

**Geographisch-landeskundlicher
Atlas von Westfalen**

II

**Lieferung 3
Doppelblatt 1**

**Begleittext
zum Doppelblatt**

**LAGERSTÄTTEN /
GESTEINSARTEN / KARST**

**aus dem Themenbereich II
LANDESNATUR**

von

Herbert Reiners, Holger Furch

Ernst Theodor Seraphim, Wolfgang Feige

**Herausgegeben von der
Geographischen Kommission für Westfalen
Landschaftsverband Westfalen-Lippe**



**Aschendorff Münster
1987**

INHALT

| | |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">Abbauwürdige Lagerstätten HERBERT REINERS</p> <p>1. Einführung 1</p> <p>1.1 Vorbemerkung und Definitionen 1</p> <p>1.2 Räumliche und sachliche Begrenzung 2</p> <p>1.3 Lagerstättensicherung als Aufgabe der Landes- und Regionalplanung 2</p> <p>2. Abbau von Bodenschätzen unter Tage 3</p> <p>2.1 Steinkohle 3</p> <p>2.1.1 Verbreitung und Abbauwürdigkeit 3</p> <p>2.1.2 Wirtschaftliche Bedeutung, künftige Entwicklung und Planungskonzept 5</p> <p>2.2 Erze und Industrieminerale 8</p> <p>2.2.1 Gegenwärtige Situation des Erzbergbaues 8</p> <p>2.2.2 Verbreitung und Abbauwürdigkeit 10</p> <p>2.3 Salz, Gips 11</p> <p>2.4 Erdöl und Erdgas 12</p> <p>3. Abbau von oberflächennahen Bodenschätzen 12</p> <p>3.1 Braunkohle 12</p> <p>3.2 Fest- und Lockergesteine 14</p> <p>3.3 Ölschiefer 15</p> <p>3.4 Torf 15</p> <p>Literatur 16</p> <p style="text-align: center;">Gesteinsarten Oberflächennahe Fest- und Lockergesteine HOLGER FURCH</p> <p>1. Einführung 18</p> <p>2. Baueinheiten der Erdkruste im westfälischen Raum und Gesteinsarten 18</p> <p>3. Grauwacke, Tonschiefer, Schiefer, Quarzit 19</p> | <p>4. Sandstein 19</p> <p>5. Karbonatgestein (Kalksandstein) 21</p> <p>6. Vulkangestein 21</p> <p>7. Tonstein, Mergelstein 21</p> <p>8. Lockergesteine und Braunkohle 21</p> <p>9. Biotithe (Hoch- und Niedermoortorf) 22</p> <p>Literatur 22</p> <p style="text-align: center;">Karst Grundriß der Runderother (Aggertal-)Karsthöhle 23 ERNST TH. SERAPHIM</p> <p style="text-align: center;">Quartärbasis, Verwerfungen und Erdfälle des Heiligen Feldes am Schafberg bei Ibbenbüren 24 ERNST TH. SERAPHIM</p> <p style="text-align: center;">Karbonatkarstlandschaften im südöstlichen Westfalen WOLFGANG FEIGE</p> <p>1. Einführung 26</p> <p>2. Die Karstlandschaft der Briloner Hochfläche – Vollkarst im devonischen Massenkalk des Rheinischen Schiefergebirges 27</p> <p>3. Die Karstlandschaft des östlichen Haarstranges und der Paderborner Hochfläche – Halbkarst am Südostrand des westfälischen Kreidebeckens 30</p> <p>Literatur 33</p> |
|--|---|

Abbauwürdige Lagerstätten

VON HERBERT REINERS, MÜNCHENGLADBACH

1. EINFÜHRUNG

1.1 VORBEMERKUNG UND DEFINITIONEN

Ein geographisch-landeskundlicher Atlas wird mit der bloßen Wiedergabe der Verteilung von Lagerstätten den interessierten Benutzer nicht zufriedenstellen, insbesondere deshalb nicht, weil die Veranschaulichung des gesamten Potentials nicht selten darüber hinwegtäuscht, daß eine Inanspruchnahme der Bodenschätze durch Abbau/Gewinnung der Mineralien meist nur begrenzt möglich ist. Neben geowissenschaftlichen, marktwirtschaftlichen und technischen Kriterien für die Abbauwürdigkeit, durch die die vorhandenen Vorräte an Bodenschätzen auf einen verwertbaren Anteil vermindert werden, erfahren die Lagerstätten auch eine Einschränkung durch vorhandene und künftige Besiedlung, Verkehrsanlagen, Grundwasserschutz, Sicherung des Naturhaushaltes und der Erholung.

Lagerstätten sind natürliche Ablagerungen oder Anreicherungen von mineralischen Rohstoffen in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand, die in oder auf der Erde, auf dem Meeresgrund, im Meeresgrund oder im Meerwasser vorkommen ungeachtet dessen, ob sie genutzt werden. Zu unterscheiden sind Ressourcen/Gesamtvorräte (= nachgewiesene und unentdeckte Rohstoffvorräte) und Reserven (= zu einem gegebenen Zeitpunkt wirtschaftlich nutzbare, d. h. abbauwürdige Teile der Ressourcen). Im einzelnen werden mit Gesamtvorrat „Volumen (m³) oder Masse (t) nutzbarer Mineralien oder Gesteine oder flüssiger oder gasförmiger Stoffe“ erfaßt, wobei nach dem Grad der Untersuchung sichere, wahrscheinliche bzw. mögliche Vorräte unterschieden werden. In ähnlicher Weise gibt es eine Differenzierung der Bauwürdigkeit nach dem Grad der wirtschaftlichen Nutzbarkeit von Rohstoffen – bauwürdiger, bedingt bauwürdiger und nicht bauwürdiger Vorrat, der im wesentlichen von folgenden Faktoren bestimmt wird: Quantität und Qualität des Rohstoffs, Lagerungsverhältnisse, Gewinnungstechnik, Aufbereitungstechnik, Verwendungstechnik, Eigentumsverhältnisse, Infrastrukturelle Lage, Umweltschutz und Ökolo-

gie, Arbeitskräfte, Sozialstruktur, Absatzmarkt und Wirtschafts- und Rohstoffpolitik. Hinzu kommen die rechtlichen Rahmenbedingungen, die ggf. durch eine verschiedenen große Zahl von zu beachtenden Fachgesetzen bestimmt werden (nach BENDER 1981, S. 507ff.; DIN 23003).

Die vorgenannten Merkmale sind bei den einzelnen Bodenschätzen unterschiedlich ausgeprägt, d. h. sie sind bei einer Bewertung jeweils im Hinblick auf den einzelnen Rohstoff und seine spezielle Lagerstätte, ggf. auch in unterschiedlicher Gewichtung, zu berücksichtigen. Darauf wird, soweit in diesem Zusammenhang erforderlich, bei der Darstellung der jeweiligen Lagerstätten eingegangen.

Bodenschätze sind – außer Wasser – alle mineralischen Rohstoffe in festem oder flüssigem Zustand und Gase, die in natürlichen Ablagerungen oder Ansammlungen (Lagerstätten) vorkommen (§ 3, Abs. 1, BBergG). **Grundeigene** Bodenschätze, u. a. Basaltlava, Dachschiefer, Quarz und Quarzit, soweit zur Herstellung von feuerfesten Erzeugnissen, Ton, soweit zur Herstellung von feuerfesten, säurefesten oder nicht als Ziegeleierzeugnisse anzusehenden keramischen Erzeugnissen oder zur Herstellung von Aluminium geeignet, Kies und Sand sind Eigentum des Grundeigentümers (§ 3, Abs. 2 i. V. m. Abs. 4, BBergG). An **bergfreien** Bodenschätzen stehen dem Grundeigentümer dagegen keine Rechte zu. Es gehören dazu u. a. Blei, Eisen, Kupfer, Zink; Stein- und Braunkohle, Kohlenwasserstoffe; Stein- und Kalisalz, Schwespat (§ 3, Abs. 2, Satz 2 und Abs. 3, BBergG).

Die Förderung von Bodenschätzen, für deren Betrieb es einer rechtlichen Zulassung nach dem Bundesberggesetz bedarf, wird im folgenden mit **Abbau** bezeichnet, die Förderung von nicht der Bergaufsicht unterliegenden Bodenschätzen mit **Gewinnung**. Letztere richtet sich nach dem Wasserhaushaltsgesetz, dem Abtragungsgesetz und dem Bundesimmissionschutzgesetz in Verbindung mit jeweils im Einzelfall heranzuziehenden weiteren Fachgesetzen (u. a. Bundesnaturschutzgesetz, Landschaftsgesetz NW, Bundeswaldgesetz, Landesforstgesetz NW).

1.2 RÄUMLICHE UND SACHLICHE BEGRENZUNG

Die Darstellung kann sich weder zeichnerisch noch erläuternd auf den Raum des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe, d. h. die Regierungsbezirke Arnsberg, Münster und Detmold, beschränken, wenn dieser auch Kernbereich aller Karten des Atlaswerkes ist. Es wird für notwendig gehalten, aus dem gesamtäumlichen Zusammenhang heraus auch die übrigen im Blattschnitt enthaltenen Teile des Landes Nordrhein-Westfalen einzu beziehen. Dagegen werden die von den Nachbarländern Niedersachsen, Hessen und Rheinland-Pfalz noch erfaßten Gebiete nur im Überblick behandelt. Sachlich erfolgt eine Beschränkung auf jene Lagerstätten, die sich unter bestimmten Voraussetzungen als abbauwürdig erwiesen haben. Dazu gehören sowohl fossile Brennstoffe (Stein- und Braunkohle, Erdgas und -öl sowie Ölschiefer und Torf) als Energierohstoffe als auch jene, die in vielfältiger Weise für die gewerbliche Wirtschaft in Anspruch genommen werden: Erze und Industriemineralien, Spezialsande und die überwiegend in der Bauwirtschaft Verwendung findenden Massenrohstoffe der zahlreichen Fest- und Lockergesteine.

In der Karte 1 (i. M. 1:750 000) sind flächenhaft in der Regel nur jene Lagerstätten darstellbar, die mehr als 50 ha (= 1 mm²) belegen. Das bedeutet, daß z. B. bei den Fest- und Lockergesteinen durchaus zahlreiche Abbau- und Gewinnungsbetriebe über Lagerstätten unterhalb dieser Größenordnung verfügen. Wenn auch aus Maßstabsgründen auf deren Einbeziehung verzichtet werden muß, sind auch diese zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit notwendig. Außerdem gibt es Lagerstätten einiger weniger Minerale, die ebenfalls keine große räumliche Verbreitung, aber wegen ihrer Seltenheit und Eigenschaften besondere Bedeutung haben, z. B. Schwespat, Basalt, Diabas, Schiefer oder Tone. Sie sind bei der Generalisierung ihrer Verbreitung durch eine geringfügige Vergrößerung hervorgehoben worden. Die flächenhafte Abgrenzung von Lagerstätten, insbesondere von oberflächennahen Bodenschätzen, ist – je nach Konjunktur der Bauwirtschaft – einem erheblichen Wandel unterworfen. Daher werden auch Lagerstätten erfaßt, die inzwischen möglicherweise abgebaut und wieder rekultiviert bzw. anderen Nutzungen zugeführt sind.

In den Erläuterungen finden schließlich noch Lagerstätten Erwähnung, deren Abbau/Gewinnung gegenwärtig aus marktwirtschaftlichen Gründen gestundet, d. h. vorübergehend unterbrochen oder vollständig eingestellt worden ist. Solche Blei-, Zink-, Eisen- und Kupfererzlagertstätten sind dennoch als volkswirtschaftliches Gut ein bedeutsames Potential, das langfristig wieder Bedeutung erlangen könnte. Für sie ist auch ein angemessener Schutz angezeigt. Insgesamt beanspruchen die Erläuterungen keine Vollständigkeit einer Analyse der Lagerstätten des Untersuchungsraumes. Es kann weder auf ihre Genese noch auf eine durchgängige Einordnung der im Untersuchungsgebiet abgebauten/gewonnenen Bodenschätze in die nationale bzw. europäische Förderung eingegangen werden. Für ein vertiefendes Studium wird auf die entsprechende Literatur hingewiesen.

1.3 LAGERSTÄTTENSICHERUNG ALS AUFGABE DER LANDES- UND REGIONALPLANUNG

Anläßlich der Beratungen des Entwurfes für das Bundesberggesetz war in Fachkreisen erwartet worden, daß die Rohstoffsicherung als Instrument einen angemessenen Platz in diesem neuen Gesetz erhalten würde, d. h. die mittel- und langfristige Sicherung von Lagerstätten bei allen Maßnahmen, die Flächen beanspruchen, unter denen abbauwürdige Bodenschätze liegen, um diese als volkswirtschaftlich bedeutsames Gut zu schützen (Rohstoffsicherungsklausel). Abgesehen von einigen in diesem Gesetz enthaltenen Absichtserklärungen ist diese Erwartung nicht erfüllt worden. Statt dessen verwies die Bundesregierung damals auf die Ergänzung der Grundsätze der Raumordnung im Raumordnungsgesetz, die jedoch erst 1986 vollzogen wurde.

Seither soll „den Erfordernissen der vorsorgenden Sicherung sowie geordneten Aufsuchung und Gewinnung von Rohstoffvorkommen ... Rechnung getragen werden“ (§ 2, Abs. 1, Nr. 10, ROG). Die Raumordnungsgrundsätze des ROG „gelten unmittelbar für die Behörden des Bundes, die bundesunmittelbaren Planungsträger und im Rahmen der ihnen obliegenden Aufgaben für die bundesunmittelbaren Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts bei Pla-

nungen und Maßnahmen, durch die Grund und Boden in Anspruch genommen oder die räumliche Entwicklung eines Gebietes beeinflußt wird“ sowie ebenso „unmittelbar für die Landesplanung in den Ländern“ (§ 3, Abs. 1 und 2, ROG). Damit sind auch Belange der Lagerstättensicherung bei der Abwägung ggf. einander widerstreitender Raumansprüche angemessen zu berücksichtigen.

Schon vor dieser Ergänzung des Raumordnungsgesetzes war die Rohstoffsicherung Sache der Landesplanung und Regionalplanung. Sie wurde in den Ländern unterschiedlich gehandhabt (REINERS 1985a). Für Nordrhein-Westfalen enthält das Landesentwicklungsprogramm – abgesehen von dem Grundsatz über das Abwägungsgebot (§ 18) und die Gewährleistung der ausreichenden Versorgung der gewerblichen Wirtschaft mit mineralischen Rohstoffen und der Energiewirtschaft mit fossilen Brennstoffen (§ 25, Abs. 4) – die Vorschrift, daß die darin enthaltenen Ziele „in Landesentwicklungsplänen zu entfalten“ sind, wobei insbesondere Gebiete für den Abbau von Lagerstätten als „Ziele der Raumordnung und Landesplanung im einzelnen festzulegen“ sind (§ 35 g).

Die dazu erarbeiteten Entwürfe des Landesentwicklungsplanes V – „Gebiete für den Abbau von Lagerstätten“ (1982) und „Gebiete für die Sicherung von Lagerstätten“ (1984) – wurden nach Abschluß des Beteiligungsverfahrens (§ 13, Abs. 2 und 4, LPIG) nicht weiter verfolgt, vor allem, weil sich die eigentlich anzustrebende mittel- und langfristige Lagerstättensicherung politisch nicht durchsetzen ließ (REINERS 1985b). Es ist in Aussicht genommen, die Ergebnisse der Planentwürfe und die Erfahrungen aus den Beteiligungsverfahren in Überlegungen über eine neue landesplanerische Planungskonzeption auch unter Berücksichtigung der Rohstoffsicherung einzubeziehen. Ungeachtet des bisher nicht vorhandenen LEP V sind die Belange der Rohstoffsicherung bei raumbedeutsamen Maßnahmen und Vorhaben zu beachten (§ 18 i. V. m. § 25, Abs. 4, LEPro).

