) zur Wasserhaltung und zur Kohleförderung (1809) sowie die gelungene Koksverbrennung (seit 1789) markieren den rasanten technischen Fortschritt in dieser Zeit (Huske 1987). Um 1820 wurden im südlichen Ruhrgebiet die karbonatischen Kohleneisensteine („Blackband“) als Eisenerze mit dem Hauptmineral Siderit (FeCO_3) entdeckt. Dieser heimische Rohstoff bildete die Basis für die rasch aufblühende Eisenindustrie im Ruhrgebiet. Mit Koks aus Ruhrkohle wurden diese Erze ab 1849 erstmals mit Erfolg verhüttet (Friedrich-Wilhelms-Hütte in Mülheim). Damit war der Aufstieg der Stahlindustrie und der Gießereien vorprogrammiert.

Von ganz entscheidender Bedeutung war jedoch der Vorstoß in das Steinkohlegebirge unterhalb der Kreidebedeckung im südlichen Ruhrgebiet. Dass sich das Steinkohlegebirge darunter nach Norden fortsetzte, war bereits 1806 durch von Hövel erkannt worden. Doch erst in den Jahren 1832 und 1839 wurde diese „Mergeldecke“ auf heutigen Essener Gebiet durchstoßen. Hier begann ab 1842 eine regelmäßige Kohleförderung (Zeche Graf Beust in Essen). Um 1840 erreichte der Bergbau auf der Linie Duisburg-Essen-Bochum-Dortmund-Unna die Hellwegzone. Etwa zehn

Jahre später förderten 198 Zechen im Revier bereits zwei Millionen Tonnen Steinkohle. Die Zahl der im Bergbau Beschäftigten lag damals bei 122.000. Die erste ausführliche geologische Beschreibung des Ruhrkarbons mit einer Flözkarte erschien 1859. Die folgenden vier Jahrzehnte bis 1900 waren geprägt von einer ständig steigenden Förderung und einer Ausweitung der Abbaugelände nach Westen bis auf die linke Rheinseite sowie weiter nach Norden bis in den Raum Recklinghausen. Während 1870 der Bergbau bis zur Emscher vorrückte, wurde um 1900 die Lippezone zwischen Wesel und Hamm erreicht.

Der enorm steigende Koksbedarf für die Eisenverhüttung in Hochöfen, die zunehmende Erzeugung von Nebenprodukten (Kohledestillation zur Teergewinnung ab 1883, Treibstoffgewinnung aus Kohle seit 1913) begleiteten diesen Aufstieg. Im Jahr 1939 wurden 130,2 Millionen Tonnen Steinkohle im Revier gefördert – die höchste Jahresförderung im Ruhrbergbau überhaupt! Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden 1957 „nur“ noch 123,2 Millionen Tonnen erreicht, nachdem die Fördermenge 1945 auf 33,4 Millionen Tonnen gesunken war. Diese Menge entsprach 82,5 Prozent der mit 149,4 Millionen Tonnen höchsten Förderung aller vier Steinkohlenreviere in der Bundesrepublik (Ruhr, Saar, Aachen, Ibbenbüren). Etwa ein Drittel der Kohle wurde im Jahr 1957 bereits mechanisch gewonnen. Nach der Gründung der Ruhrkohle (RAG) im Jahr 1968 existieren nur noch 52 Bergwerke und 29 Kokereien. Im Jahr 1957 waren es noch 61 Kokereistandorte. Die Zahl der Großschachtanlagen nahm hingegen deutlich zu. Indessen mussten im südlichen Revier große Zechen – vor allem wegen ungünstiger geologischer Lagerungsverhältnisse – beim weiteren Mechanisierungsprozess (Einsatz des vollmechanischen Strebbaus) stillgelegt werden. Während 1956 noch rund 50 Prozent der

Kohleförderung im Gebiet südlich der Emscher erfolgte, betrug dieser Anteil 1979 nur noch zehn Prozent. Wie sich in jüngster Zeit die Zahl der Zechen, der im Bergbau Beschäftigten sowie die Kohleförderung entwickelte zeigen die Diagramme der Abbildungen 4, 5 und 6.

Die Fördertechnologie machte eine Steigerung der Schichtleistung pro Mann unter Tage zwischen 1957 und heute um etwa das Vierfache möglich. Im Jahr 2000 lag sie bei 6,7 Tonnen je Mann und Schicht.

Die bergbautechnische sowie die wirtschaftlich-industrielle Entwicklung verliefen im Ruhrgebiet in interessanter Weise parallel. Begründet liegt diese Tatsache maßgeblich im geologisch-tektonischen Aufbau der Lagerstätte Ruhr sowie ihrer Erkundungs- und Erschließungsgeschichte. So wurden in der Anfangsphase beiderseits der Ruhr Kohlenarten angetroffen, die sich am besten für Hausbrand und Schmiedezwecke eigneten (Anthrazit, Mager- und Esskohlen). Mit dem Aufblühen von Eisen- und Stahlindustrie waren die Fettkohlen begehrt, die sich bei der Verkokung „fett“ aufblähten und so die am besten verkokbaren Steinkohlen waren. Da diese Fettkohlen sich vor allem in den Bochumer Schichten fanden, führte die Nordwanderung in den Emscherraum zu deren weiträumigen Abbau im mittleren Revier. Die Fettkohlen bildeten gleichsam das „Rückgrat“ des Reviers über Jahrzehnte. Noch 1970 belief sich die Fettkohleförderung auf ca. 75 Prozent der Gesamtfördermenge von 91 Millionen Tonnen. Durch die Verlagerung der Hauptförderung von der Emscher- zur Lippezone rückten aber auch zunehmend die stärker gashaltigen Kohlen, die sich am besten für die Stromerzeugung in Großkraftwerken eigneten, in den Fokus des wirtschaftlichen Interesses. Währenddessen ging der Koksbedarf infolge des Niedergangs der Stahlindustrie stärker zurück. Bei der Verkokung fielen die wichtigen Ausgangsprodukte für den bedeutenden



(7) Auf dem Campus der Universität Essen: Block aus Ruhrsandstein mit großen Strudellöchern – von der Küste des Oberkreidemeeres bei Mülheim-Broich (Kassenberg Steinbruch Rauen).

Industriezweig der Kohlechemie an. Im Gefolge des Strukturwandels kam es jedoch zur Schließung der meisten Kokereistandorte. Heute arbeitet nur noch eine Kokerei im Revier.