Auf der regionalen Ebene werden Lagerstätten in gewissem Umfang und räumlich begrenzt insoweit gesichert, als „Bereiche für die oberirdische Gewinnung von Bodenschätzen“ im Gebietsentwicklungsplan darzustellen sind (§§ 14, 15 sowie 16, Abs. 1 und 3, LPIG i. V. m. § 2, Abs. 2, sowie Nr. 13 der Anlage 1 der 3. DVO zum LPIG). Außerdem

ist in diesem Zusammenhang auf die für den Braunkohlenbergbau vorgenommene regionalplanerische Festlegung hinzuweisen (§ 24ff. LPIG) insofern, als in Braunkohlenplänen konkrete Abbauvorhaben mittel- und langfristig dargestellt werden (§ 24, Abs. 1 und 2, LPIG i. V. m. § 3 und Anlage 2 zu § 3, Abs. 1, der 3. DVO zum LPIG).

Die landesplanerischen Maßnahmen – die Darstellung von Lagerstätten in behördenverbindlichen Plänen und Programmen auf Landes- und regionaler Ebene in unterschiedlicher Wertigkeit – zur Sicherung der natürlichen Ressourcen an Bodenschätzen enthalten keine Berechtigung für einen Interessenten, den Abbau / die Gewinnung von Mineralien unmittelbar aufzunehmen. Dazu bedarf es regelmäßig fachgesetzlicher förmlicher Verfahren, die von der Art der Bodenschätze und der Methodik ihrer Gewinnung abhängig sind. Demzufolge unterschiedlich sind auch die zu beantragenden Erlaubnisse, Bewilligungen, Genehmigungen, Zulassungen etc., denen vielfältige Rechtsvorschriften des Bundes und der Länder zugrunde liegen. An diesen Verfahren sind die Landesplanungsbehörden auf Landes- und Regionalebene in unterschiedlicher Weise, aber regelmäßig, beteiligt.

2. ABBAU VON BODENSCHÄTZEN UNTER TAGE

2.1 STEINKOHLE

2.1.1 VERBREITUNG UND ABBAUWÜRDIGKEIT

Steinkohlenlagerstätten haben innerhalb Nordrhein-Westfalens ihre Hauptverbreitung am Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges, nördlich der Ruhr bis über die Lippe ins Münsterland vorstoßend, in der Ost-West-Erstreckung von Beckum bis an die Staatsgrenze zu den Niederlanden hin reichend (Niederrheinisch-westfälisches Steinkohlenrevier). Abgelagert sind hier flözführende Schichten des Oberkarbons, des Namur C (Sprockhöveler Schichten), Westfal A (Bochumer und Wittener Schichten), Westfal B (Horster und Essener Schichten) und Westfal C (Dorstener Schichten), deren Abbau sich von der frühen Zeit allmählich immer mehr nach Norden verlagert hat (Abb. 1).

Ein zweites Revier, das Aachen-Erkelenzer Steinkohlenrevier (Regierungsbezirk Köln), zu einem nicht unbeträchtlichen Teil auch

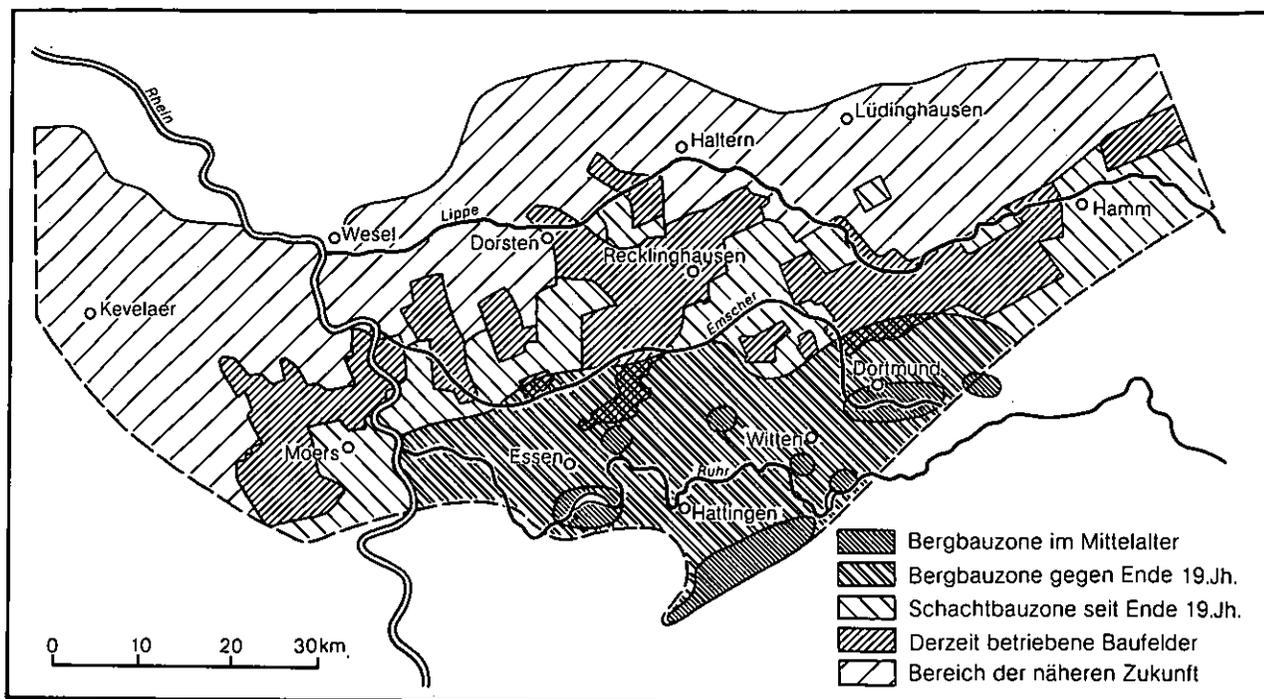


Abb. 1: Nordwanderung des Ruhrbergbaues (Nach: H. RAWERT, in: Markscheidewesen 1985, S. 70)

von Braunkohle überlagert, gliedert sich in zwei Abbaubereiche: das Wurm-Revier im Raum Kohlscheid-Herzogenrath-Aldenhoven-Baesweiler (Eschweiler-Bergwerks-Verein AG) und das im Erkelenzer Horst (Gewerkschaft Sophia-Jakoba). Im dritten, dem Ibbenbürener Revier (Regierungsbezirk Münster) werden Steinkohlen bis Westfal C und D abgebaut (Preussag AG Kohle).

Diesen Revieren gegenüber sind die flözführenden Schichten der Wealden-Steinkohle nördlich des Wesergebirges, in Süntel und Deister (Niedersachsen), inzwischen ohne Bedeutung.

Die Steinkohle gehört, wie Torf und Braunkohle, zu jenen brennbaren organogenen Gesteinen, die aus Land- und Sumpfpflanzen hervorgegangen sind. Als diese nach Überflutung sehr bald und vollständig vom Luftsauerstoff abgeschnitten wurden, wandelte sich in dem anschließenden Inkohlungsprozess, der biochemischen Phase, die organische Substanz, zum Teil mit Hilfe von Mikroorganismen, zunächst in Torf oder Erdbraunkohle um, wobei den besonderen Druckverhältnissen durch überlagernde Deckschichten und Temperatur in den jeweiligen Ablagerungsbereichen entscheidende Bedeutung zukam. In der geochemischen Phase erfolgte dann die

Umwandlung von der Hartbraunkohle zum Anthrazit, für die erhöhter Druck und ansteigende Temperatur durch Absenkung der Ablagerungsräume in große Tiefen innerhalb großer Zeitperioden erforderlich waren (Bergbauhandbuch 1983, S. 127; KELTSER, D. / KOCH, J. u. a., in: BENDER 1981).

Der unterschiedliche Inkohlungsgrad bei der Steinkohle reicht von der Flammkohle bis zum Anthrazit/Graphit, wobei deren flüchtige Bestandteile und der Feuchtigkeitsgehalt ab-, ihr Kohlenstoffgehalt und der Heizwert zunehmen. Neben dem Anteil der flüchtigen Bestandteile, dem Heizwert und dem Reaktionsverhalten bei chemischen Prozessen sind insbesondere Back- und Verkokungsfähigkeit qualitätsentscheidende Merkmale der Steinkohlen, von denen vor allem Gas-, Fett- und Eßkohlen Verwendung finden. Die Abgrenzung abbauwürdiger Steinkohlenlagerstätten bestimmt sich indessen ungeachtet der chemischen und physikalischen Rohstoffeigenschaften der einzelnen Steinkohlenarten ausschließlich nach der gegenwärtig wirtschaftlich tragbaren und technischen Gewinnungsmöglichkeit. Das gilt für solche Lagerstätten als erfüllt, wo das rd. 400 m mächtige flözführende Karbon von einer Deckgebirgsschicht von nicht mehr als rd. 1100 m überlagert wird

und die Abbauteufe insgesamt rd. 1500 m nicht überschreitet. Für die nordrhein-westfälischen Steinkohlenreviere ist hervorzuheben, daß der technisch gewinnbare Vorrat der einzelnen Bergwerke allenfalls eine verwertbare Förderung von rd. 40 v. H. enthält.

2.1.2 WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG, KUNFTIGE ENTWICKLUNG UND PLANUNGSKONZEPT

Die westdeutsche Steinkohlenförderung wird in unterschiedlich großen Mengen und in zum Teil veredelter Form in der Kraftwerkswirtschaft, zur Kokerzeugung und im Wärmemarkt eingesetzt (Tab. 1). Gerade die Verschiedenartigkeit der Steinkohle macht sie für die Wirtschaft der Bundesrepublik Deutschland insgesamt und für die des Landes Nordrhein-Westfalen insbesondere wertvoll, entfielen doch z. B. 1985 von der Gesamtsteinkohlenförderung in der Bundesrepublik rd. 87 v. H. auf die nordrhein-westfälischen Reviere.

Tabelle 1 Aufkommen und Verwendung der Steinkohlenförderung 1985

| Aufkommen | insgesamt | Steinkohle ¹ und | Zechen- und |
|-----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------|
| | | Steinkohlen- briketts Mio. t | Hüttenkoks Mio. t |
| Verwendung | | | |
| Einsatz in Kokereien | | 29 621 ² | 193 |
| Einsatz in Brikettfabriken | | — | — |
| Zechenkraftwerke | | 2 868 | — |
| Zechenselbstverbrauch | | 209 | 13 |
| Deputate | | 429 | 543 |
| Bestandszugang | | 731 | — |
| Bestandsberichtigung | | 591 | 31 |
| Bundesbahn, sonst. Verkehr | | 200 | 14 |
| Öffentliche Elektrizitätswerke | | 33 655 | — |
| Bergbauverbundkraftwerke | | 9 465 | — |
| Ortsgas- und Wasserwerke | | — | 8 |
| Eisenschaffende Industrie | | 835 | 18 478 |
| Sonstiges produz. Gewerbe | | 9 016 | 1 421 |
| Hausbrand, Kleinverbrauch | | 1 722 | 694 |
| Militärische Dienststellen | | 653 | 88 |
| Absatz in der | | | |
| Bundesrepublik Deutschland | | 55 576 | 20 703 |
| Deutschen Demokratischen Republik | | 849 | 211 |
| Ausfuhr | | 8 237 | 8 746 |
| Gesamtabsatz | | 64 662 | 25 660 |

¹ Ohne Kleinzechen

² Einschließlich Lohnverkokung für Hütten

Nach Bergbaujahrbuch 86/87, S. 994 (vereinfacht und ergänzt)

Die gegenwärtige wirtschaftliche Situation der Steinkohle wird zu einem nicht unerheblichen Teil durch die Geschehnisse des Weltenergiemarktes bestimmt. So war z. B. auf dem Weltkohlenmarkt 1986 ein beträchtliches Überangebot festzustellen, nicht zuletzt deshalb, weil angesichts einer zu erwartenden Steigerung der Nachfrage nach 1979/80 Förder- und Transportkapazitäten weltweit erheblich ausgedehnt worden waren. Dies führt heute zu einer teilweise „ruinösen Preiskonkurrenz“, wobei Kohleexportländer wie Australien und Südafrika Vorteile aus dem Verfall ihrer eigenen Währungen gegenüber dem US-Dollar ziehen.

Der deutsche Steinkohlenbergbau hatte 1986 wegen des Energiepreisverfalls auf seinen Absatzmärkten – abgesehen von der Kraftwerkswirtschaft – mit rd. 7,9 Mio. t SKE (= rd. 9 v. H.) deutliche Absatzverluste hinzunehmen und geriet damit unter den Wert von 1982. Dies hatte folgende Gründe:

– Rückgang der Stahlproduktion um 3,4 Mio. t (= rd. 8 v. H.) gegenüber 1985 und verstärkter Einsatz von billigem Heizöl in Hochöfen; Verdrängung einheimischer Koks-kohle auch durch billige Drittländerskohle, daher Verminderung der Belieferung der Stahlindustrie um 15 v. H. auf nur 20,2 Mio. t SKE; gleichzeitig Reduzierung der Ausfuhr in andere EG-Länder um 1,9 Mio. t.

– Rückgang auch auf den übrigen Absatzmärkten: Belieferung der inländischen Verbraucher um 1 Mio. t SKE, Ausfuhren von Koks und Kohle um 2,1 Mio. t SKE weniger.

Lediglich die Steinkohlenlieferung an die Kraftwerkswirtschaft stieg gegenüber 1985 um 1,1 auf 41,4 Mio. t SKE an.

Obwohl für die Bundesrepublik Deutschland ein geologischer Vorrat von rd. 230 Mrd. t Steinkohle ermittelt werden konnte, sind von jenen rd. 24 Mrd. t, die – unter Zugrundelegung einer Flözmächtigkeit von über 0,6 m und einer Abbauteufe von bis zu 1500 m – als technisch gewinnbar angesehen werden (Bergbaujahrbuch 1986/87, S. 978), soweit zum gegenwärtigen Zeitpunkt übersehbar, allenfalls rd. 6–9 Mrd. t insgesamt tatsächlich erreichbar. Diese liegen zu 90 v. H. in den nordrhein-westfälischen Steinkohlerevieren.

Im Ruhrgebiet gewährleisten zwar die in der heutigen Schachtbauzone zwischen Em-scher und Lippe anstehenden, größtenteils

erschlossenen Steinkohlevorräte eine Versorgung bis weit über das Jahr 2000 hinaus. Dennoch verlangt die Gewährleistung einer kontinuierlichen Weiterversorgung angesichts der zunehmenden Erschöpfung der derzeitigen Abbaufelder und wegen inzwischen rd. 10jähriger Planungs- und Genehmigungsphasen eine baldige Erschließung neuer Lagerstätten, die zwar zum Teil bereits in den 70er Jahren begann, nun aber verstärkt fortzusetzen ist. Das damit verbundene Vordringen bergbaulicher Tätigkeit nordwärts über die Lippe hinaus in das als ökologischer Ausgleichsraum für das Ruhrgebiet angesehene und streckenweise auch für die langfristige Wasserversorgung bedeutsame Münsterland hat schon zu einer zum Teil heftigen Diskussion in der Öffentlichkeit geführt; dazu gehören auch Fragen nach der Wiederinanspruchnahme aufgegebener Vorräte im südlichen Ruhrgebiet sowie nach den geologischen Risiken und der Art der Erschließung durch neue Bergwerke oder durch Anschlußbetriebe.

Bei der Nordwanderung (vgl. Abb. 1) begegnen sich Schwierigkeiten und Vorteile gleichermaßen: Das generell nach Norden zunehmende Deckgebirge vermindert den nutzbaren Karbonanteil, d. h. der für eine Großanlage zugeschnittene Kohlenvorrat bedarf eines wesentlich größeren Lagerstättenbereiches als in der bisherigen Kernzone. Dies verlangt Vorlaufzeiten für Planung und Erschließung von rd. 10–20 Jahren und einen bei 350–500 DM/Jt liegenden finanziellen Aufwand. Indessen begünstigt die anders geartete Lagerung der Kohlenflöze die Abbausituation. Durch die im Vergleich mit dem Süden breiteren Zonen und die geringere Faltungsintensität der Schichten „wachsen auch die anteiligen Flächen der flachen Lagerung beachtlich“. Damit ist eine der wesentlichen Voraussetzungen zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit eines Bergwerks insofern erfüllt, indem durch die flache Lagerung eine Steigerung der Betriebspunktförderung begünstigt wird.

Die Frage, die sich für den Abbau dieser Vorräte im Nordraum stellte, Errichtung neuer Bergwerke oder Anschluß an vorhandene Anlagen, kann als beantwortet gelten. Berechnungen haben ergeben, daß – der Neubau eines Bergwerkes für ca. 3 Mio. t/a einen Kostenaufwand von 700 DM je t/a (insgesamt 2,1 Mrd. DM) bei einem Zeitaufwand von rd. 12 Jahren,

– der untertägige Anschluß an einen vorhandenen Förderort jedoch bei gleicher Größenordnung nur 400 DM je t/a (insgesamt 1,2 Mrd. DM) verlangt und den Zeitbedarf halbiert (NEHRDICH 1985, S. 1135).

Demzufolge gibt der Steinkohlenbergbau dem „Bau von Anschlußbergwerken“ eindeutig den Vorzug vor neuen Gesamtanlagen, zumal sich dadurch auch die Belastung der Umwelt erheblich verringert, da bei dieser Praxis nur noch Außenschachtanlagen für Seilfahrt, Transport und Bewetterung erforderlich werden.

Im Ibbenbürener Revier konzentriert sich gegenwärtig die Abbautätigkeit auf das Ostfeld, für eine ggf. spätere Nutzung verbleiben die im Westfeld anstehenden Vorräte.

Dem untertägigen Bergbau, insbesondere dem Steinkohlenbergbau, wurde über Jahrzehnte hinweg seitens der Landes- und Regionalplanung nur bedingt Beachtung geschenkt. Während „Bereiche für die oberirdische Gewinnung von Bodenschätzen“ in Gebietsentwicklungsplänen sowie von Braunkohlenlagerstätten in Braunkohlenplänen mit ihrer unmittelbaren Flächenbeanspruchung dargestellt, zumindest aber berücksichtigt wurden, fanden unter Tage abzubauen Bodenschätze in den zeichnerischen Darstellungen der Regionalplanung zunächst keine Beachtung. Erst ab Mitte der 70er Jahre stellte sich eine Berücksichtigung auch dieser Lagerstätten verstärkt ein, veranlaßt durch die Notwendigkeit einer Lösung des Problems „Bergehalten“ sowie erste Widerstände gegen die sich damals abzeichnende Nordwanderung des Steinkohlenbergbaues im Ruhrgebiet, in der Hauptsache dokumentiert durch die heftige Diskussion um die Schächte in der Haard. Nicht zuletzt daraus resultierte eine lebhafte fachliche Erörterung zwischen Fachbehörden – dem Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr, dem Landesoberbergamt und den Bergämtern sowie dem Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen und der Landesplanungsbehörde – mit den Gesellschaften des Steinkohlenbergbaues zur Vorbereitung eines Landesentwicklungsplanes, des LEPV „Festlegung von Gebieten für den Abbau von Bodenschätzen“ (Entwurf 1982).

Beim Steinkohlenabbau fallen – technisch unvermeidbar – große Mengen tauben Gesteines an, die sog. Berge: Nachfallendes aus dem Hangenden, Bestandteile des Flözes und Teile des Liegenden, außerdem Material aus der

Abteufung von Schächten und dem Auffahren der Strecken sowie der abschließenden Kohlenwäsche. Zwischen 1940 und 1980 stieg der Bergeanteil an der Ruhrkohleförderung von 18 auf 47 v. H., bedingt durch die zunehmende Vollmechanisierung des Untertagebetriebs. Bei der Bergebilanz allein der Ruhrkohle AG ergaben sich folgende Daten für 1980:

Anfallende Berge insg.: rd. 57 Mio. t
davon:

Unterbringung auf Halden

rd. 38 Mio. t (66,7 v. H.)

Fremdabsatz rd. 15 Mio. t (26,3 v. H.)

Versatz unter Tage rd. 4 Mio. t (7,0 v. H.)

In dem Bestreben, die Belastungen der Bevölkerung und der Umwelt durch den Bergtransport (Lärm der Lkw und Staubentwicklung) zu vermindern, aber auch die Flächeninanspruchnahme für den Bedarf der Aufschüttungen der Berge innerhalb des städtischen Siedlungsraumes und am Nordrand des Reviers einzuschränken, hatte sich der Ruhrbergbau zum Ziel gesetzt, in den 80er und 90er Jahren „den Bergeanfall unter Tage einzudämmen, den Bergeversatz zu erhöhen und den Fremdabsatz zu steigern“ (SAUER 1982, S. 9).

Die Ruhrkohle AG hatte für ihren Bereich bereits 1974 ein Haldenkonzept entwickelt, das die Regionalplanung veranlassen sollte, die erforderlichen Flächen in Gebietsentwicklungsplänen darzustellen. Nach den „Spitzkegelhalden“ (1. Generation) und den „Tafelbergen“ (2. Generation) sollte bei gleichzeitiger möglichst sparsamer Inanspruchnahme von Grund und Boden die 3. Halden-Generation als Großhalde entstehen, die „in Abstimmung mit den Gemeinden unter Einschaltung namhafter Fachleute als Landschaftsbauwerke (entstehen) und in die Landschaft integriert werden“. Abgesehen von einer „unmittelbaren Begrünung“ sind Bewaldung, Herrichtung von Agrarflächen und Kleingärten, der Bau von Anlagen für Freizeit, Sport und Erholung, aber auch Wohnbebauung und Ansiedlung von gewerblichen und industriellen Betrieben als Folgenutzung denkbar (SAUER 1982, S. 10). Diese und weitere Vorarbeiten dienten den Regierungspräsidenten Arnsberg, Düsseldorf und Münster bei der Vorbereitung der Gebietsentwicklungspläne.

Abweichend von bisherigen landesplanerischen und bergrechtlichen aktuellen Entscheidungen im Einzelfall erforderte auch das Vordringen des Steinkohlenbergbaues in den

Raum des unteren Niederrheins und in das Münsterland eine Integration in übergreifende landesentwicklungspolitische Planungskonzeptionen, um „die allmählichen Prozesse des Übergangs in ein System von Grundsätzen und Zielen einzubinden... die (die) möglichen Initialwirkungen des Bergbaues auffangen und in Einklang mit der angestrebten räumlichen Struktur bringen“. Auf diese Weise sollten die „Auszehung des nördlichen Ruhrgebietes“ und eine „Beeinträchtigung des Ressourcen- und Biotopotentials des vorhandenen Ausgleichsraumes sowie der Kulturlandschaft mit ihrer historischen Bausubstanz“ verhindert werden. Dem Bergbau wird zwar angesichts „der Kohle-Vorrang-Politik und der Standortgebundenheit der bergbaulichen Gewinnung von Bodenschätzen“ besondere Bedeutung zuerkannt, indessen hat er „grundsätzlich keinen Vorrang vor anderen möglichen Nutzungen des Raumes, weil Interessenkonflikte ganz allgemein im Sinne des gemeinen Wohles und der bestmöglichen Entwicklung unterliegen“ (Nordwanderung, S. 8). Hierzu enthält das von der Landesplanungsbehörde mit vielen Beteiligten erarbeitete „Gesamtkonzept zur Nordwanderung des Steinkohlenbergbaues an der Ruhr“ (1986) Qualitätsziele für einen differenzierten Ressourcenschutz für die Bereiche Natur, Landschaft, Wasser, Bau- und Bodendenkmäler, aber auch Quantitätsziele für eine umweltschonende Nordwanderung hinsichtlich der Standorte, der Siedlungen und des Verkehrs (Nordwanderung, S. 10ff.).

Die Zielsetzungen lassen erkennen, daß zwar „von einer raumstrukturellen Verträglichkeit ausgegangen werden kann“, jedoch „die Auswirkungen der (bergbaulichen Vorhaben) auf Raumstruktur und Umwelt von den jeweiligen besonderen Ausprägungen in Teilräumen abhängig sind und ihre Beurteilung eine Vielzahl von Erhebungen und Informationen über die natürliche Umwelt sowie über die konkrete Auslegung der bergbaulichen Planung einschließlich der zu erwartenden Bergsenkung voraussetzt“. Die erforderliche Überprüfung im einzelnen soll von der Regionalplanung übernommen werden. Sie hat die qualitativen Ziele für die Umwelt aus dem Gesamtkonzept zu konkretisieren und sicherzustellen, „daß die konkreten Funktionen der betroffenen Räume geschützt, erhalten oder gefördert werden, soweit das für die Regionalplanung erforderlich ist“.

Das Gesamtkonzept ermöglicht eine Diskussion der Planungsprobleme mit den Beteiligten mit dem Ziel, „die Belange des Bergbaues und der Umwelt miteinander in Einklang“ zu bringen. Es ist vorgesehen, das Konzept im Abstand von jeweils 5 Jahren zu überprüfen, „wobei die tatsächlich eingetretenen Veränderungen und der Erkenntniszuwachs ein wesentliches Korrektiv der Einschätzung der Probleme sein können“. Die Erörterung möglicher Planungen nach 2005 können in diesem Zusammenhang ebenfalls frühzeitig begonnen werden (Nordwanderung S. 19f.).

2.2 ERZE UND INDUSTRIEMINERALE

2.2.1 GEGENWÄRTIGE SITUATION DES ERZBERGBAUES

Im Jahre 1985 gab es in der Bundesrepublik Deutschland nur noch 3 Gruben, in denen Eisenerz gefördert wurde (Tab. 2); ihr Anteil an der Belieferung der deutschen Eisen- und Stahlhütten betrug rd. 1 Mio. t. Daran war das einzige Bergwerk in Nordrhein-Westfalen, die Grube Wohlverwahrt-Nammen im Kreis Minden-Lübbecke, mit 350 150 t beteiligt; doch handelt es sich hier weniger um ein hochwertiges Reicherz, sondern lediglich um einen kalkreichen Zuschlagstoff.

Tabelle 2
Eisenerzförderung in Bergwerken innerhalb der Bundesrepublik Deutschland 1984/85

| Bergwerk | Produktion in t | | Beschäftigte 1985 |
|---|-----------------|-----------|----------------------|
| | 1984 | 1985 | |
| Grube Wohlverwahrt-Nammen/ Kr. Minden-Lübbecke (Barbara-Rohstoffbetriebe GmbH) | 315 821 | 350 130 | 81 |
| Eisenerzbergwerk Leonie/Auer- bach/Opf. (Eisenwerk-Gesellschaft Maximilianshütte mbH) | 626 388 | 674 002 | 363 |
| Eisenerzgrube Konrad/Salzgitter (Stahlwerke Peine-Salzgitter) | 34 650 | 10 090 | 198 |
| insgesamt | 976 859 | 1 034 222 | 642 |

Quelle: Bergbaujahrbuch 86/87, S. 182ff.

Anlässlich einer kritischen Analyse der Situation des Eisenerzbergbaues zu Beginn der 80er Jahre, ausgedehnt auf die für die Staaten der EG wichtigen Förderländer, stellten WENS und WEILL (1983, S. 273ff.) fest, die

Produktion habe rasant abgenommen, in zahlreichen Ländern würden viele Gruben monatelang wegen der zurückgehenden Nachfrage stillgelegt, Gruben mit geringen Erzgehalten stünden vor der Schließung bzw. hätten den Betrieb bereits eingestellt und „eine Wende zum Besseren“ sei nicht absehbar. Der Grund dafür wurde in der Situation der Stahlindustrie gesehen: Rückgang der Stahlproduktion in den klassischen Industrieländern der westlichen Welt, aber steter – indessen nicht für einen Ausgleich ausreichender – Anstieg in den sogenannten Schwellen- und Entwicklungsländern sowie zunehmende Substitution von Stahl durch andere Materialien.

Innerhalb des deutschen Erzbergbaues besteht ein merkwürdig anmutendes Mißverhältnis zwischen seiner wirtschaftlichen Lage und dem Stand seiner technischen Entwicklung. Der durch den Zweiten Weltkrieg bedingte Nachholbedarf im Vergleich zum internationalen Standard konnte zwischenzeitlich nicht nur aufgeholt werden, sondern „Entwicklungsgeist“ und die Fähigkeit der praktischen Umsetzung neuer Erfahrungen und Erkenntnisse bis hin zur Betriebsreife haben den Erzbergbau in der Bundesrepublik Deutschland „in vielen Teilbereichen der Bergtechnik (zum) Vorreiter“ werden lassen. Während also, wie JANSSEN festgestellt hat, der Erzbergbau selbst „auf einen kläglichen Umfang zusammengeschrumpft ... und seine wirtschaftliche Lage überaus kritisch ist“, handelt es sich „bei den ... noch betriebenen Erzbergwerken bergtechnisch wie verfahrens- und aufbereitungstechnisch um Kleinodien, ... um Musterbeispiele einer auf ... langer Erfahrung gewachsenen, in sich geschlossenen Technologie“ (1981, S. 660/61).

Diese gegensätzlichen Positionen haben ihren Grund nicht nur in dem fast allgemein beklagten Lohnkostenniveau des deutschen Bergbaues, sondern in Größe, Qualität und Bonität der Lagerstätten, die insgesamt für die Wirtschaftlichkeit des Abbaues entscheidend sind. In dieser Hinsicht sind die in der Bundesrepublik Deutschland verfügbaren Gruben nicht konkurrenzfähig. Doch darf diese aktuelle Bewertung nicht dazu führen, den Erzbergbau vollends einzustellen. Vielmehr fordert JANSSEN (1981, S. 663/64), „unseren Eisenerzbergbau zurückzufahren, um unsere Volkswirtschaft vor einer unnötigen Subvention zu bewahren“. Statt den Erzbergbau ganz aufzugeben, hält er es für richtig, „die Stun-

dung eines Bergwerksbetriebes, in dessen Lagerstätte Vorräte zurückbleiben, als eine vorübergehende Maßnahme zu erkennen und konsequent für den Erhalt des wichtigen Teiles des Grubengebäudes“ zu sorgen. Es kann kaum ohne Bedenken hingenommen werden, daß sich die heimische Wirtschaft langfristig „so weitgehend der Eigenversorgung mit Erzen begibt und international abhängig wird“. Damit würde nämlich auch die notwendige technische Fortentwicklung aufgegeben und der derzeit hohe Stand des technischen Know-how für unser Land verlorengehen.

Angeichts dieser Situation stellt sich die Frage nach der weiteren Erzversorgung der Hüttenwerke (KOLLMER 1985, S. 442ff.), die aus inländischen Vorkommen 1984 nur noch mit 3 v. H. des Bedarfs beliefert werden konnten; 1960 betrug das Verhältnis zwischen sogenanntem Kontinentalerz (im Förderland verhüttet/Transport über eine trockene Grenze) und Übersee-Erz noch 51 zu 49 v. H. Die im Jahre 1984 importierten rund 44 Mio. t Eisenerz verteilten sich mit 40 v. H. auf Südamerika (überwiegend Brasilien), 26 v. H. auf West- und Südafrika, 12 v. H. auf Australien, 11 v. H. auf Kanada und ebenfalls 11 v. H. auf Schweden, dessen Anteil 1960 noch 50 v. H. ausmachte.