Mineralische Rohstoffe und Wasser-Ressourcen im Ruhrgebiet

Das Ruhrgebiet ist lagerstättenkundlich gesehen auch eine Erzprovinz – wenngleich nicht so bedeutend wie benachbarte Reviere (z. B. Siegerland). Zu den wichtigen nutzbaren Rohstoffen zählen neben der Steinkohle und den bereits im 18./19. Jahrhundert nahe der Erdoberfläche abgebauten Eisenerzen (Raseneisenerze im Emscher- und Lippe-Tal; Spateisensteine und Kobleneisensteine im Oberkarbon) bedeutende Vorkommen von Blei-Zink-Erzen. Diese Erze wurden auf drei Zechen abgebaut: in Essen auf der Zeche

Christian Levin, in Gladbeck auf der Zeche Graf Moltke und in Marl-Hüls auf der Zeche Auguste Victoria (Schacht Stein V). Die Haupterze waren hier vor allem silberhaltige Bleiglanz (PbS) und Zinkblende (ZnS) neben anderen Erzmineralen. Zwischen 1938 und 1962 wurden rund fünf Millionen Tonnen Roherze gefördert. Seither liegt der Erzbergbau still, obwohl noch beachtliche Vorräte vorhanden sind.

Von großer Bedeutung war auch der Abbau des „Ruhrsandsteins“. Diese sehr harten oberkarbonischen Sandsteine wurden in zahlreichen Steinbrüchen zwischen Witten-Herdecke und Mülheim – zuletzt am Kassenberg in Mülheim-Broich – gewonnen. Ein über sechs Tonnen schwerer Ruhrsandsteinblock aus dem dortigen Steinbruch Rauen liegt mitten im Campus der Universität in Essen (Abb. 7). Als Bruch- und Werksteine, aber auch als Versatz-

stoffe unter Tage wurden sie über viele Jahrhunderte beiderseits der Ruhr abgebaut. Zahlreiche Burgen, Klosteranlagen, Kirchen, Rathäuser und Brücken, aber auch ältere Fabrikanlagen, Bergbauegebäude und Wohnhäuser wurden aus diesem Ruhrsandstein erbaut. Die meisten „Ruhrsandstein“-Gebäude stehen heute unter Denkmalschutz. Eine Reihe dieser stillgelegten Steinbrüche ist am Geologisch-bergbaukundlichen Wanderweg zwischen Essen-Heisingen und Essen-Werden gut erschlossen und mit Erläuterungstafeln versehen.³ Diese alten Steinbrüche bieten einen ausgezeichneten Einblick in Schichtaufbau und Entstehungsgeschichte des flözführenden Karbons. Ferner sind hier wichtige Dokumente der Bergbaugeschichte zu sehen, wie z. B. alte Stollenmundlöcher. Hier sei vor allem auch auf den Bergbaukundlichen Wanderweg im Muttental bei

geogen	technogen
Ablagerungen junger Vulkanausbrüche basaltische Aschentuffe	Steinkohlebergehalden klastische Sedimentgesteine
<ul style="list-style-type: none"> unverwitterte Minerale, Gesteinsglas (v. a. Silikate wie Feldspäte, Augit, Olivin) 	<ul style="list-style-type: none"> unverwitterte Minerale (v. a. Silikate wie Tonminerale; Glimmer, Quarz)
<ul style="list-style-type: none"> z. T. starke Erosion bei Pyroklastika (durch vulkanische Prozesse zerbrochenes Material) 	<ul style="list-style-type: none"> starke Erosion an Böschungen frisch geschütteten Bergematerials (technogen zerbrochen)
<ul style="list-style-type: none"> Boden fehlt zögernd einsetzende Rohbodenbildung 	<ul style="list-style-type: none"> Boden fehlt oder wird aufgebracht Bergematerial als Substrat für Rohböden
<ul style="list-style-type: none"> geringe Konzentration leicht löslicher Salze hohes Potenzial mineralischer Nährstoffe Silikatverwitterung bei Verwitterung pH-Tendenz basisch Rohbodenbildung v. a. durch physikalisch-chemische Verwitterung (klimaabhängig) 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Konzentration leicht löslicher Salze (v. a. Chloride) → rasche Auswaschung niedriges Potenzial mineralischer Nährstoffe Sulfidverwitterung (Pyrit FeS₂) → Schwefelsäure- und Sulfatbildung → Auswaschung starke pH-Wert-Absenkung (bis pH 2) langsam fortschreitende Rohbodenbildung durch Gesteinszerfall und Mineralumbildung
<ul style="list-style-type: none"> langsame bis z. T. sehr rasche Besiedlung durch niedere Pflanzen und Tiere hochwertige Böden, nachhaltig fruchtbar geringe bis keine Trockengefährdung Boden- und Vegetationsdecke in wenigen Jahrzehnten 	<ul style="list-style-type: none"> Primärsukzession der Pflanzen zögernd einsetzend oder Pioniervegetation durch Ansaat (Spezialmischungen) bodenverbessernde Maßnahmen durch Zufuhr von Kalk, Dolomit, Phosphaten notwendig erhöhte Trockengefährdung Boden und Vegetationsdecke in mehreren Jahrzehnten

(8) Vergleich geogener und technogener Prozesse im Verwitterungskreislauf.

Witten-Gedern sowie auf den Geologischen Garten in Bochum hingewiesen. Dort wurden auf der ehemaligen Zeche Friederica seit 1868 auch jene Kobleneisensteine abgebaut, die anfänglich als heimisches Eisenerz mit Ruhrkoks verhüttet wurden.

Die oberkarbonischen Tonsteine im südlichen Ruhrgebiet, die mergeligen Tone der Tertiärzeit, wie sie am Ostrand der Niederrheinischen Bucht oder im Raum Dorsten-Schermbeck im nördlichen Revier vorkommen, sowie Sandmergel und Mergel der Oberkreide – bis hin zum Löß und Lößlehm des Quartär – wurden für Ziegeleizwecke gewonnen. Hochreine Quarzsande, wie sie noch heute im Raum Haltern bei Sythen in Oberkreideschichten abgebaut werden, wurden speziell in der Glasindustrie, andere hochwertige