Ein beachtlicher Wandel ist auch für die Häfen der deutschen Erzimporte festzustellen. So verzeichnete vor allem der Hafen Rotterdam einen erheblichen Zuwachs von 52 v. H. im Jahre 1965 auf 77 v. H. der Gesamteinfuhr 1984, während Amsterdam, Antwerpen und Dünkirchen – infolge der Abwanderung des Importes für Hoesch und die Saar-Hütten – von 9 auf 2 v. H. und die Weserhäfen – vor allem „Weserport“ in Bremen für die Klöcknerhütte – von 12 auf 9 v. H. absanken. Den größten Rückgang weist Emden auf: 1965 noch mit 24 v. H. an zweiter Stelle, bis 1975 auf 11 v. H. absinkend und 1980 nur noch mit einem 6 v. H.-Anteil, wurde der Hafen seit 1984 wegen der dort bestehenden technischen Nachteile für die Erzentladung überhaupt nicht mehr in Anspruch genommen. Diese Funktion ist zunehmend auf die „Umschlaganlage Hansaport“ in Hamburg, seit 1977 in Betrieb, übergegangen. Kostenvorteile für den Seeverkehr auf der einen Seite und die Verschiebungen in den Hüttenstandorten auf der anderen Seite haben zu diesen Veränderungen geführt, deren Konsolidierung noch

nicht abgeschlossen sein dürfte, weil abzuwarten bleibt, wie sich der Ausbau des Hafens von Dünkirchen – im Wettbewerb zu Rotterdam – für die Versorgung der Saar-Hütten und deren weitere Entwicklung auswirken wird (KOLLMER, 1985, S. 443f.).

Von den NE-Metallen Blei, Zink, Kupfer und Aluminium sind in dem hier gesteckten Rahmen nur Blei und Zink zu berücksichtigen, obwohl auch Kupfer in der Bundesrepublik Deutschland verhüttet und auch importiertes Bauxit an zahlreichen Standorten zu Aluminium verarbeitet wird.

Schon 1957 hatte der deutsche **Blei-/Zinkerzbergbau** die Produktion der Vorkriegszeit wieder erreicht; bald setzte jedoch ein Rückgang ein, der zunächst durch den schon 1953 beginnenden und weltweit festzustellenden Preisverfall ausgelöst wurde. Es mußten sogar Gruben geschlossen werden, die zunächst noch durch die Auswirkungen des sog. Korea-booms 1949–1952 begünstigt waren. In der Bundesrepublik Deutschland verblieben nur drei Blei-/Zinkerzbergwerke, davon zwei im Harz und eines in Südwestfalen in Meggen/Lennestadt (Tab. 3). Nach Mitteilung der Wirtschaftsvereinigung Metalle e. V. ist aber angesichts des Kursverfalls des Dollar und des weiteren Preisrückganges auf dem Weltmarkt für Blei und Zink für die beiden Gruben der Preussag AG Metall im Harz bereits die Schließung und für die Förderung in Meggen eine Halbierung beschlossen.

Tabelle 3
Blei-/Zinkerzförderung in Bergwerken
in der Bundesrepublik Deutschland 1984/85

| Bergwerk | Produktion in t | | Beschäftigte 1985 |
|---|-----------------|-----------|----------------------|
| | 1984 | 1985 | |
| Metallerz- und Schwefelkies- bergwerk Meggen/Lennestadt (Sachtleben Bergbau GmbH) | | | |
| Zinkkonzentrat | 99 871 | 96 175 | |
| Bleikonzentrat | 5 694 | 7 036 | 791 |
| Erzbergwerk Grund/Harz (Preussag AG Metall) | | | |
| Roherz (naß) | 451 800 | 447 380 | |
| Erzbergwerk Rammelsberg/ Goslar (Preussag AG Metall) | | | |
| Roherz (naß) | 282 640 | 281 170 | |
| Bleikonzentrat | 14 490 | 13 660 | |
| Zinkkonzentrat | 48 520 | 46 840 | |
| Zinkmischkonzentrat | 69 846 | 68 462 | |
| Bleimischkonzentrat | 20 911 | 19 530 | |
| Kupferkonzentrat | 5 585 | 4 668 | |
| Schwerspatkonzentrat | 27 524 | 24 455 | 1 066 |
| insgesamt | 1 026 881 | 1 009 376 | 1 857 |

Quelle: Bergbaujahrbuch 86/87, S. 188ff.

Da die Vorräte an Blei- und Zinkerz in deutschen Lagerstätten und in denen der EG-Mitgliedstaaten erschöpft bzw. wegen Unwirtschaftlichkeit weitgehend gestundet oder stillgelegt sind, begann die EG 1978 mit einem Forschungs- und Entwicklungsprogramm für den Bereich der Erzaufbereitung sowie der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und auch des Abbaues komplexer Blei-/Zinkerze, das durch ein zweites Programm für 1982–1985 ergänzt wurde. Für dessen Unterprogramm „Metalle und Mineralstoffe“, das in die Forschungsbereiche Schürfung, Erzaufbereitung, Bergbautechnologie und Tonminerale für die Keramikindustrie gegliedert ist, stellte die EG rd. 59 Mio. DM zur Verfügung (Bergbauhandbuch 1983, S. 228f.; GABRISCH 1983, S. 280).

2.2.2 VERBREITUNG UND ABBAUWÜRDIGKEIT

Innerhalb des Blattschnittes der Karte 1 sind insbesondere die Mittelgebirge das Verbreitungsgebiet vielfältiger Vorkommen von Erzen und Industriemineralen. Dazu gehören neben den Eisen- und Eisenmanganerzen auch Blei-/Zink- und Kupfererze sowie Gold und Antimon, bei den Industriemineralen Schwerspat und Strontianit. Da ihre Bedeutung durch die verschiedenen Merkmale ihrer Abbauwürdigkeit bestimmt wird, die zur Zeit nur wenigen Bodenschätzen zukommt, bedürfte es kaum einer Aufnahme in eine Karte „Abbauwürdige Lagerstätten“. Wenn dies dennoch geschieht, dann deshalb, weil auch jene Lagerstätten, die derzeit die Voraussetzung „abbauwürdig“ nicht erfüllen, zumindest ein volkswirtschaftlich bedeutsames und unvermehrbares Potential darstellen.

Im Abbau stehen folgende Erz- und Industriemineralagerstätten:

| | |
|---------------|---------------------------|
| Eisenerz | Grube Wohlverwahrt- |
| zusammen | Nammen (Porta-Westfalica/ |
| mit Kalkstein | Kreis Minden-Lübbecke, |
| | RB Detmold) |
| Schwerspat | Grube Dreislar |
| | (Medebach/Hochsauerland- |
| | kreis, RB Arnsberg) |
| Schwefelkies | Grube Meggen (Lennestadt/ |
| | Kreis Olpe, RB Arnsberg). |

Überwiegend aus Gründen des Metallpreisverfalls auf dem Weltmarkt sind zahlreiche andere Metallergbergwerke nach langjähriger Tätigkeit bis weit nach dem Zweiten

Weltkrieg einstweilen gestundet oder völlig stillgelegt, andere wegen erschöpfter Mineralsubstanz, aus Gründen des Umweltschutzes angesichts der nicht hingenommenen Auswirkungen auf die Umgebung oder schließlich wegen noch nicht durchgeführter bergmännischer Erschließung aufgegeben worden.

Die Lagerstätte Wohlverwahrt-Nammen im Wesergebirge ist flächenhaft über 20 km², zur Teufe hin von der Erdoberfläche bis auf 600 m untersucht. Im Abbau stehen drei linsenförmige, durch Verarmungszonen getrennte Erzlager: die sogenannte Schermbekker, Kleinenbremer und Nammer Erzlinse. Gegenwärtig vollzieht sich die Förderung von Roteisenstein und Weserkalkstein in der Nammer Linse. Die durchschnittliche Flözmächtigkeit beträgt 3–7 m auf einer Fläche von 5 x 2 km. Der bis 1965 im Tagebau noch in rd. 30 m Tiefe betriebene Abbau ist seitdem zum Tiefbau unter Tage übergegangen bei vollständiger Ausrichtung auf rationelle und vollmechanisierte Verfahrenstechniken.

Während die gewonnenen Kalksteine im Straßenbau verwendet werden, wird das Armerz der Hüttenindustrie im Ruhrgebiet bzw. den küstennahen Hütten der Klöckner-Werke in Bremen und Osnabrück zugeliefert. Dabei wird

- Stückerz im Hochofenbetrieb als Schlackenenträger eingesetzt,
- Erzsplitt auf den Sinterbändern als Decklage verwendet,
- Feinerz in die Sinteraufgabe eingebunden,
- Fe-„reiches“ Zuschlagmaterial in der Zementindustrie benutzt.

Die Fe-Vorkommen in der Bundesrepublik Deutschland haben als Rohstoff für die Eisen- und Stahlproduktionen nur noch als Zuschlagstoffe Bedeutung, weil von den für die Verhüttung in Frage kommenden Erzen ein weit höherer Fe-Gehalt erwartet wird; dies ist bei den importierten Erzen aus Brasilien (21 v. H. des Bedarfes), Schweden (18), Liberia (17) und Australien (8) der Fall, die auch noch kostengünstig bezogen werden können. Wenn auch gegenwärtig die Fe-Lagerstätten sowohl im Land Nordrhein-Westfalen als auch in der Bundesrepublik Deutschland wegen des aufwendigen Abbaues und der niedrigen Metallergehalte wirtschaftlich bedeutungslos sind, werden der ständige Bedarf, die Unvermehrbarkeit der Bodenschätze, möglicherweise aber auch ansteigende Frachtkosten für die Übersee-Importe, einen ver-

stärkten Abbau der heimischen Armerzorkommen zur Folge haben können, ggf. sogar unter dem Aspekt nicht nur des Einsatzes Fe-reicher Zuschlagstoffe.

Die **Blei- und Zinkerzlagerstätten**, größtenteils noch bis in die letzten Jahrzehnte abgebaut, sind inzwischen wegen des Verfalls der Metallpreise auf dem Weltmarkt, mit denen die deutschen Produkte aufgrund ihrer niedrigen Metallgehalte und hohen Abbaukosten nicht zu konkurrieren vermochten, weitestgehend aufgegeben worden, obwohl die Vorräte noch ein nicht unerhebliches Rohstoffpotential erkennen lassen.

Innerhalb des Blattschnittes der **Karte 1** fallen Blei und Zink gegenwärtig nur im Metallierz- und Schwefelkiesbergwerk Meggen/Lennestadt der Sachtleben Bergbau GmbH an. Die dortige Produktion von Zink- und Bleikonzentrat wird zumeist in den konzern-eigenen Unternehmen weiter verarbeitet. Blei wird für Akkumulatoren, in der Farben- und Chemischen Industrie und bei der Kabelherstellung, Zink, meist zusammen mit Blei abgebaut, zur Verzinkung, als Zinklegierung für den Druckguß sowie für Messingerzeugnisse und Halbzeug verwendet.

Nach Aufgabe der meisten Förderstätten – außer dem vorgenannten Werk betreibt die Preussag AG Metall nur noch die Erzbergwerke Grund und Rammelsberg im Harz – sind Schweden, Großbritannien, Nordkorea, Kanada und Belgien für Zink sowie Kanada, Belgien, Südafrika, Schweden und Mexiko die wichtigsten Lieferländer zur Deckung des angestiegenen Bleibedarfs in der Bundesrepublik Deutschland. Die gegenwärtig für einen wirtschaftlichen Abbau nicht in Frage kommenden Lagerstätten, insbesondere die großen Vorräte in Nordrhein-Westfalen, bedeuten jedoch eine Reserve zur Deckung einer künftig einmal verstärkt auftretenden Nachfrage nach den bislang nicht durch andere Stoffe ersetzbaren Metallen.

2.3 SALZ, GIPS

Die in der **Karte 1** verzeichneten Salzvorkommen des Zechstein und Steinsalz-, Gips- und Anhydriteinlagerungen in geologisch jüngeren Schichten lassen erkennen, daß es sich hier um weiträumige Lagerstätten handelt. Der Anteil an gewinn- und verwertbarem Salz ist allerdings sehr gering und begrenzt auf jene

Gebiete, wo das Salz – durch den Druck der später abgelagerten Hangendschichten plastisch geworden – in geologisch-tektonischen Schwächezonen bis zu einer bergmännisch erreichbaren Tiefe aufgestiegen ist. Über solchen Salzstöcken und Salzsätteln, die vor allem im nordwestdeutschen Tiefland verbreitet sind, wurden Salinen sowie Steinsalz- und Kalibergwerke errichtet, deren Schwerpunkt in Niedersachsen liegt mit rd. 50 v. H. der westdeutschen Kali-Erzeugung.

Neben der Tiefenlage, die beim Kammerbau bis etwa 1500 m (Steinsalzbergwerk Borth bei Rheinberg/Kreis Wesel), bei einer Aussolung bis etwa 1800 m (Kavernenfeld Xanten, Salzbergwerk Epe/Kreis Borken, Steinsalzbergwerk Borth) reichen kann, sind für die Abbauwürdigkeit heute eine Salzmächtigkeit von mindestens 100 m sowie der Reinheitsgrad ausschlaggebend. Das in den nordrhein-westfälischen Salzlagerstätten geförderte Salz ist von hoher Qualität: Am Niederrhein enthält es bis 99 v. H., im Westmünsterland bis 97 v. H. NaCl. Die etwa 200 m mächtigen Vorkommen liegen in einer Tiefe zwischen 300 und 1400 m; ihr verwertbarer Anteil beträgt im Durchschnitt jedoch nur 1–1,5 v. H.

Steinsalz dient als physiologisch unverzichtbarer Würzstoff der menschlichen Ernährung; der Jahresverbrauch pro Kopf der Bevölkerung beträgt rd. 5,6 kg. Des weiteren ist es ein wichtiger Roh- und Ausgangsstoff für die Chemische Industrie (Soda und Waschmittelerzeugnisse), die Nahrungs- und die Kunststoffindustrie sowie für weitere Industriezweige.

Die Förderung von Borth (1985: rd. 2,8 Mio. t Steinsalz und Steinsalz in Form von Sole) wird ausschließlich zur Verarbeitung dem Zweigwerk Rheinberg der Deutsche Solvay Werke GmbH zugeführt. Die in Epe geförderte Sole wird über ein Pipelinenetz der Chemische Werke Hüls GmbH, der Sodafabrik und Elektrolyse in Rheinberg sowie den Solvay Produktionsstätten Jemeppe bzw. Cormittet in Belgien zugeführt. In Xanten ist in jüngerer Zeit ein weiterer Solebetrieb zur Herstellung von Gasspeicherkavernen entstanden, dessen Sole ebenfalls in die vorgenannte Soleleitung eingespeist wird.

Die landesplanerische Lagerstätten-sicherung umfaßt für Salz zwar einen Sicherheitsbereich; die Auswirkungen des Betriebs unter Tage auf die Tagesoberfläche sind jedoch auf-

grund der geologischen Gegebenheiten, insbesondere wegen der Plastizität und Mächtigkeit der Salzlagerstätte selbst, weniger umfangreich. Absenkungen des Erdbodens vollziehen sich flächenhaft und über größere Zeiträume.

2.4 ERDÖL UND ERDGAS

Von dem Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland 1986 wurden rund 43 v. H. durch Erdöl und etwa 15 v. H. durch Erdgas gedeckt. Während die Bedarfsmenge an Erdöl nur zu ca. 4 v. H. aus inländischer Förderung (knapp 4 Mio. t) stammte, war die Situation beim Erdgas mit rd. einem Drittel (= 15 Mrd. m³) deutlich günstiger.