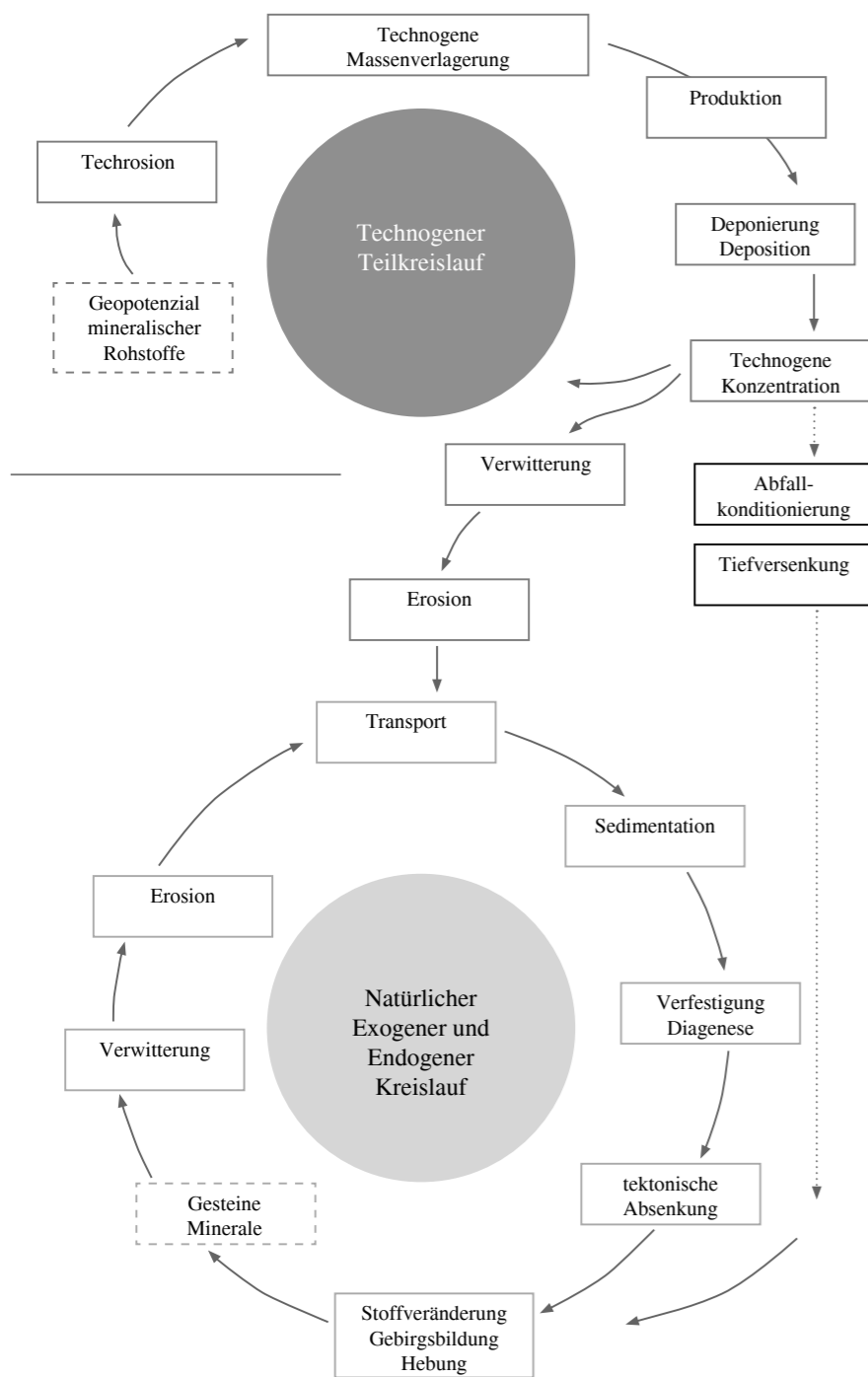
Sande für Gießereizwecke eingesetzt. Hier entstanden größere Tagebaue.

Eine der wichtigsten Ressourcen für die Industrie und die Bevölkerung war und ist das Wasser. Für die Wasserversorgung des westlichen Reviers haben die nördlich der Lippe verbreiteten Halterner Sande besondere Bedeutung. Diese kaum verfestigten, z. T. sehr reinen Quarzsande mit recht hohen Porenvolumen gehören der Oberkreide (Santon) an. Ihre Verbreitung erstreckt sich über ein Areal von fast 900 Quadratkilometern. Hier wird das Grundwasser durch etwa hundert Meter tiefe Brunnen aus einem Grundwasserspeicher gewonnen, der lokal bis 250 Meter Tiefe reicht. Bei der Nordwanderung des Bergbaus in den Lippe-Raum darf dieses wertvolle Wasserreservoir weder durch

Bergschäden noch auf andere Weise gefährdet werden.

Der Mensch als geologischer Faktor im Ruhrgebiet

Der heutige Mensch ist zweifellos zu einen der wirksamsten geologischen Faktoren auf der Erde aufgestiegen. Diese Tatsache wird bereits bei der Betrachtung des Umfangs der mit der Rohstoffgewinnung weltweit verbundenen Massenverlagerungen augenfällig. Am Beispiel des Ruhrgebiets wird besonders klar, wie stark die Inanspruchnahme des gesamten Naturraum- und Geopotenzials war. Keine Frage ist, dass deren Folgewirkungen die Landschaft des Reviers auf viele Jahrzehnte oder Jahrhunderte hinaus maßgeblich beeinflussen werden. Selbst wenn



(9) Anbindung des technosphärischen Kreislaufs an den natürlichen Stoffkreislauf.

der Bergbau in Zukunft ganz eingestellt wird, müssen weite Regionen im Ruhrgebiet nach wie vor durch ständige Polderwirtschaft vor einer Versumpfung bewahrt werden. Viele unumkehrbare Veränderungen im Boden- und Wasserhaushalt, ein hohes Defizit bei der Versorgung der Region mit Baurohstoffen aus unmittelbarer Umgebung bis hin

zur kostenträchtigen Beseitigung umweltgeochemischer Belastungen müssen von künftigen Generationen in Kauf genommen werden. Andererseits gilt es, die verbliebenen Ressourcen bewusst sparsamer als bisher zu nutzen.

Die vom Menschen sehr stark beeinflussten aktuogeologischen Prozesse – wie Erosion, Transport

oder junge Sedimentbildung – sind ebenso zu berücksichtigen wie spezielle geoökologische Standortfaktoren und umweltgeochemische Vorgänge. Dies gilt zum Beispiel bei der Remobilisation von Schwermetallen (Blei, Zink, Kupfer, Cadmium, Nickel) oder anderen toxischen Elementen wie Arsen, welche die Pflanzen- und Tierwelt enorm belasten können. Aus umweltgeologischer Perspektive ist der Baldeneysee – dieser vor fast 70 Jahren künstlich angelegte Stausee der Ruhr – ein instruktives Fallbeispiel. Hier wurden in einem Forschungsprojekt die Sedimente, die sich im See von 1934 bis 1977 abgelagerten, geochemisch untersucht. In den bis zu vier Metern mächtigen Seeablagerungen aus Schluffen ließ sich die Industriegeschichte anhand der variierenden Schwermetallkonzentrationen (z. T. um mehr als das zehnfache normaler Gehalte) über vier Jahrzehnte ablesen.⁴ Hier kommt es ganz wesentlich darauf an, die anthropogen beeinflussten und technogenen Teilkreisläufe längerfristig in den natürlichen exogen-geodynamischen Kreislauf einmünden zu lassen (Abb. 9).

Bei der Rohstoffgewinnung lassen sich primäre, sekundäre und tertiäre Folgewirkungen unterscheiden. Als primär sind z. B. die durch direkte Boden- und Biotopzerstörung sowie durch Relief- und Wasserhaushaltsveränderung bedingten Biotop- und Artenverluste zu bezeichnen. Auch Störungen von Pflanzen- und Tiergesellschaften am Ort des Abbaus und dessen unmittelbarer Umgebung gehören dazu. Sekundäre Folgewirkungen treten immer dann ein, wenn zum Beispiel durch Verwitterung von Sulfiden starke Säuren – wie z. B. auf Berghalden – entstehen. Auch Aktivitäten beim Rohstofftransport, bei der Aufbereitung – etwa beim Brennen von Zementrohstoffen oder dem Abrösten von Erzen – werden Schadstoffe freigesetzt. Sie führen zu einer allmählichen Anreicherung, d. h. zur Geoakkumulation in Sedimenten. Sie können von dort

wieder in die Nahrungskette gelangen. Die Folge können belastende toxische und sogar letale Wirkungen bei Pflanze, Tier und Mensch sein. Als tertiäre Folgewirkungen sind Schädigungen aufzufassen, die längerfristig zu Veränderungen des Stoffhaushalts führen. Infolge wilder Verfüllung von Sand- und Kiesgruben mit Material aus der Rohstoffveredelung (z. B. Bergematerialien, Filterstäuben, Kraftwerksaschen, Verhüttungsschlacken) können sie später auf Ökosysteme bzw. Biotope „durchschlagen“. Heute erfolgt teilweise eine Tief Lagerung von Abfällen wie Filterstäube und Klärschlämme in stillgelegten Grubenbauen der Zechen. Als tertiäre Folgewirkung wären auch die durch CO₂-Erhöhung bedingte globale Klimaerwärmung und alle hierdurch potenziell bewirkten Einflüsse auf die Biosphäre und Anthroposphäre zu bewerten. Immerhin ist vor allem durch die Verbrennung fossiler Energierohstoffe der CO₂-Gehalt der Atmosphäre von 285 ppm in vorindustrieller Zeit auf heute rund 370 ppm angestiegen.

Für die großen deutschen Reviere (Ruhr, Saar, Aachen, Osna-brück-Ibbenbüren), in denen im Jahr 2000 insgesamt 33,3 Millionen Tonnen Kohle gewonnen wurden, gilt, dass sich allein aufgrund der regionalen Lagerstättenausdehnung, des fast flächendeckenden Abbaus, der bisherigen Flächeninanspruchnahme (Abbaufelder, Betriebsflächen, Haldenflächen usw.) sowie der großräumigen stofflichen Veränderungen im Bereich der Erdkruste (Grubenwasserhebung, Steinkohlenförderung, Zutageförderung von Nebengestein) Massenverlagerungen in einer gewaltigen Größenordnung ergaben (Tab. 8). Im Laufe der letzten 100 bis 200 Jahre haben die Folgewirkungen im Ruhrgebiet praktisch sämtliche Naturraum- und Nutzungspotenziale der Lithosphäre, Pedosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre betroffen. Diese Veränderungen haben sich zwangsläufig auch auf fast sämtliche abiotischen

und biotischen Ökofaktoren ausgewirkt.

Um die bisherigen Aus- und Folgewirkungen im Hinblick auf das Naturraumpotenzial und die komplexeren Wechselwirkungen im Naturhaushalt – insbesondere auch in Bezug auf zukünftige Planungen – zu erfassen, müssen zunächst alle bisherigen Fördervolumina von Steinkohle, Nebengestein („Bergematerial“) und Grundwasser sowie die flächenmäßige Inanspruchnahme der Region (z. B. Böden, Gewässer) samt aller bisherigen Belastungen betrachtet werden. Abgesehen von den speziellen regionalgeologischen Rahmenbedingungen in den einzelnen Steinkohlenrevieren spielen beim untertägigen Abbau grundsätzlich die folgenden Faktoren die wichtigste Rolle:

Tiefenlage der gewinnbaren Steinkohlenflöze, Flözmächtigkeit und stoffliche Zusammensetzung der Kohle sowie die tektonischen Lagerungsverhältnisse. Ferner kommt es auf die Standfestigkeit des „Steinkohlengebirges“, die Vorratssituation („bauwürdige Vorräte“) sowie Art und Mächtigkeit des Deckgebirges an. Hinzu kommen die wichtigsten Flözeigenschaften wie Kohlequalität (Anteile von Faser-, Glanz-, Matt- und Streifenkohle), der Reifegrad und Gasgehalt, die Asche- und Schwefelgehalte, die Verkokungseignung sowie die verunreinigenden „Bergemittel“ im Flöz. Weitere bergbaulich entscheidende Faktoren sind die Menge der zufließenden Grubenwässer („Sümpfungswässer“) sowie die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Erst in der Gesamtschau dieser Faktoren wird eine Beurteilung aller in der Vergangenheit aufgetretenen Umweltbelastungen sowie der künftig zu erwartenden Beeinträchtigungen möglich.

Folgen des Massendefizits: Bergsenkung

Durch den Abbau der Steinkohle in den einzelnen Grubenfeldern, in

denen eine oft stark wechselnde Zahl von Flözen bei zum Teil erheblich schwankender Gesamtmächtigkeit übereinander abgebaut wird, kommt es zu regional unterschiedlichen Absenkungsbeträgen, die im Ruhrrevier von mehreren Metern (in den älteren, vor allem südlich der Ruhr gelegenen Abbaugruben) bis zu über 20 Metern (maximal 24 Metern!) in den Kernzonen zwischen Ruhr und Lippe schwanken. Das Zusammenbrechen der bergbaulich geschaffenen Hohlräume (Strebe, alte Förderstrecken) in der Tiefe verursacht somit eine ungleichförmige Landsenkung („Subsidenz“) an der Erdoberfläche. Die Bergsenkung führt zu vertikalen und horizontalen Verstellungen der ursprünglichen Landoberfläche. Dementsprechend wird das topographische Relief samt den Vorflutern (Flüsse, Bäche) in einer Weise verstellt, dass eine natürliche Drainage der Oberflächengewässer nicht mehr erfolgen kann. Das Gefälle der Vorfluter, also der Flüsse Ruhr, Emscher, Lippe und ihrer Nebenflüsse bzw. -bäche, wird mit allen daraus sich ergebenden Konsequenzen gestört.