Wie bei den Salzvorkommen nimmt auch bei den Erdöl- und Erdgaslagerstätten innerhalb der Bundesrepublik das Land Niedersachsen eine dominierende Stellung ein. Im sog. Niedersächsischen Becken, einem ehemaligen Meeresbecken nördlich der heutigen Mittelgebirgsschwelle, waren zu verschiedenen Zeiten, die heute 350–50 Mio. Jahre zurückliegen (Karbon bis Tertiär), besonders günstige Voraussetzungen für die Sedimentation von Schlamm, Ton und Sand, aber auch von Biomasse und damit für die Bildung von Erdöl und -gas gegeben. Die Folge ist, daß über 90% der derzeitigen deutschen Erdöl- und Erdgasförderung aus diesem Bundesland stammen (Tab. 4).

Tabelle 4
Erdöl- und Erdgasförderung in der Bundesrepublik Deutschland 1986

| Gebiet | Erdöl | | Erdgas | |
|-----------------|-----------|-------|----------------------------------|-------|
| | t | v. H. | m ³ (V _n) | v. H. |
| Nördl. der Elbe | 584 890 | 14,6 | | |
| Elbe – Weser | 860 836 | 21,4 | 2 137 273 940 | 14,0 |
| Weser – Ems | 877 279 | 21,9 | 10 874 942 819 | 71,3 |
| Emsmündung | 1 004 | — | 1 283 359 256 | 8,4 |
| Westl. der Ems | 1 358 000 | 33,8 | 705 218 953 | 4,7 |
| Oberheintal | 97 626 | 2,4 | 62 191 | — |
| Alpenvorland | 237 379 | 5,9 | 246 594 453 | 1,6 |
| insgesamt | 4 017 014 | 100,0 | 15 247 451 612 | 100,0 |

Quelle: W.E.G. – Jahresbericht 1987

Unverwest in das Sediment eingebettete Organismen, über lange Zeit geologisch abgesenkt und unter teilweiser Mitwirkung von anaeroben (ohne Sauerstoff auskommenden) Bakterien bei hohen Temperaturen chemisch zu Kohlenwasserstoffen umgewandelt, führ-

ten zur Entstehung von Erdgas und Erdöl: erst zu gasförmigen, dann zu flüssigen, von leicht und einfach gebauten bis hinauf zu schweren, chemisch komplizierten Gemischen verschiedener Kohlenwasserstoffreihen.

Die gegenwärtige deutsche Kohlenwasserstoffproduktion basiert auf etwa gleich vielen Erdöl- und Erdgasfeldern (je ca. 140). Pro Sonde werden beim Erdöl durchschnittlich 4 t pro Tag gefördert, eine sehr geringe Menge im Vergleich mit z. B. Saudi-Arabien (Förderung ca. 1000 t pro Tag). Die Ursachen liegen in den schwierigen geologischen Bedingungen in der Bundesrepublik Deutschland mit einer Vielzahl nur kleiner Lagerstätten und für die Gewinnung äußerst ungünstig und überwiegend tief liegenden Speichergesteinen. Die Erdgasvorkommen sind zudem mit z. T. hohen Schwefelwasserstoff- bzw. Stickstoffanteilen belastet, die Qualität und Heizwert des Roherdgases derart mindern, daß es nur mit Hilfe aufwendiger Aufbereitungsanlagen für den Verbraucher verwendbar gemacht werden kann. Für die deutsche Erdöl- und Erdgasgewinnung bedeuten diese Kriterien ein höheres Risiko bei der Suche und höhere Kosten bei der Förderung.

Die Ölpreiskrisen der 1970er Jahre verhalten der inländischen Erdöl- und Erdgasförderung noch zu einem Aufschwung, dem aber seit dem Zusammenbruch der internationalen Ölpreise Mitte der 80er Jahre ein deutlicher Rückgang gefolgt ist. Die vordem steigenden Aufwendungen für Aufsuchung und Erschließung neuer Lagerstätten mußten unter dem Druck sinkender Erlöse erheblich gekürzt werden. Hinzu kamen Teilstilllegungen in den Förderbetrieben. Dennoch – und trotz der bisher fehlgeschlagenen Bemühungen, im deutschen Teil der Nordsee Erdöl und Erdgas zu erschließen – ist das Ziel ein langfristig unverändert hoher Beitrag zur Energieversorgung unseres Landes aus eigenen, inländischen Vorkommen.

3. ABBAU VON OBERFLÄCHENNAHEN BODENSCHÄTZEN

3.1 BRAUNKOHLE

Aufgrund des hohen Anteils an der Energieerzeugung der Bundesrepublik Deutschland kommt der Braunkohle eine besondere Bedeutung zu, wobei die Braunkohlelagerstät-

ten im Rheinland einen wesentlichen Beitrag zur Stromversorgung nicht nur Nordrhein-Westfalens, sondern auch der Bundesrepublik Deutschland und ihrer Nachbarn liefern. Nach Einschätzung der Weltenergiekonferenz (1986) umfassen die Braunkohlevorräte weltweit rd. 6450 Mrd. t, von denen unter wirtschaftlichem Gesichtspunkt rd. 430 Mrd. t als gewinnbar gelten. Auf die Bundesrepublik entfallen rd. 55 Mrd. t bzw. 35 Mrd. t tatsächlich gewinnbaren Vorrats, davon rd. 30 Mrd. t im Rheinischen Revier.

Der westdeutsche Braunkohletagebau konzentriert sich auf die Standorte Wölfersheim und Borken in Hessen, Helmstedt in Niedersachsen, Wackersdorf in Bayern sowie Hambach und das Erft-Inde-Revier in Nordrhein-Westfalen. Diese Reviere weisen große Unterschiede in bezug auf ihre Förderkapazitäten auf. So betrug z. B. die Fördermenge 1985 in Hessen rd. 1,9 Mio. t, in Niedersachsen rd. 4,3, in Bayern rd. 0,03, im Rheinland dagegen rd. 114 Mio. t (Bergbaujahrbuch 86/87, S. 169). Von diesen insgesamt rd. 121 Mio. t wurde der größte Teil, rd. 106 Mio. t, den öffentlichen Elektrizitätswerken zugeführt. Als Primärenergieträger war die Braunkohle 1985 an der gesamten inländischen Stromversorgung (Öffentliche, Industrie- und Bundesbahn-Kraftwerke) mit rd. 22,7 Prozent beteiligt; ihr Anteil am Gesamtverbrauch betrug aber aufgrund der hohen Importe anderer Energieträger (Mineralöl, Erdgas) nur 9,3 Prozent. Neben der großen Bedeutung der Braunkohle für die Energieversorgung kommt ihr eine weitere Bedeutung für die Veredelungswirtschaft zu (Vergasung, Herstellung von Fein- und Formkoks, Reduktionsmittel zur Eisenschwammherstellung).

Der Braunkohletagebau bewirkt durch seine vollständige Flächeninanspruchnahme und das Ausmaß der Abbauflächen – die berg- und planungsrechtlich festgelegten Abbauflächen nehmen rd. 15 000 ha (4950 Mio. t Braunkohle) ein – eine umfassende Änderung von Flächennutzung, Struktur und Wasserhaushalt der Erdoberfläche. Ein Teilaspekt ist dabei die Umsiedlung der Bewohner von Dörfern, Weilern oder Einzelhöfen, die insbesondere bei der Nordwanderung der Abbauflächen im Rheinrevier wegen der hier stärkeren Abraumüberdeckung der tieflagernden Flöze und der dichten Besiedlung im Vergleich zu anderen Revieren ein großes Problem darstellt. Seit 1948 sind im Rheinischen

Braunkohlerevier insgesamt rd. 28 000 Einwohner umgesiedelt worden, wobei sich die Umsetzung landwirtschaftlicher Betriebe, vor allem von Mittel- und Kleinbetrieben mit hohem Pachtlandanteil der bisher bewirtschafteten Flächen, als sehr schwierig erwies. Besondere Bedeutung kommt auch der Wasserwirtschaft zu: Die zur Trockenhaltung der Tagebaue erforderlichen Sumpfungsmaßnahmen zur Beseitigung des Grundwassers aus den Deckschichten, den Braunkohleflözen und dem Liegenden führen zu Auswirkungen auf den Naturhaushalt. Dessen Beeinträchtigung kann jedoch mittels moderner Techniken auf ein Mindestmaß verringert werden. Der Bergbautreibende ist zudem zur Ersatzwasserbeschaffung für die Bevölkerung, Landwirtschaft und gewerbliche Wirtschaft verpflichtet.

Ein weiteres Problem des Braunkohlebergbaus ist die Unterbringung des Abraumes. Aus diesem Grunde wird das Verhältnis Deckgebirge (D) zu Braunkohle (K) zum entscheidenden Kriterium, wobei Vorkommen mit einem D:K-Verhältnis bis 10:1 nach dem heutigen Stand der Technik als wirtschaftlich abbaubar gelten. Unter veränderten energiepolitischen Voraussetzungen kann sich dieser Wert jedoch ändern, so daß Lagerstätten mit einem höheren D:K-Wert in eine landesplanerische Sicherung eingebracht werden müßten. Der beim Abbau der Braunkohle anfallende Abraum verbleibt teilweise im Innenraum des Tagebaus (= Innenkippe) oder wird zur Verfüllung und Oberflächengestaltung benachbarter ehemaliger Tagebaue verwandt. In manchen Abbaugebieten werden die Erdmassen auf außerhalb der Tagebaue liegende sogenannte Außenhalden gefahren und dort zu mächtigen „Landschaftsbauwerken“ aufgeschüttet.

Für die spätere Herstellung neuer Agrarflächen ist die Wiederverwertbarkeit der Bodenschichten von großer Bedeutung. Hierbei eignet sich der im Rheinischen Revier vorkommende junge Würm-Löß in besonderem Maße als Grundlage neuer Kulturflächen (HEIDE 1954, MÜCKENHAUSEN 1955). Im Zuge der Abraumbeseitigung kann der Löß leicht gewonnen, gelagert und später in einer Mächtigkeit von rd. 1–2 m (in zusammengesacktem Zustand) auf die verfüllte Fläche aufgebracht werden (Lößabkommen vom 20. 2. 1961). Diese Überdeckung reicht aus, um einen langfristig sicheren und hohen Ertrag zu gewähr-

leisten. Bei der Verteilung der Bodenmassen auf das Kippenplanum werden derzeit zwei Verfahren angewandt, das Trockenverfahren per Transport mit Lkw und das Naß- oder Spülverfahren, wobei der Löß mit Wasser vermischt (Verhältnis 1:1–1:3,5) und auf ca. 3–4 ha große Polder gespült wird. Nach einer 5–8jährigen Zwischenbewirtschaftung durch Schirrhöfe des Bergbautreibenden können die neuen Agrarflächen den Landwirten zur eigenständigen Bewirtschaftung übergeben werden.

Nach Beendigung der Kohleförderung sind in den letzten Jahrzehnten neue vielgestaltige Landschaften entstanden, die u. a. auch ihre Eignung als Erholungsgebiete längst bewiesen haben. Dennoch kann die Rekultivierung nicht darüber hinwegtäuschen, daß durch die Braunkohleförderung intakte Landschaftskomplexe zerstört werden (Hambacher Forst) und die Auswirkungen auf Natur- und Wasserhaushalt sowie Ökologie nicht unbeträchtlich sind. Im Rheinischen Revier werden die südlichen Tagebaue und der Tagebau Fortuna zwar in den 80er Jahren erschöpft sein, die umfassende Flächeninanspruchnahme wird jedoch durch weiterbestehende Betriebe (z. B. Tagebau Hambach) oder durch zum Erhalt der Fördermengen noch zu erschließende Tagebaue bis weit in das nächste Jahrtausend andauern. Im Hinblick auf die Probleme des Wasserhaushaltes und der Ökologie, insbesondere auch wegen der sozialen Auswirkungen bei der Erschließung neuer Tagebaue, hat die Landesregierung Nordrhein-Westfalen angesichts der Notwendigkeit der Erschließung der Tagebaue Inden II und Garzweiler II (früher Frimmersdorf West-West) aufgrund der Ergebnisse des „Untersuchungsprogramms Braunkohle“ 1987 sog. „Leitentscheidungen zur künftigen Braunkohlepolitik“ getroffen. Darüber hinaus ist der Bergbautreibende gehalten, beim Antrag auf Zulassung neuer Betriebspläne bzw. zur Genehmigung von Braunkohleplänen Unterlagen gemäß dem sog. „Ökologischen Anforderungsprofil“ vorzulegen.

3.2 FEST- UND LOCKERGESTEINE

Als Festgesteine werden die im bautechnischen Sinne festen mineralischen Rohstoffe bezeichnet. In Karte 1 sind diese Gesteine folgendermaßen gegliedert:

- Karbonatgestein
- Grauwacke, Sandstein, Quarzit
- Diabas, Basalt
- Schiefer, Kieselschiefer.

Der Begriff **Karbonatgestein** umfaßt eine Vielzahl unterschiedlicher Rohstoffe, so z. B. Mergelkalkstein, Kalkmergelstein, Kalkstein und Dolomit. Die aus den oberkretazischen Ablagerungen hervorgegangenen Kalkmergelstein und Mergelkalkstein gelten als die wichtigsten Grundstoffe für die westfälische Zementindustrie. Bedeutende Vorkommen befinden sich am Süd- und Nordostrand der Münsterschen Bucht sowie innerhalb der Bucht bei Beckum. Von großer Bedeutung sind auch die sog. Massenkalk des Devon im Bereich des Rheinischen Schiefergebirges, die einen hohen CaCO_3 -Gehalt aufweisen (reine Kalk). Außerdem gibt es viele kleine Kalkvorkommen innerhalb des gesamten Weserbergländes. Die Dolomitvorkommen konzentrieren sich auf die Gebiete des devonischen Massenkalkes bei Hagen, im Lennetal und im Bergischen Land; doch gibt es Dolomit-Steinbrüche des Zechstein und des Jura auch im Weserbergland.

Grauwacken und **Sandsteine** kommen fast im gesamten Bergland innerhalb des Kartenblattes vor, abbauwürdig sind aber nur diejenigen Vorkommen, die gewisse Voraussetzungen an Härte, Zusammensetzung, Farbe, Bearbeitbarkeit etc. erfüllen. Zu erwähnen sind hier vor allem die devonischen Sandsteine und Grauwacken des Schiefergebirges, die oberkretazischen Sandsteine des Teutoburger Waldes sowie der Buntsandstein des Weserbergländes. Verwendung finden die Gesteine als Straßenbaustoff, Bahnschotter und Werkstein. Abbauwürdiger **Quarzit** findet sich innerhalb der devonischen Felsquarzite sowie in kleineren Vorkommen im Westerwald, am Vogelsberg und im Hessischen Bergland.

Bei den **vulkanischen Festgesteinen** lassen sich zwei Gruppen unterscheiden: devonische Diabase und Keratophyre sowie jungvulkanische, d. h. tertiäre und quartäre Gesteine wie Basalt. Hauptverbreitungsgebiete sind der Westerwald und Vogelsberg. Zusammen mit dem Basalt, aber in stark untergeordneter Verteilung, treten noch Trachyt, Phonolith und Andesit auf.

Die wichtigsten Schiefervorkommen liegen im Rheinischen Schiefergebirge, und zwar im Sauerland und im Lahn-Dill-Gebiet (Dach- und Plattenschiefer). Die abgebauten Schiefer

sind paläozoischen Alters. Der bei Brilon gewonnene Kieselschiefer wird als Wegebau-material oder als Terrazzozuschlag verwandt.