Seit dem Übergang zum Tiefbau, bei dem die Talsohle der großen Vorfluter unterschritten wurde, und der seit Mitte des 19. Jahrhunderts bis heute anhaltenden Nordwanderung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier wurde davon ein Areal von rund 4.000 Quadratkilometern betroffen. Die Fläche der Grubenfelder aller Bergwerke der Ruhrkohle AG betrug im Jahr 1988 insgesamt 3.044 Quadratkilometer; davon waren zu diesem Zeitpunkt 794 Quadratkilometer in Betrieb. So hat die bisherige Steinkohlenförderung zu einer Veränderung des landschaftlichen Reliefs und des gesamten ober- und unterirdischen Wasserhaushalts auf mehreren tausend Quadratkilometern Fläche geführt. Mit diesen Eingriffen veränderten sich auch viele der entscheidenden Steuerfaktoren für die sich an der Erdoberfläche abspielenden aktuogeologischen Prozesse wie zum Beispiel bei der

Verwitterung und Abtragung sowie hinsichtlich der Transport- und Sedimentationsbedingungen (Abb. 10).

Das Ausmaß der Subsidenz wird deutlich, wenn man die kumulative Fördermenge der Steinkohle im gesamten Ruhrgebiet im Zeitraum von 1800 bis 2000 betrachtet (Tab. 11). Sie betrug in diesen knapp 200 Jahren insgesamt 9,94 Milliarden Tonnen. Dies entspricht einem Gesamtvolumen von über sieben Kubikkilometern. Hinzu müssen noch die mit der Kohle vor allem in den letzten Jahrzehnten verstärkt zutage geförderten Bergematerialien gerechnet werden, deren ursprüngliches Festgesteinsvolumen über 2,64 Kubikkilometer beträgt, sodass sich das insgesamt im Ruhrrevier unter Tage geschaffene Massendefizit auf fast zehn Kubikkilometer beläuft! Das gesamte Senkungsvolumen im Ruhrgebiet seit Beginn des Bergbaus beträgt über achteinhalb Kubikkilometer. Vermindert man dieses Volumen um das Schüttvolumen des Bergematerials auf Halden, so ergibt sich an der Erdoberfläche bis heute ein effektives Massendefizit von überschlägig sechs bis sieben Kubikkilometern. Dieses verteilt sich unregelmäßig auf das gesamte Abbaureal. Die Zahl registrierter Bergschadensfälle betrug in den 90er Jahren bis zu 30.000. Die Schäden werden von der RAG (Ruhrkohle AG) reguliert; über 90 Prozent der zu regulierenden Schadensfälle liegen im Kostenrahmen unter 5.000 Euro. Auch im südlichen Revier können noch jederzeit vom Altbergbau geschaffene oberflächennahe Hohlräume einbrechen und zeitweise zu Verkehrsbehinderungen führen.

Bergehaldenprobleme

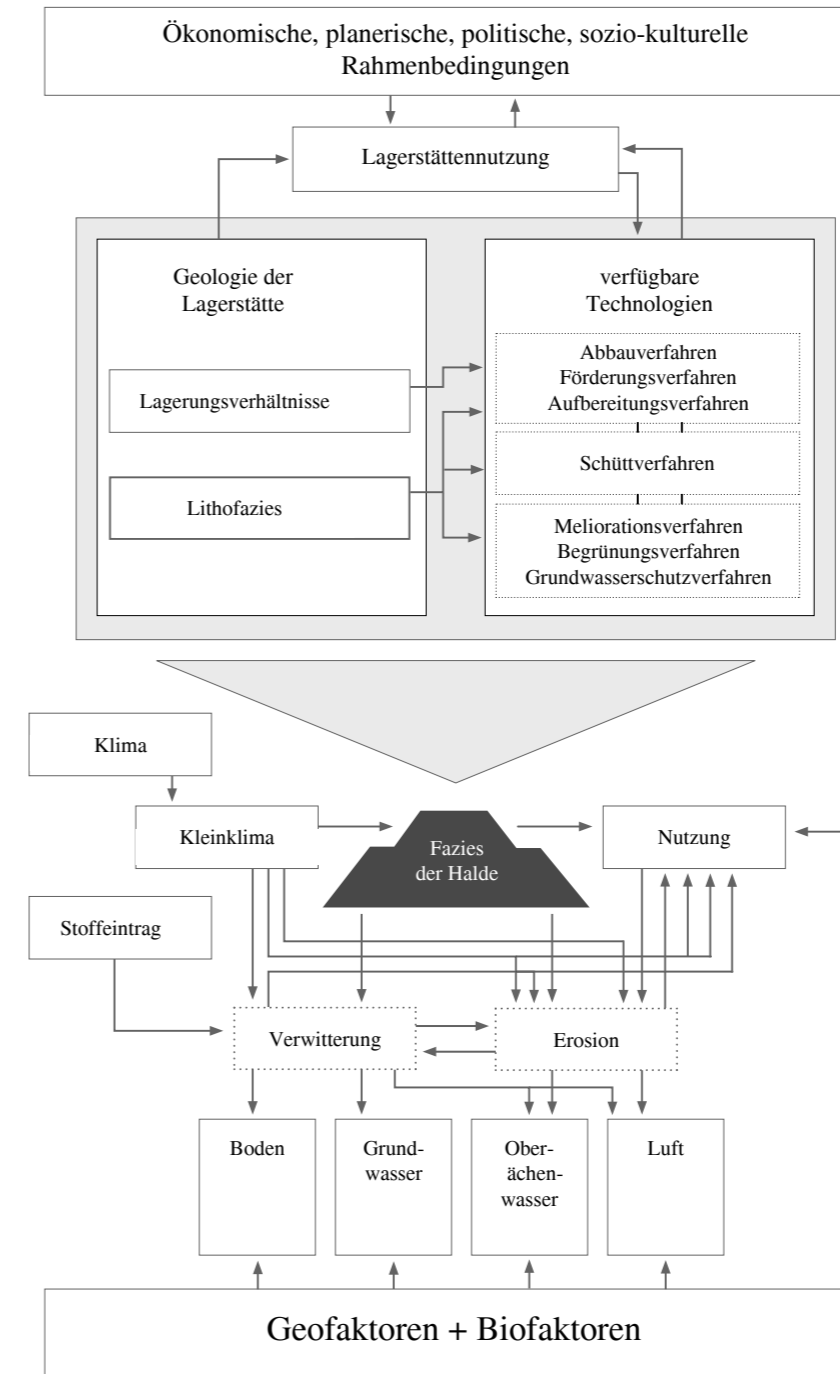
Bei der Bergwerkerschließung und der Kohlegewinnung fallen zwangsläufig auch taube Gesteinsmassen an. Diese bezeichnet man kurz als „Berge“. Da bei vollmechanisiertem Abbau im Streib eine Mindeststrebhöhe – und damit eine Mindestflözdicke – erforderlich

ist, wurde in zunehmendem Maße auch taubes Gestein „mitgeschnitten“. Liegt zum Beispiel die Kohlemächtigkeit bei zwei Metern, dann werden heute Bergemächtigkeiten von bis zu einem Meter in Kauf genommen. Natürlich erhöhte sich dadurch im Zeitraum 1940 bis 1990 ständig die Menge der bei der Kohleaufbereitung anfallenden Grob- und Flotationswaschberge. Größtenteils wurde dieses grobstückige bis feinkörnige Material, das aus Ton-, Silt- und Sandsteinen mit Kohleresten besteht, aufgehaldet. In der ersten Generation waren es Spitzkegelhalden in Zechennähe, die aufgrund der lockeren Schüttung durch Förderbänder ebenso wie später die tafelbergförmigen Halden der zweiten Generation zu Haldenschwelbränden neigten. Viele der „brennenden“ Halden mussten abgetragen werden, um Umweltbelastungen durch Rauch- und Schwelgase zu unterbinden. Eine Selbstentzündung wurde infolge Sauerstoffzutritts und die dadurch einsetzende Oxidation des Pyrits (Schwefelsulfid) in der Restkohle und im Nebengestein begünstigt.

Seit über 20 Jahren werden Großhalden als Landschaftsbauwerke gestaltet und systematisch begrünt. Eingehende geologisch-mineralogische, hydrogeologische, bodenkundliche und ökologische Untersuchungen waren grundlegende Voraussetzung. Als technologische Aufschüttungen weisen die Bergehalden Eigenschaften auf, die sie auch heute noch zu problematischen Gebilden machen.⁵ Insbesondere führen die hohen Eisensulfidgehalte in Form von Pyrit (FeS_2) bei der Verwitterung des Haldenmaterials zu starker Schwefelsäurebildung (H_2SO_4) und damit zu einer drastischen Versauerung (pH-Wert-Absenkung bis unter pH 2). Ein rascher Bodenbildungsprozess sowie eine dauerhafte Begrünung werden durch diesen Säureschub erschwert.⁶ Weitere umfangreiche ökologische Versuche wurden von einer interdisziplinären Arbeitsgruppe an der

Universität Essen an der Versuchshalde Waltrop durchgeführt. Sie haben auch die Chancen für die Entwicklung wertvoller Sekundärbiotopie auf Haldenbrachflächen aufzeigen können. Die Möglichkeit, durch Phosphatmaterial-Zumischung – wie P-haltigen Reststoffen aus der Stahlerzeugung – den Versauerungsprozess zu verlangsamen und so den Sulfataustrag zu minimieren, wurden jüngst durch Laborexperimente geochemisch nachgewiesen.⁷

Welcher Art sind die Umweltbelastungen dieser Steinkohlebergehalden, deren Höhen meist mehrere Zehner bis über hundert Meter erreichen, und deren Grundflächen früher bei fünf bis sieben Hektar, heute aber bereits bis zu 100 Hektar (= ein Quadratkilometer) betragen? Insbesondere hat der fortschreitende Mechanisierungsprozess zu einem starken mengenmäßigen Anwachsen dieser „Waschberge“ geführt. Die Großhalden verändern das Landschaftsbild massiv. Ein Beispiel dafür ist die Halde Hoheward in Herten-Süd. Als künstliche Aufschüttungen fehlen diesen Halden ein gewachsener Boden, ein geregelter Grundwasserhaushalt sowie eine natürliche Vegetationsdecke. Damit steht das Haldenrelief zunächst nicht im Gleichgewicht mit den natürlichen Niederschlags- und Abflussverhältnissen. Die angestrebte Integration der Bergehalden in die Landschaft hängt jedoch nicht allein von ihrer äußeren Form ab. Ausschlaggebend für die Umweltverträglichkeit sind vor allem bestimmte hydrogeochemische, bodenkundliche und biologische Faktoren. Von ihnen hängt letztlich eine dauerhafte, über die Pioniervegetation sich hinaus entwickelnde Vegetationsdecke ab. Bei fortschreitender Verwitterung und Auswaschung des Bergematerials erhöht sich die Salzbelastung des versickernden und frei abfließenden Wassers im Umfeld einer Halde bis zu mehreren hundert Metern Entfernung. Die drainierten Haldenwässer führen in der Regel sehr hohe Gehalte an Salzen (vor allem



(10) Entstehung anthropogeologischer Körper am Beispiel der Steinkohle Bergehalden. Quelle: aus der Dissertation von M. Kerth

Chloride, Sulfate), die von der Auswaschung der Ton- und Siltsteine sowie von der Verwitterung der in der Kohle und dem Gestein vorhandenen Eisensulfide in Form von Pyrit (FeS_2) stammen. Umfangreiche geologische und mineralogisch-geochemische Untersuchungen an Bergematerialien wurden im Fach Geologie der Universität Essen von 1980 bis 2000 durchgeführt.⁸ Die Ergeb-

nisse flossen auch in die Neufassung der Haldenrichtlinien ein.

Auch zukünftig werden Naturraumflächen für Halden beansprucht, wenn nicht größere Mengen des anfallenden Bergematerials wieder unter Tage als Versatz eingebracht werden oder für Bauzwecke in den Fremdsatz gehen. Im Ruhrgebiet kam es gerade mit zunehmender Mechanisierung des

Abbaus zu verstärkter Aufhaltung, obwohl die Förderung inzwischen von 123,2 Millionen Tonnen Steinkohle im Jahre 1957 auf 25,9 Millionen Tonnen im Jahr 2000 gesunken ist. Im rund 4.450 Quadratkilometer großen KVR-Gebiet lag die Gesamtzahl der Halden zu Beginn der 70er Jahre bei 170. Um 1960 gab es im Revier 140 bewirtschaftete Bergehalden. Im Jahr 1980 wurden 30 Großhalden beschickt; im Jahr 2000 waren nur noch 13 Großhalden in Betrieb. Während der Anteil der Berge an der Rohförderung 1940 etwa 18 Prozent und 1960 ca. 33 Prozent betragen hat, stieg er bis 1990 auf rund 47 Prozent. Heute werden pro Tonne geförderte Steinkohle ca. 0,9 Tonnen Gestein mitgefördert. So werden auch in den nächsten 20 Jahren zur bisherigen Haldengesamtfläche von über 30 Quadratkilometern weitere Flächen von mindestens fünf bis zehn Quadratkilometern Größe beansprucht werden.