Die nutzbaren **Lockergesteine** sind – in geologischer Sicht – eine vielgestaltige Gruppe von Bodenschätzen. Sie umfaßt Kies, Sand, Kiessand, Lehm, Ton etc. und versorgt die gewerbliche Wirtschaft, insbesondere die Bauwirtschaft mit Rohstoffen. Nordrhein-Westfalen ist mit etwa einem Viertel (derzeit rd. 75 Mio. t) an der westdeutschen Kies- und Sandförderung beteiligt. **Sand und Kies** gehören zu den am weitesten verbreiteten Bodenschätzen innerhalb des Kartenblattes 1. Die Ablagerungen entstammen unterschiedlichen geologischen Zeiten, der Hauptteil jedoch dem Quartär. Auch tertiäre und kretazische Sande können von Bedeutung sein, wenn sie als reine Quarzsande ausgebildet sind, wie z. B. im Münsterland oder in der Kölner Bucht. Die quartären Sande und Kiese besitzen ihre größte Verbreitung im westlichen und nordwestlichen Teil des Kartenblattes, wo sie von Gletscherwassern der Vereisungen sowie von den großen Flüssen (Rhein, Weser, Ems) abgelagert wurden. Teilweise sind sie dort großflächig von Flugsanden, in kleineren Flächen auch von Dünen sand überlagert. In den Tälern der Bergländer treten nur lokal bedeutende Sand- und Kiesvorkommen auf.

Lehm, Schluff, Ton und Tonmergelstein, die hauptsächlich als Rohstoffe für die Ziegelindustrie dienen, treten großflächig vor allem im Tiefland auf (Geschiebelehm, Löß und stark verwitterte Tonsteine). Ihre wirtschaftliche Bedeutung, insbesondere in der Produktion von Bauziegeln, ist aber stark rückläufig, weil die Konkurrenz der Beton- und Kalksandsteine erheblich zunimmt. Von den Spezialtonvorkommen in der Bundesrepublik Deutschland entfallen knapp 20 v. H. auf Nordrhein-Westfalen; die Abbaugelände liegen in der Ville und am Südrand der Kölner Bucht (u. a. um Euskirchen), Einzellager konzentrieren sich ferner im Hessischen Bergland. Die Vorkommen reinen **Kaolins**, eines Verwitterungsproduktes von Glimmer und Feldspat, finden im wesentlichen in der Feinkeramikindustrie (Steingut, Sanitär- und Industriekeramik) sowie bei der Kabel-, Kunststoff-, Gummi- und Papierproduktion als Grundstoffe Verwendung.

Auch der Abbau von Locker- und Festgesteinen wird durch Nutzungskonflikte immer weiter eingengt und der Zugriff zu potentiellen

Lagerstätten durch Flächenansprüche des Naturschutzes, des Verkehrs, der Land- und Forstwirtschaft, des Siedlungsausbaus, der Wasserwirtschaft etc. erschwert. In der Bundesrepublik Deutschland werden pro Jahr etwa 700 Mio. t (in NW: rd. 150–180 Mio. t) Steine, Erden und Industriemineralien abgebaut; den größten Anteil daran haben Sand und Kies für die Bauwirtschaft (rd. 50 v. H.) sowie Natursteine (über 20 v. H.). Daraus ergibt sich eine starke Abhängigkeit von der wirtschaftlichen Lage des Baumarktes.

3.3 ÖLSCHIEFER

Ölschiefer sind Sedimente mit relativ hohem Anteil wasserstoffreicher organischer Substanz (Kerogen). Durch Destillation lassen sich bei günstigen Verhältnissen, d. h. einem hohen Kerogenanteil, pro Tonne Muttergestein 300–380 Liter Öl gewinnen. Die in der Bundesrepublik Deutschland bekannten Ölschiefer besitzen jedoch nur einen Anteil von 8–12 v. H. Kerogen, so daß hier nur rd. 60–80 Liter Schieferöl je Tonne zu destillieren sind.

Über die Ölschiefervorkommen der Welt liegen nur vereinzelt Angaben vor, selbst in Deutschland herrscht über die Verbreitung noch Unklarheit. Das bekannteste Vorkommen, die Grube Messel bei Darmstadt, ist abgebaut (1 Mio. t Schieferöl in 84 Jahren), so daß nunmehr die Lagerstätten im Lias Nordwestdeutschlands von besonderer Bedeutung sind. Da nach dem derzeitigen Kenntnisstand der wirtschaftliche Nutzen der Ölschiefervorkommen als gering anzusetzen ist, bedarf es noch einer geologischen Erforschung im Detail sowie Untersuchungen neuer Abbau- und Gewinnungsverfahren.

3.4 TORF

Von den im Bereich der Karte 1 verzeichneten Torfvorkommen (Moorgebiete) werden industriell nur noch einige in den Niederlanden und im Nordwestdeutschen Tiefland gelegene Areale genutzt; die Lagerstätten in Westfalen sind weitestgehend abgetorft oder unter Schutz gestellt. Während die Niedermoore wegen ihrer Eignung zur natürlichen Futterwüchsigkeit schon früh in Grünlandnutzung überführt wurden, sind die Hoch-

moore erst viel später kultiviert worden. Neben dem bäuerlichen Torfstich wurde das technische Zeitalter der Torfgewinnung erst im 19. Jahrhundert eingeleitet. Ab etwa 1830 versuchte man, die Brennstoffgewinnung aus den unteren, stärker zersetzten Torfschichten, dem sog. Schwarztorf, zu mechanisieren. Doch schon früh wurde erkannt, daß die Verwendbarkeit des Torfes als Brennstoff aufgrund seines hohen Wassergehaltes begrenzt ist. Daran erinnert noch die zeitweise Einordnung des Torfes als „Krisen-Brennstoff“, wie z. B. mit Beginn des Ersten Weltkrieges, als andere Brennstoffe ausfielen. Eine große Anzahl von Brenntorf-Gewinnungsmaschinen konkurrierte damals auf dem Markt. Klassische Torfländer wie die Niederlande, Schweden oder Deutschland beschäftigten sich ausführlich mit Fragen bzw. Methoden der Gewinnung und Nutzung in dazu eigens gegründeten Instituten und Moorvereinen. Aus wirtschaftlichen Gründen wurde 1905 vorgeschlagen, den Brenntorf direkt im Moor zu verstromen, weil sein großes Volumen und Wassergehalt einen Transport sehr kostspielig machten. Das führte schließlich zum Bau des Torfkraftwerkes Wiesmoor, das bis zum Jahre 1966 Torf verstromt hat. Wirtschaftliches Kalkül besiegelte dann das Schicksal der westdeutschen Torfkraftwerke, deren letztes 1974 geschlossen wurde (Rühle bei Meppen).

Da Torf die Ansprüche an einen hochwertigen Brennstoff nicht erfüllte, wandte man sich schon früh einer Veredelung zu. Durch seine Asche- und Schwefelarmut eignet er sich hervorragend zur Verkokung, als Meilertorf-Kohle findet er Verwendung beim Schmieden und Gießen und als Aktivkohle noch immer Absatz in der Chemischen Industrie.

Der heute abgebaute Torf, vor allem der schwach zersetzte sog. Weißtorf der oberen Schichten, wird hauptsächlich für die Verwendung im Gartenbau (privater und gewerblicher Gartenbau) gestochen und als Torfkompost, Torfmischdünger oder Einheitserde etc. genutzt. Ein weiteres, aber weniger bekanntes Verwendungsgebiet ist der Einsatz als natürliches Heilmittel. Mit Abstand die wichtigste Gruppe ist hierbei der Badetorf, dessen Anwendung in der Heilkunde bis in das Altertum zurückreicht.

Diese vielfältigen Nutzungen erklären, daß Moore inzwischen nur noch in kleinflächiger Ausdehnung naturnah vorhanden sind. Deshalb bedürfen die verbliebenen Moorflächen

aus Gründen des Tier- und Pflanzenschutzes wie auch aus landschaftsästhetischen Gründen des besonderen Schutzes. Dabei kommt es in der Regel kaum zu Auseinandersetzungen zwischen Vertretern des Naturschutzes und der Torfindustrie, weil es sich meist um sehr kleine Flächen handelt, die einen wirtschaftlichen Abbau nicht lohnen.

LITERATUR

- BEHRMANN, R. B. (1976): Denkschrift zur Lage der Lagerstättenforschung, Teil II: Fossile energieliefernde Rohstoffe. Bonn-Bad Godesberg
- BENDER, S. (Hg.) (1981): Angewandte Geowissenschaften, Bd. I. Stuttgart
- BRECHT, CHR., H.-G. GOETHE et al. (Hg.) (1987): Jahrbuch Bergbau, Öl und Gas, Elektrizität, Chemie 1986/87. Essen
- BUNDESBERGGESETZ VOM 13. AUGUST 1980 (BGBl. I), geändert durch Gesetz vom 24. April 1986 (BGBl. I)
- BURGHARDT, O. (1981): Die wichtigsten Geopotentiale in Nordrhein-Westfalen. – Geologisches Landesamt NW. Krefeld
- GABRISCH, R. (1983): Der NE-Metallergbergbau in der Europäischen Gemeinschaft. In: Glückauf 119, Nr. 6, S. 279
- GÖTTLICH, K. (1980): Moor- und Torfkunde. 2. Aufl. Stuttgart
- HEIDE, G. (1954): Die bodenkundlichen Voraussetzungen für die landwirtschaftl. Rekultivierung der Braunkohlentagebaue in der Vile. Diss. Bonn
- JANSSEN, K. (1981): Technischer Stand und wirtschaftliche Lage des Erzbergbaues in der Bundesrepublik Deutschland. In: Glückauf 117, Nr. 11, S. 659ff. u. in: Erzmetall 34, Nr. 5, S. 292ff.
- KELTER, D., J. KOCH et al. (1981): Kohle und Torf. In: S. BENDER (Hg.): Angewandte Geowissenschaften, Bd. I, S. 530ff. Stuttgart
- KOLLMER, R. (1985): Zur Erzversorgung der Ruhr-Hüttenwerke. In: Glückauf 121, Nr. 6, S. 442ff.
- LANDESREGIERUNG NORDRHEIN-WESTFALEN (Hg.) (1987): Leitentscheidungen zur künftigen Braunkohlenpolitik. Düsseldorf
- MINISTER FÜR LANDES- UND STADTENTWICKLUNG DES LANDES NW – LANDESPLANUNGSBEHÖRDE (Hg.) (1982): Landesentwicklungsplan V – Gebiete für den Abbau von Lagerstätten (Entwurf): Textliche Darstellung u. Erläuterungsbericht. Düsseldorf
- DERS. (Hg.) (1984): Landesentwicklungsplan V – Gebiete für die Sicherung von Lagerstätten (Entwurf): Textliche Darstellungen, Erläuterungsbericht und Zwischenbericht. Düsseldorf
- MINISTER FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hg.) (1986): Gesamtkonzept zur Nordwanderung des Steinkohlenbergbaues. Düsseldorf
- DERS. (Hg.) (1987): Untersuchungsprogramm Braunkohle der Landesregierung Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf
- MÜCKENHAUSEN, E. (1955): Gutachten über die Rekultivierung mit Lößmaterial in der Vile. Bearb. i. Amt f. Bodenforschung, Landesstelle NW, VIIIa/3/8/55. Krefeld

- NEHRDICH, J. (1985): Untertägiger Anschluß entfernt gelegener Abbaubereiche an vorhandene Förderstandorte. In: Glückauf 122, Nr. 15, S. 1135ff.
- OVERBECK, F. (1975): Botanisch-geologische Moorkunde. Neumünster
- PIEPER, B. (1973): Erläuterungen zur Karte 2.03: Lagerstätten I – Steine und Erden. In: Deutscher Planungsatlas, Bd. 1: Nordrhein-Westfalen, 5. Lfg. Hannover
- REINERS, H. (1977): Erläuterungen zu den Karten 4.05–4.08: Entwicklung des Rheinischen Braunkohlenbergbaues I–IV. In: Deutscher Planungsatlas, Bd. 1: Nordrhein-Westfalen. 11. Lfg. Hannover
- DERS. (1985a): Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Rohstoffsicherung in Bund und Ländern. In: ARL-Forschungs- u. Sitzungsberichte, Bd. 160, S. 31ff.
- DERS. (1985b): Gebiete für die Sicherung von Lagerstätten in Nordrhein-Westfalen. Der Landesentwicklungsplan V als Beitrag zur landesplanerischen Rohstoffsicherung. In: Raumforschung und Raumordnung, 3, S. 102ff.
- SAUER, A. (1982): Der Ruhrbergbau in der Landes- und Regionalplanung. In: Das Markscheidewesen 89, Nr. 1, S. 2ff.
- WENS, H. G. u. K.-O. WEIL (1983): Der Eisenerzbergbau in den für die Europäische Gemeinschaft wichtigsten Förderländern. In: Glückauf 119, Nr. 6, S. 273ff.
- WIRTSCHAFTSVEREINIGUNG BERGBAU e. V. (Hg.) (1983): Das Bergbauhandbuch (Bergmännisches ABC). Essen

Gesteinsarten

OBERFLÄCHENNAHE FEST- UND LOCKERGESTEINE

VON HOLGER FURCH, MÜNSTER

1. EINFÜHRUNG

Die Erdkruste besteht vorwiegend aus festem Gestein; es tritt jedoch nur teilweise an die Oberfläche und ist zumeist von einem Mantel aus Lockermassen verhüllt (BRINKMANN 1980). Unter einem Gestein versteht man ein Mineralaggregat, das in seiner Zusammensetzung über größere Räume mehr oder weniger gleichförmig ist (HÖHL 1981). Nach der Art der Entstehung werden dabei unterschieden: magmatische Gesteine (vulkanische Gesteine, Magmatite), Sedimentgesteine (Sedimentite) und metamorphe Gesteine (Metamorphite).

Magmatische Gesteine entstehen bei der Erstarrung flüssiger magmatischer Schmelzen, wobei Zusammensetzung und Gefüge der Gesteine abhängig sind von den Bestandteilen des Magmas, der Temperatur und dem Druck. Des Weiteren ist der Ort der Auskristallisation zu beachten, wonach man innerhalb der Erdkruste erstarrende Gesteine, sog. Plutonite, von auf der Erdoberfläche entstehenden Vulkaniten unterscheiden kann. Sedimentite gehen im Unterschied zu den Magmatiten und den durch Umwandlung von Magmatiten oder Sedimenten entstandenen Metamorphiten aus der Zerstörung anderer Gesteine hervor.

Alle oberflächennahen Festgesteine unterliegen der Verwitterung (chemische, physikalische, biologisch-organische Verwitterung) und zerfallen, je nach Verwitterungsresistenz, mehr oder weniger schnell. Abtragung und Transport der Verwitterungsprodukte können mechanisch (z. B. durch Hangrutsch), in fließendem Wasser sowie in ionarer (chemisch gebundener Form) oder kolloidaler Lösung erfolgen. Äolische, d. h. vom Wind verfrachtete Sedimente, oder glaziale Verlagerungen sind eher von geringer Bedeutung.

Nach der Ablagerung, die entweder mechanisch (gravitativ), chemisch (Ausflockung etc.), biochemisch (durch Mikroorganismen) oder durch Konzentrationsänderungen (Eindampfung, Verdünnung etc.) vor sich geht, unterliegen die Lockergesteine diagenetischen

Einflüssen, d. h. einer Verfestigung mit Umkristallisation und Mineralneubildungen. Je nach der räumlichen Position lassen sich dann terrestrische oder marine Bildungen unterscheiden (HÖHL 1981).

Zu den Lockergesteinen zählen, nach Korngröße (abnehmend) geordnet: Schotter, Kies, Sand, Schluff (Löß) und Ton. Die durch Diagenese entstandenen Festgesteine bezeichnet man vor allem hinsichtlich ihrer mineralischen Hauptbestandteile entweder als Sandstein oder als Tonstein, Mergelstein u. a. m. Kalksteine bilden sich zum Teil bei Ausfällung von Ca-Ionen anorganischer Herkunft im Meer oder durch Ablagerung organischer Kalkhartteile (z. B. Foraminiferen, Muscheln, Korallen). Die aus der Umwandlung von Sedimenten oder Magmatiten unter dem Einfluß von Druck- und/oder Temperaturänderungen hervorgehenden Metamorphite, wie z. B. die Schiefer und Quarzite des Rheinischen Schiefergebirges, unterscheiden sich vom Ausgangsmaterial durch ein geändertes Gefüge und Mineralneubildungen.