Eingriffe in das Grundwasser

Im Ruhrgebiet kam es allein durch den Bergbau zu drastischen Veränderungen der Grundwassersituation in allen Grundwasserstockwerken. Infolge der tiefreichenden „Durchbauung“ des Steinkohlengebirges öffneten sich durch Zerbrecchen der Gesteine „Wege“ bis in den tieferen Untergrund, sodass oberflächennahe Grundwasserspeicher weitgehend entleert wurden. Zahlreiche Quellen und Bäche im Gebiet des älteren Bergbaus im Süden fielen trocken. Durch die Zentrale Wasserhaltung der Ruhrkohle (RAG) werden nach wie vor beispielsweise warme salzhaltige Grubenwässer aus z. T. mehr als 400 Metern Tiefe in großer Menge zutage gefördert und in die Ruhr eingeleitet. Im mittleren Revier werden die Grubenwasserzuflüsse durch die teilweise stark abdichtenden Emschermergel der Kreidezeit, die bis zu 350 bis 400 Metern mächtig werden, deutlich verringert. Hier fallen im Schnitt nur ein halber bis zehn Kubikmeter pro

A	Kohleförderung:		
	1800 – 1990:	9,540 x 10 ⁹ t (ca. 7,0	km ³)
	1991 – 2000:	0,399 x 10 ⁹ t (ca. 0,293	km ³)
		9,939 x 10 ⁹ t (ca. 7,3	km ³)
B	Bergematerialförderung:		
	1800 – 1990:	6,625 x 10 ⁹ t (ca. 2,5	km ³)
	1991 – 2000:	0,361 x 10 ⁹ t (ca. 0,146	km ³)
		6,986 x 10 ⁹ t (ca. 2,64	km ³)
C	Gesamtmenge Kohle und Bergematerial:		
	Kohle:	7,30	km ³
	Bergematerial:	2,64	km ³
		9,94	km ³
	(davon ca. 0,43 km ³ im Zeitraum 1991 – 2000)		

(11) Förderbilanz Steinkohle und Bergematerial im Zeitraum 1800 – 2000.

Minute an Grubenwässern an – im Unterschied zu ca. 40 Kubikmetern pro Minute im südlichen Revier, wo das Deckgebirge fehlt.⁹ Da im nördlichen Ruhrgebiet das Deckgebirge zwischen 400 und 1.100 Meter Mächtigkeit besitzt, nimmt in dieser Richtung der Grubenwasser-Zufluss auf einen Kubikmeter pro Minute ab. Es sind vor allem die Sandsteine, die aufgrund ihrer stärkeren Klüftigkeit wasserdurchlässig sind. Aber auch auf tektonischen Störungszonen zirkulieren verstärkt Wässer, an denen hoch mineralisierte Tiefenwässer – vor allem Chloridwässer mit 1.500 bis 50.000 Milligramm gelöster Stoffe pro Liter – emporsteigen können. Solche Tiefengrundwässer werden auch hochgepumpt und nach dem Passieren von Kläranlagen in die Vorfluter eingeleitet. Sie führen insbesondere auch Barium. Radioökologische Untersuchungen ergaben relativ hohe Konzentrationen von Ra²²⁶ und Ra²²⁸ mit entsprechenden Strahlenbelastungen.¹⁰

Die Wasserhebung muss aber auch in Zukunft in den Stilllegungsbereichen des südlichen Ruhrreviers durch die Zentrale Wasserhaltung der RAG fortgeführt werden. Würde das Abpumpen hier endgültig eingestellt, käme es zwangsläufig schon innerhalb weniger Jahre zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels bis in den Talsohlenbereich der Ruhr.

Die Folge wären Versumpfungen und Seebildungen. Zu den flächenmäßig am stärksten betroffenen Gebieten gehörte der Emscher-Lippe-Raum. So mussten im Einzugsgebiet der Emscher im Jahre 1953 erst 147 Quadratkilometer (= 17,6 Prozent) durch Polderwirtschaft künstlich entwässert werden. Im Jahre 1989 waren es bereits 340 Quadratkilometer (= 39,0 Prozent des Emscher-Einzugsgebietes). Zusammen mit dem Einzugsgebiet der Lippe, wo 1981 bereits 243 Quadratkilometer auf diese Weise entwässert werden mussten, werden heute im nördlichen Ruhrrevier mehr als 800 Quadratkilometer gepoldert. Diese Aufgabe wird heute gemeinsam von der Emscher-Genossenschaft und dem Lippeverband wahrgenommen. Auch bei der derzeit stark rückläufigen Kohleförderung wird die Fläche künstlich zu entwässernder Areale („Poldergebiete“) künftig noch weiter zunehmen. Würde man alle Pumpen abschalten, so würden Seen mit einer Fläche von bis zu 350 bis 400 Quadratkilometern entstehen. Die das Relief und den Wasserhaushalt beeinflussenden Veränderungen wirken sich sowohl direkt als auch indirekt auf die Böden und ihre Nutzung (z. B. Land- und Forstwirtschaft), insbesondere auf die in den grundwasserabhängigen Gebie-

ten existierenden Ökosysteme aus. Dadurch beeinträchtigt werden auch viele andere nutzbare Geopotenziale der Rohstoff- und Wasserwirtschaft sowie Bauwerke und Infrastrukturen wie Verkehrsbauten oder Leitungen.

Summary

Mankind is the custodian of the earth's resources! Mineral resources from the earth's crusts are indispensable economic means of existence. The revolutionary development of natural and technical sciences enabled man to extract these nonrenewable resources through usage of highly efficient techniques. The mass displacement by opencast and underground mining has grown exponentially in the last two centuries. Modern mining methods and processing techniques contributed to the acceleration of industrialisation. Thus, man has become one of the most powerful geological agents.

The Ruhr area, where 5.4 million people live, is the most important urban-industrial region in Europe. The driver of industrialisation in this area was the enormous reserve of bituminous (hard) coal in the Upper Carboniferous strata. Up to now about 10 billion m³ of coal were extracted. The mining history began at least seven centuries ago. The demand for coal, iron and many other geo-resources increased remarkably within the 19th and 20th century. Therefore, the interference of human society with nature and environmental potential (e. g. soil, water, groundwater, landscape) became more and more detrimental until an efficient environmental management program began 30 years ago.

The focus of this contribution is to demonstrate the manifold geological and environmental impacts primarily caused by hard coal mining in an area covering more than 4.000 m² and up to the depth of 1.500 m. But land disturbance was not only

caused by mining activities. Many other environmental problems are due to carbonisation, steel production, chemical industry, waste water drainage, or construction. All these activities resulted in the pollution of air; geomorphological features changed irreversibly (e. g. land subsidence, regional ground water flow, coal mining waste heaps). Although coal mining will continue in the future long-term impacts must be minimised and complex ecological damages mitigated through rehabilitation in order to create a stable postmining landscape. Applied geoscientific research, especially in environmental geology can provide databases for geoecological future planning. The eminent vitality of the Ruhr area can only be secured through institution of an integrated biogeochemical cycle that addresses natural and anthropogenic processes.