Betrachtet man die Oberfläche der gesamten Erdkruste, so wird diese zu 75 Prozent von Sedimentiten und zu 25 Prozent von Magmatiten und Metamorphiten bedeckt. Die Sedimentgesteine liegen dabei i. d. R. wie eine dünne Haut auf den vulkanischen und metamorphen Gesteinen, wobei ihre durchschnittliche Mächtigkeit ca. 1,5 km beträgt.

2. BAUEINHEITEN DER ERDKRUSTE IM WESTFÄLISCHEN RAUM UND GESTEINSARTEN

Der in der Karte 2.1 dargestellte Erdausschnitt bildet weder geographisch noch geologisch eine naturgegebene Einheit (HESEMANN 1975). Der Ausschnitt umfaßt sowohl ein Stück der deutschen Mittelgebirgsschwelle mit Teilen des Rheinischen Schiefergebirges (altes Grundgebirge) und des Weserberglandes (jüngeres Deckgebirge) als auch ein Stück des Norddeutschen Tieflandes, das in der Westfälischen (Münsterschen) und Nieder-

rheinischen Bucht nach Osten und Süden in den Gebirgskörper eindringt.

Das Rheinische Schiefergebirge bildet – geologisch gesehen – mit den Ardennen eine Großscholle, die ihre nördliche Fortsetzung unter der Münsterländer Oberkreidemulde hat (Rheinische Masse, vgl. Abb. 1). Nördlich dieser Zone und im Rheintal erstreckt sich ein Bereich mit Senkungstendenz, den man in das Niedersächsische Tektogen und das Niederrheinische Tertiärbecken unterteilen kann. Stellen- und zeitweise wurde die vorherrschende Senkungstendenz auch von Hebungen (Aufwölbungen, Einmuldungen, Überschiebungen, Verwerfungen) unterbrochen, denen z. B. im Niedersächsischen Tektogen am Rande der Rheinischen Masse auch die jurassisch-unterkretazischen Sedimente unterlagen (THOME 1976, S. 9; u. a. Herausbildung des Teutoburger Waldes).

Östlich des Rheinischen Schiefergebirges erstreckt sich die Hessische Senke als Teilstück einer tektonischen Schwächezone, die nach Süden zum Oberrheintal-Graben überleitet und nach Nordosten bis in den Leinetal-Graben zu verlaufen scheint (vgl. THOME 1976, S. 9).

Wie im übrigen Bundesgebiet außerhalb der Alpen unterliegen auch die im Kartenbereich (2.1) vorkommenden Gesteinsarten einer Dreigliederung (vgl. HENNINGSEN 1976).

Die älteste Einheit besteht aus mehr oder weniger stark verfaltetem bis verschiefertem paläozoischen Grundgebirge. Dabei treten die als Schwellen fungierenden Faltungskerne der kaledonischen Ära im Kartenbereich nur in Teilprofilen auf, und zwar im Bereich des Remscheider- und des Ebbe-Sattels (vgl. Abb. 1). Über den ältesten Gesteinen aus dem Ordovizium und Silur lagern Sedimente des Devons bis Oberkarbons, die die seit dem Unterdevon entwickelte Geosynklinale füllten. Diese Ablagerungen unterlagen dem variszischen Faltungszyklus, der seinen Höhepunkt während des Oberkarbon hatte; danach wurde das Faltengebirge schon während des Perm wieder bis zu einem Gebirgsumpf abgetragen.

Die jüngeren Sedimente der Deckgebirge, im wesentlichen Schichten des Mesozoikums, treten vor allem im Bereich des Münsterländer Oberkreidebeckens, des Weserberglandes und der Hessischen Senke ans Tageslicht und prägen dort den Landschaftscharakter. Durchzogen sind sowohl das Grund- als auch

das Deckgebirge von unterschiedlich großen Körpern Tiefen- und Ergußgesteines verschieden alten Ursprungs.

Die dritte Einheit bilden quartäre Lockersedimente, die große Gebiete im Kartenbereich bedecken und Mächtigkeiten von wenigen Metern bis zu 1000 Metern erreichen können (Niederrheinisches Tertiärbecken, Niedersächsisches Tektogen).

3. GRAUWACKE, TONSCHIEFER, SCHIEFER, QUARZIT

Vorkommen von Grauwacke, Tonschiefer, Schiefer und Quarzit konzentrieren sich auf den Bereich des Rheinischen Schiefergebirges, einem Teilabschnitt der ehemaligen variszischen Geosynklinale. In dieser Erdgroßmulde wurden Sedimente des Devon und Karbon abgelagert, wobei Tonschiefer des Unter- und Oberdevons die größte Verbreitung aufweisen. Die als Dachschiefer bekannten Gesteine entstammen dem Mitteldevon. Eine weitere Gesteinsserie aus Tonsteinen, Grauwacken und zum Teil Sandsteinen der Kulmfazies (Unterkarbon) findet sich am Ostrand des Schiefergebirges. Die ältesten Gesteine im Kartenbereich gehören in das Silur und Ordovizium. Es handelt sich dabei um Bänder- und Schwarzschiefer, Grauwacken und Quarzite des Ebbe- und Remscheider Sattels.

Einen nördlich gelegenen Außenposten paläozoischen Gesteins stellt das Oberkarbon des Ibbenbürener Horstes dar (vgl. Abb. 1). Die dort vorkommenden konglomeratischen Sandsteine der Karbonscholle (Westfal C und D) bestehen aus Quarz, Kieselschiefer, Quarzit und Eisenkiesel.

4. SANDSTEIN

Im Ostteil der Karte 2.1 nehmen Sedimente der triassischen Abteilung Buntsandstein größere Flächen ein. Sie bauen hauptsächlich die Landschaft des Solling und die Randbereiche der Hessischen Senke auf. Vorwiegend handelt es sich um Sandsteine mit tonigem und kieseligem Bindemittel, untergeordnet treten aber auch Tonsteine und Konglomerate auf. Landwirtschaftlich werden die Buntsandsteingebiete kaum genutzt. Sie sind daher

heim Sandsteinvorkommen an die Oberfläche (Trias, Unterkreide), so z. B. der Bentheimer und der Gildehauser Sandstein.

5. KARBONATGESTEIN (KALKSTEIN)

Ein weiterer Bestandteil des Weserberglandes, aber auch der Westfälischen Bucht und der Hessischen Senke sind Kalksteine, mithin Sedimente, die auf marine Ablagerungen schließen lassen. Sie kennzeichnen die Schichten des Muschelkalkes und der Oberkreide, wobei erstere in der Regel als graue Kalksteine und letztere als helle Plänerkalke (im Vorland des Teutoburger Waldes) ausgebildet sind. Teilweise kommen Kalksteine auch in „grünsandiger“ Ausprägung vor, so z. B. in turonischen Schichten (Oberkreide) der Soester oder Anröchter Grünsandstein und am Südwestrand der Westfälischen Bucht der glaukonitführende Essener Grünsandstein. Des weiteren finden sich kalkige Bildungen auch im Malm (Korallenoolithe; Jura), und zwar im östlichen Weserbergland.

Als Besonderheit können die devonzeitlichen Riffbildungen innerhalb des paläozoischen Grundgebirges gelten. Vergleichbar mit rezenten Korallenriffen füllten sie Flachmeere mit Massenkalk aus, so z. B. bei Brilon, Warstein, Attendorn und Iserlohn. Sie verweisen mithin auf eine Gebundenheit zwischen alten Schwellenrändern und der Bildung von Kalcken und Massenkalken, hier namentlich im Bereich des Remscheider und des Ebbe-Sattels und deren Fortsetzungen bei Warstein und Brilon (HESEMANN 1975). Die Kalksteine in der östlichen Umrahmung des Rheinischen Schiefergebirges sind auf eine permzeitliche kalk- und dolomitreiche Zechstein-Randfazies zurückzuführen.

6. VULKANGESTEIN

Der südliche Teil der Karte 2.1 verzeichnet vulkanische Gesteine; sie gehören einem W-E verlaufenden Gürtel jüngerer, kanäozoischer (erdneuzeitlicher) vulkanischer Erscheinungen an. Die Hauptverbreitungsgebiete liegen im Siebengebirge, Westerwald und – vor allem – Vogelsberg sowie in einer sich in nördlicher Richtung fortsetzenden Linie vulkanischer Einzelercheinungen. Die häufigsten Gesteinsarten sind Basalte, basaltähnliche,

alkalireiche Gesteine, basaltische Tuffe und – wenn auch in untergeordneter Rolle – silikatreiche Gesteine wie der Trachyt und seine Tuffe im Siebengebirge.

Ihrem Ursprung nach ältere, paläozoische vulkanische Erscheinungen treten im Zentralbereich des Rheinischen Schiefergebirges innerhalb der Geosynklinalsedimente auf. Hier aktivierte die wachsende Sedimentationslast den magmatischen Untergrund und führte zu mehrphasigem Keratophyr-Vulkanismus (HESEMANN 1975). Diese Keratophyre und Keratophyrtuffe sind vor allem im Unterdevon verbreitet, während Diabase und Diabastuffe in Sedimenten des Mitteldevon auftreten. Im nördlichen Sauerland werden Diabase und Schalsteine – ein bergmännischer Ausdruck für grünlich geschieferte Tuffe von Keratophyr und Diabas – infolge einer Anreicherung von Chlorit und der daraus resultierenden Grünfärbung auch als Hauptgrünstein bezeichnet.

7. TONSTEIN, MERGELSTEIN

Die im Bereich der Karte 2.1 verzeichneten Tonstein- und Mergelsteinvorkommen sind zumeist unterschiedlichen Ursprungs. Zum einen entstammen sie liassischen Schichten des Jura (Herforder Mulde), oder es handelt sich um Ablagerungen der Oberkreide (Emischer, Senon), wie zum Beispiel in der Westfälischen Bucht. Im Weserbergland sind auch Tonsteine und Mergelsteine des Keupers (Trias) am Mosaik der Gesteinsartenzusammensetzung beteiligt (Borgentreicher Mulde).

Darüber hinaus treten aber auch tonige Ablagerungen des Paläogens (Alttertiär) auf. Die Tertiärsenken innerhalb der Hessischen Senke (etwa auf einer Linie Wetterau–Harz), die als Einbruchbecken oder Einbruchgräben zu verstehen sind, füllten sich mit tertiären Sanden und Tonen (Tongestein, Mergelstein), die heute jedoch teilweise von quartären Ablagerungen – zumeist Löß – überdeckt sind.

8. LOCKERGESTEINE UND BRAUNKOHLE

Auf der Oberfläche des festen Gesteins lagert zumeist eine Schicht Lockergestein, die im Bereich der Karte 2.1 zum größten Teil quartären Ursprungs ist. Diese Ablagerungen

weisen Mächtigkeiten von einigen wenigen bis zu 1000 Metern auf, letztere insbesondere im Bereich des Niederrheinischen Tertiärbekens. Hier treten – u. a. durch großflächige Abgrabung der quartären Deckschichten vor allem aus Sand, Kies und Löß – braunkohleführende Schichten des Miozän (Jungtertiär) an die Oberfläche, die im Tagebau gefördert werden. Da die Abbauflächen beachtliche Ausmaße annehmen, wurde die Braunkohle in der Karte 2.1 mit berücksichtigt, obwohl sie i. e. S. nicht als oberflächennah zu bezeichnen ist.

Bei den quartären Sedimenten lassen sich unterscheiden:

- Moränenablagerungen der Saale-Vereisung (Grundmoräne/Geschiebelehm);
- Sande und Schotter der Terrassenflächen und Endmoränen (Sand und Kies);
- Flugsande, Dünen, Sander (Sand);
- Löß, Lößlehm und Sandlöß in den periglazialen Bereichen der Weichselvereisung.

Innerhalb der eisbedingten Ablagerungen ist die Grundmoräne das typische Sediment. Die mitgeschleppte Gesteinsfracht (Geschiebe) wurde mit dem Untergrund (z. B. Kreidemergel) verknetet und liegt heute, aufgrund von Entkalkung und Verbraunung, als Geschiebelehm vor. Die Ablagerungen von Kies und Sanden oder reinen Sanden sind entweder ein Produkt der Vereisung (Endmoränen, Sander, alte Flußterrassen, Oser, Kames) oder holozänen (nacheiszeitlichen) Ursprungs (Auen, Dünen, junge Flußterrassen). Eiszeitlichen Ursprungs sind z. B. die Fürstenaauer Berge und Dammer Berge als Relikte pleistozäner Kies- und Sandablagerungen in einer Endmoräne sowie die Senne als eiszeitlicher Sandschüttung, die während der Saale-Vereisung durch die Pforten des Teutoburger Waldes mit Quarzsanden des erodierten Osning-Sandsteines gespeist wurde. Ältere Sandablagerungen (außerhalb des Quartärs) bilden die kreidezeitlichen Halterner Sande (Santon) zwischen Lippe und Berkel mit reinen Glassanden (99,8 Prozent SiO_2), mergeligen Sanden und Formsanden, die industriell genutzt werden.

Der Löß schließlich als hochglaziale äolische Bildung im Vorland der Weichsel-Vereisung kam in den Randlagen der Mittelgebirge (Teutoburger Wald, Hellwegbörden, Bergisches Land) oder (fahnenartig) im Windschatten einzelner Erhebungen (Vest/Kreis Recklinghausen, Baumberge) zur Ablagerung.

9. BIOLITHE (HOCH- UND NIEDERMOORTORF)

Die im Bereich der Karte 2.1 auftretenden Hoch- und Niedermoortorfe oder Biolithe sind holozänen Ursprungs. Ein humides Klima mit einer ausreichenden Wärme und Dauer der Vegetationsperiode führte im Atlantikum (ca. 6000–3000 v. Chr.) zum Beginn der Vermoorung in Nordwestdeutschland. Dabei erwachsen aus den vom Grundwasserstand abhängigen Flach- und Niedermooren mit ebenen oder muldenförmigen Oberflächen häufig Hochmoore von uhrglasförmigem (aufgewölbtem) Habitus, die sich von Niederschlagswasser und Mineralstaub ernähren (vgl. KRAMM 1985).

Verlandungs- oder Versumpfungsmoore – bei uns vor allem Erlenbruchwälder – stocken dagegen auf Sumpfgelände, das auf natürlichen Grundwasseranstieg, hohe Niederschläge, Verlandung oder künstliche Ursachen (Mühlenstau, Bergsenkungen) zurückzuführen ist. Der so entstandene Torf (Hochmoor- und Niedermoortorf) wird – im Bereich der Karte 2.1 – heute fast ausschließlich nur noch in den Mooregebieten Niedersachsens gestochen und zumeist als Gartentorf oder Torfstreu genutzt.