Anmerkungen

- 1) Meyer 1986
- 2) Meyer 1986, 1993
- 3) Meyer 1981, 1996
- 4) Niehaus 1981
- 5) Meyer/Wiggering 1991
- 6) Kerth 1989
- 7) Maassen 1999
- 8) u. a. Wiggering 1984, Kerth 1988, Finke 1992, Dölling 1995, Schweisfurth 1996, Maassen 1999, Schmid 2001
- 9) Hahne/Schmidt 1982
- 10) Wiegand 2001

Literatur

- Dölling, M.: Bindungsformen und Mobilität ausgewählter Schwermetalle in Abhängigkeit des Verwitterungsgrades aufgehaldeter Ton-, Silt- und Sandsteine (Berge des Oberkarbons), Diss. Universität-GH Essen 1995.
 – Finke, G.: Mobilität des Elementes Aluminium bei der Verwitterung von pyrithaltigem Steinkohlenbergematerial, Diss. Universität-GH Essen 1992.
 – Hahne, C./Schmidt, R.: Die Geologie des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengbietes, Glückauf, Essen 1982.
 – Huske, J.: Die Steinkohlenzechen im Ruhrrevier. Daten und Fakten von den Anfängen bis 1986, Veröff. aus dem Deutschen Bergbau-Museum, Nr. 40, Bochum 1987.
 – Kerth, M.: Die Pyritverwitterung im Steinkohlenbergematerial und ihre umweltgeologischen Folgen, Diss.

Universität-GH Essen 1988.

- Maaßen, H.: Geochemische Eindämmung der Pyritoxidation in Steinkohlenbergematerialien durch Phosphatzugabe, Diss. Universität-GH Essen 1999.
 – Meyer, D. E./ Wiggering, H.: Steinkohlenbergbau – ökologische Folgen, Risiken und Chancen, in: Wiggering, H., Kerth, M. (Hrsg.): Bergehalden des Steinkohlenbergbaus., Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1991, 1-8.
 – Meyer, D. E.: Der geologische Wanderweg am Baldeneysee im Ruhrtal bei Essen, Mittl. Geol. Ges. Essen, 10/1981, 7 – 21.
 – Meyer, D. E.: Massenverlagerung durch Rohstoffgewinnung und ihre umweltgeologischen Folgen. Z. dt. geol. Ges. 137/1986, 188-193.
 – Meyer, D. E.: Rohstoffgewinnung – ökologische Folgen, Risiken und Chancen. Verhandlungen der GFÖ, Band XVII/1989, 21-29.
 – Meyer, D. E.: Aus- und Folgewirkungen des Steinkohlenbergbaus, in: H. Wiggering (Hrsg.): Steinkohlenbergbau, Ernst & Sohn, Berlin 1993, 116-121.
 – Meyer, D. E.: Geologische Aufschlüsse, Naturdenkmale und Lehrpfade – ihre Bedeutung für die Gesellschaft, Geol. Jb. A 144/1996, 5 – 34.
 – Neumann-Mahlkau, P./Wiggering, H.: Bergeverwitterung: Voraussetzung der Bodenbildung auf Bergehalden des Ruhrgebietes, Kommunalverband Ruhrgebiet, Essen 1986.
 – Niehaus, H.-Th.: Anthropogene Einflüsse auf die Sedimentation im Baldeneysee (Essen/Ruhr), Diss. Universität-GH Essen 1981.
 – Schmid, S.: Untersuchung zur Radionuklidelastung von Oberflächenwässern, Sedimenten und Böden als Folge des Steinkohlenbergbaus im Ruhr-Revier, Diss. Universität Essen 2001.
 – Schweisfurth, M.: die Verwendung von Steinkohlbergematerial im Deponiebau, Diss. Universität GH Essen 1996.
 – Stach, E., Mackowsky, M.-Th. et al. (Hrsg.): Stach's Textbook of Coal Petrology, Borntraeger, Berlin/Stuttgart 1975.
 – Wiegand, J.: A guideline for the evaluation of the soil radon potential etc., Environmental Geology 40/2001, 949-963.
 – Wiggering, H.: Mechanismen bei der Verwitterung aufgehaldeter Sedimente (Berge) des Oberkarbons, Diss. Universität-GH Essen 1984.
 – Wiggering, H./Kerth, M. (Hrsg.): Bergehalden des Steinkohlenbergbaus etc., Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1991.
 – Wiggering, H. (Hrsg.): Steinkohlenbergbau, Steinkohle als Grundstoff, Energieträger und Umweltfaktor, Ernst & Sohn, Berlin 1993.

Der Autor

Diethard E. Meyer wurde 1938 in Berlin-Steglitz geboren. Nach dem Schulbesuch in Quedlinburg (1944-46) und Marl (1946-58) studierte er Geologie in Göttingen (1958-60) und Bonn (1960-64). Nach seinem Abschluss als Diplom-Geologe im Jahr 1964 erhielt

er ein Promotionsstipendium der Stiftung Volkswagenwerk (Stratigraphie und Fazies am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges). Von 1967-75 arbeitete er als wissenschaftlicher Assistent am Geologischen Institut der Universität Bonn, wo er 1969 promovierte. Seit 1975 ist er an der Universität Essen im Fach Geologie in Forschung und Lehre tätig, zunächst als Akademischer Oberrat, seit 1990 als Studiendirektor im Hochschuldienst. Wissenschaftliche Arbeiten verfasste er zur Stratigraphie, Tektonik, Sedimentologie und Paläogeographie sowie zur Regionalen und Angewandten Geologie (Lagerstätten mineralischer Rohstoffe, Ingenieur- und Hydrogeologie). Seit 1975 liegt sein Schwerpunkt im Bereich Umweltgeologie. Forschungsarbeiten wurden vor allem in Mitteleuropa (Rheinisches Schiefergebirge, Ruhrgebiet), Asien (Türkei, Nepal, Afghanistan) und Nordwestafrika (Marokko) durchgeführt. Die Aktivitäten in diesen Regionen konzentrierten sich auf Beiträge zu den tektonisch-paläogeographischen Beziehungen im Bereich der Mitteleuropäischen Kristallinzone sowie zur Faziesanalyse paläozoischer Sedimentationsräume. Weitere Studien bezogen sich auf die Karbonatmikrofazies in Flach- und Tiefsee-Sedimenten, insbesondere in Ablagerungen der Unter- und Oberkreide des Atlantiks (Marokko). In der Türkei wurden tektonische Probleme längs der Nordanatolischen Erdbebenlinie bearbeitet. Darüber hinaus konzentrierte sich Meyer auf die Lösung von Umweltproblemen in Bergbaufolgelandschaften und die Klärung von Naturschutzfragen (u. a. Konzeption und Anlage von geologischen Lehrpfaden). Die Forschungen in Nepal waren Teil eines Entwicklungsprojektes (Technische Hilfe). Das Marokkopjekt fand im Rahmen des internationalen Deep Sea Drilling Program (DSDP/ IPOD) statt. Interdisziplinär ausgerichtet waren auch petrographisch-mineralogische Forschungsarbeiten zur Entwicklung symbiotischer Baustoffe und zur Konstruktion künstlicher Riffe.