LITERATUR

- BRINKMANN, R. (1980): Abriß der Geologie. Bd. 1: Allgemeine Geologie. 12. Aufl. Stuttgart
- DEUTSCHER PLANUNGSATLAS (1976): Bd. 1 Nordrhein-Westfalen, Hg.: Akademie f. Raumforschung und Landesplanung in Zusammenarbeit mit dem Ministerpräsidenten des Landes NW – Landesplanungsbehörde. – Lfg. 8: Geologie, Hannover
- HENNINGSEN, D. (1976): Einführung in die Geologie der Bundesrepublik Deutschland. Stuttgart
- HESEMANN, J. (1975): Geologie Nordrhein-Westfalens. Paderborn (= Bochumer Geograph. Arb., Sonderreihe, Bd. 2)
- HOHL, R. (Hg.) (1981): Die Entwicklungsgeschichte der Erde. 5. Aufl. Leipzig
- KRAMM, E. (1985): Moore. In: Begleittext zum Doppelblatt Spät- und nacheiszeitliche Ablagerungen/Vegetationsentwicklung, hg. v. d. GEOGRAPHISCHEN KOMMISSION FÜR WESTFALEN. Münster (= Geogr.-landeskundl. Atlas von Westfalen, Lfg. 1, Doppelbl. 2)
- THOME, K. N. (1976): Geologischer Überblick. In: Deutscher Planungsatlas, Bd. I: Nordrhein-Westfalen, Lfg. 8: Geologie, Textbeilage, S. 4–9; hg. v. d. Akademie f. Raumforschung u. Landesplanung. Hannover

Karst

GRUNDRISS DER RÜNDEROTHER (AGGERTAL-)KARSTHÖHLE

VON ERNST TH. SERAPHIM, PADERBORN

Die Ränderother Höhle (Karte 2.2) liegt im rechten Talhang des Walbaches, eines rechten Zuflusses der Agger, etwa 50 km östlich von Köln (TK 5010 Engelskirchen). Sie wurde zuletzt von HOLZ (1960, 1961) eingehend beschrieben, dessen Ausführungen und Skizzen auch dem folgenden Text zugrunde liegen. Die Höhle wurde in den unteren Ränderother Schichten ausgeräumt, die zum Teil noch dem Oberen Unterdevon, zum Teil auch bereits dem Unteren Mitteldevon angehören, damit aber jedenfalls wesentlich älter als die für die Karstbildung ebenfalls wichtigen Massenkalk des Rheinisch-Westfälischen Schiefergebirges sind.

Die Riffkalk der Ränderother Schichten geben einen Hinweis auf frühe epirogenetische Bewegungen im Bereich der Siegerländer Schwelle, gerieten jedoch während des Devon auch wieder unter synklinale Einfluß, so daß das Riff verschüttet und durch Tone abgedichtet wurde, die heute als Tonschiefer weit hin die Höhlendecken bilden. Auf sie ist es zurückzuführen, daß die Höhlendecke im allgemeinen trocken und die Höhle arm an Sinterbildungen ist, die hier, wenn überhaupt, dann wegen der im Kalk verstreuten Dolomitnester als Aragonit (CaCO_3 , H 3,5–4) vorliegen.

Der Zugang zu dem in den Riffkalcken angelegten Höhlensystem erfolgt heute von Nordosten durch einen etwa 30 m langen künstlichen Eingangstollen, bestand ursprünglich jedoch nur über einen senkrecht abfallenden Dolinenschacht. Die Höhle war daher weder für Menschen noch für größere Tiere zugänglich, so daß sich in den Lehmsedimenten, mit denen die Höhlengänge weitgehend angefüllt waren, auch keine entsprechenden Kulturreste oder Fossilien fanden. Sporen und Pollen, die im Höhlenlehm gefunden wurden, sind, soweit sie von Arten stammen, die ihren Schwerpunkt im Oligozän hatten, wohl ein Argument, aber noch kein Beweis für die Existenz der Höhle bereits im Alttertiär, da die tertiären Formen auch erst später aus einem tertiären Sediment außerhalb der Höhle eingeschwemmt sein könnten.

Im Grundriß sind nur die heute zugänglichen Teile der Höhle dargestellt, doch gibt es zweifellos auch noch unter Lehm verborgene Gänge, besonders in den unteren Partien der Höhle. Die tiefer gelegenen Höhlenteile füllen sich nach starken Niederschlägen kurzfristig noch mit Wasser, doch liegt der eigentliche Karstwasserspiegel stets unterhalb der Höhle. Der Abfluß aus der Höhle dorthin scheint durch Lehm verstopft zu sein, so daß er nur langsam erfolgt; doch besteht auch die Möglichkeit, daß sich die Höhle nur durch eine enge Röhre entleert. Ob und wie lange sie mit dem unterirdischen Walbach-System in Beziehung gestanden hat, ist unbekannt. Der heutige Walbach beeinflusst die Wasserführung der Höhle nicht, wenngleich Teile der Höhle unter dem Niveau des Baches liegen.

Das Fehlen größerer Sinterauskleidungen hat das Studium des Gesteins der Höhlenwände und -decken begünstigt. Aus der Grundrißkarte (2.2) geht hervor, daß die verkarsteten Schichten zwischen Mittelgang und Südgang zu einem Sattel aufsteigen, dessen N 80–90 Grad E streichende Achse dem Verlauf des Südganges entspricht. Die Südflanke des Sattels ist etwas steiler gestellt (Südvergenz) als die Nordflanke, in der es im Mittelgang und Nordgang-System zu zwei weiteren flachen Aufwölbungen gekommen ist.

Aus der Karte geht ferner hervor, daß die Höhlengänge überwiegend in der 170–180-Grad-Richtung und damit senkrecht zur Sattelachse verlaufen. Diese Richtung entspricht dem Streichen der für die Wasserzirkulation besonders günstigen, während der Sattelhebung entstandenen Zug-Klüfte (Q-Klüfte). Tatsächlich beobachtet der Besucher der Höhle wiederholt etwa senkrecht stehende Spalten, die nach oben und gegen das hintere Ende der Gänge spitz zulaufen. Röhrenförmige Verbreiterungen dieser Spalten zu Gängen sind Relikte von Druckröhren, von denen aus die Höhlenbildung, den Klüften folgend, fortschritt (HOLZ 1960, S. 17).

Eine andere Gruppe von Gängen folgt nicht den Klüften, sondern den in den Sattelscheiteln bei der Faltung aufgelockerten Schichtfu-

gen. Hierzu zählt vor allem der Südgang des Höhlensystems. Die übrigen Gänge sind tektonisch ungebundene Schichtfugen- und Schichtgrenzhöhlen. Die zuletzt genannten folgen vornehmlich den besonders reinen Kalkbänken, deren Vorkommen an bestimmte Entwicklungsphasen (z. B. Lagunenphase) und Lagebeziehungen innerhalb des Bioherms (untermeerische Erhebung aus koloniebildenden kalkabscheidenden Organismen mit kräftigem Höhenwachstum) gebunden ist, das der Ränderother Riffkalk in seiner Gesamtheit darstellt.

Am Aufbau des Bioherms, in dem sich das Karsthöhlen-System entwickelt hat, haben Algen (u. a. sog. Stromatoporen), Korallen (meist in ruhigerem Wasser), Seelilien (meist detritogen in der Randzone) und andere Kalkskelette bildende Formen einen örtlich verschiedenen Anteil. Im Ränderother Höhlensystem „ist der einzigartige Fall gegeben, daß man – den Höhlengängen nachgehend – ein fossiles Riff in allen seinen Bereichen durchschreiten kann und dabei dessen strukturellen und biologischen Aufbau offen vor Augen hat“ (HOLZ 1960, S. 10).

Die Anfänge der Bildung der Ränderother Höhle reichen spätestens in die Zeit zurück, als der Riffkalkkörper in den Bereich der Abtragung geriet. Dies traf im Oligozän (Alttertiär) zu, als die Kalke von der Landoberfläche – der von MORDZIOL (1951) als 1. Hoch-

boden bezeichneten Einebnungsfläche – entweder bereits angeschnitten oder doch für die aus ihr absinkenden Oberflächenwässer zugänglich waren. Während der Bildung der Klufthöhlen, Schichtfugenhöhlen und Schichtgrenzhöhlen waren die Gänge und Räume des Höhlensystems zunächst von Wasser erfüllt, das später, durch Absenkung des Karstwasserspiegels, zeitweise am Grunde der Gänge noch Bäche bildete, die sich in das Gestein als Rinnen einschnitten. Durch seitliche Lösung und Erosion wurden mehrfach auch die Trennwände zwischen eng benachbarten Röhren aufgelöst, so daß „8-förmige und kleeblattartige Profile“ entstanden. „Dicht nebeneinanderliegende Klufthöhlen vereinigten sich zu Sälen“ (HOLZ 1961, S. 41). Die Hohlraumbildung schreitet in den unteren Teilen der Höhle, zum Teil unter dem Niveau des Vorfluters (Walbach), noch heute fort.

LITERATUR

- HOLZ, H.-W. (1960): Geologie der Höhlen von Ränderother und Wiehl und ihrer Umgebung (Rheinisches Schiefergebirge). – Decheniana, 113 (1): 1–38. Bonn
- HOLZ, H.-W. (1961): Geologie und Speläologie der Aggertalhöhle bei Ränderother. – Jh. f. Karst- u. Höhlenkunde, 2: 29–43. München
- MORDZIOL, C. (1951): Der geologische Werdegang des Mittelrheintales. Wittlich

QUARTÄRBASIS, VERWERFUNGEN UND ERDFÄLLE DES HEILIGEN FELDES AM SCHAFFBERG BEI IBHENBÜREN

VON ERNST TH. SERAPHIM, PADERBORN

Die Karte 2.3 wurde in erste Linie auf der Grundlage der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000, Blatt 3611 Hopsten, und ihrer Erläuterungen (THIERMANN 1975 a) sowie eines Aufsatzes von THIERMANN (1975 b) zur Geologie der Erdfälle des Heiligen Feldes entwickelt.

Aus der Karte geht zunächst hervor, daß das etwa 12 km² große, aus mehr als 50 einzelnen faßbaren Erdfällen bestehende Heilige Feld dem Karbon-Zechstein-Horst des Schaffberges nordwestlich bis westlich vorgelagert

ist. Die darauf fußende Vermutung (LOTZE 1957), es handele sich bei diesen bis in die Gegenwart nachweisbaren Einbrüchen des Quartärs (Erdfallsee am 14. 4. 1913, vgl. TIETZE 1914) um die Folgen der Ablaugung von Anhydriten und Steinsalz des Zechsteins, hat sich jedoch nicht bestätigt, da der Zechstein erst 5–10 km westlich bis nördlich des Schaffberges Salzeinlagerungen enthält (BASSLER 1970), die dort zudem so tief unter dem Mesozoikum versenkt liegen, daß sie nicht mehr der Ablaugung verfallen. Entsprechen-

des gilt für die etwa 200 m mächtigen Steinsalze des Oberen Buntsandsteins (Röt), deren Verbreitung sich nach WOLBURG (1969) auf Blatt Hopsten zudem auf den Nordwestteil beschränkt.

Demgegenüber sind, wie SCHUSTER (1971) anhand von Bohrergebnissen nachweisen konnte, in die Tone und Mergelsteine des Oberen Malm im Münder Mergel schon bis zur Teufe von 159 m (Endteufe der unmittelbar südlich des Großen Heiligen Meeres niedergebrachten Untersuchungsbohrung Hörstel 1015) etwa 25 m mächtige Anhydrite eingeschaltet, unter denen sich, wie bei der 9,9 km südöstlich gelegenen Bohrung Schierloh 1, noch ein mächtiges Steinsalzlager befinden dürfte. Da in dem Gebiet der Erdfälle karstgünstige Kalke und Dolomite fehlen, handelt es sich bei den Erdfällen nordwestlich des Schafberges typologisch offenbar nicht um Carbonat-, sondern um Salinarkarst (Sulfat- und Chlorid-Karst).

Wie sich aus der Lage der Quartärbasis (vgl. Karte 2.3) weiterhin ergibt, scheiden die salinaren Bildungen des Münder Mergels jedoch für einen Teil des Erdfallgebietes, und zwar jenen westlich des Schafberges, als Ursache aus, denn die hier an der Quartärbasis anstehenden Festgesteine des Muschelkalks, Keuper und Lias sind älter als jene. Die hier auftretenden Erdfälle werden von THIERMANN (1975b, S. 523) auf die Ablaugung eines bis 20 m mächtigen Steinsalzlagers und von Anhydrit im Mittleren Muschelkalk zurückgeführt.

Die Lage der Erdfälle ermöglicht weiterhin Vermutungen über den Prozeß der Verkarstung. So ergibt sich der – durch Bohrungen z. T. gestützte – Eindruck, daß die Ablaugung der salinaren Folgen des Münder Mergels (Malm) am Ausstrich nicht weit von der Grenze zum Dogger begonnen hat und von hier, dem Einfall der Schichten und den darin befindlichen Störungen folgend, nach Nordwesten fortgeschritten ist. Während sich anfangs eher flache Senken und Wannens im Gelände bildeten, finden sich weiter nordwestlich, wo es unter dem nicht verkarsteten Deckgebirge vorwiegend an den Kreuzungspunkten von Störungen bei der Ablaugung zur Bildung von Hohlräumen kam, die besonders tiefen und steilrandigen Einbruchstrichter, darunter Großes und Kleines Heiliges Meer, Erdfallsee und Heideweiher. Im Gegensatz zur Ausstrichzone des salinaren Münder

Mergels ist die Ablaugung hier noch nicht abgeschlossen, so daß die Erweiterung und Belebung vorhandener wie auch die Bildung neuer Erdfälle auch heute noch möglich erscheint, woraus sich Konsequenzen für die Bebauung und andere Planungen ergeben. Ähnlich dürfte auch die Ablaugung des Salinars des Mittleren Muschelkalks erfolgt sein. Hier ist ein Fortschreiten unter Keuper und Lias von NO nach SW anzunehmen, wo sich in großen und tiefen Einbrüchen des Deckgebirges über Hohlräumen des Salinars u. a. der Herthasee und das Uffler Moor bildeten. Tatsächlich wurden in den letzten Jahrzehnten auch südlich des Uffler Moores in der Bauerschaft Schultenort noch bis südlich der Bundesstraße 65 mehrere neue, wenn auch nur kleine Erdfälle beobachtet, über die LINDENSCHMIDT u. REHAGE (1982) berichtet haben.

Schließlich ermöglicht die Karte auch Aussagen über das Alter der Karsterscheinungen. Verfolgt man die Höhenlinien der Geländeoberfläche, so stellt man einen allmählichen Anstieg von +40 m über NN nach SO bis zum Mittellandkanal fest, der hier den steil bis +120 m über NN ansteigenden Schafberg umgeht. Deutlich abweichend hiervon verlaufen die ebenfalls auf NN bezogenen Höhenlinien der Quartärbasis. So wird im Erdfallgebiet des Heiligen Feldes eine bis 35 m unter NN hinabreichende, SW-NO-streichende Vertiefung des präquartären Untergrundes beobachtet. Ihr entsprechen an der Geländeoberfläche – mit Ausnahme der genannten besonders tiefen Trichter – nur verhältnismäßig flache Senken. Vielfach bildet sich die Vertiefung der Quartärbasis oberflächlich überhaupt nicht ab, so daß die Lokerschichten des Quartärs eine Mächtigkeit bis zu 80 m erreichen. Die Vertiefung der Quartärbasis im Gebiet des Heiligen Feldes muß also bereits lange vor der Entstehung der heute noch sichtbaren Erdfälle begonnen haben. THIERMANN (1975 b, S. 528) hält als Ursache der frühen Eintiefung der Quartärbasis die Salzablaugung, aber auch Ausräumung durch einen pleistozänen Flußlauf für möglich. Für die zuletzt genannte Begründung könnte die Tatsache sprechen, daß in anderen Teilgebieten des Heiligen Feldes keine Absenkungen der Quartärbasis, ja sogar Aufwürgungen gegenüber der Umgebung festgestellt wurden.

Ein weiteres Gebiet mit abgesenkter Quartärbasis – das dort lokal anstehende Tertiär

wurde in der Karte nicht berücksichtigt – befindet sich in der südöstlichen Fortsetzung des Dreierwalder Sattels. Auch hier läßt sich an frühe Folgen der Ablaugung – und zwar des Salinars des Mittleren Muschelkalkes – denken. Östlich Dreierwalde (im Haxfeld) wurde in einem fossilen Erdfall in einer Bohrung als älteste Schicht über dem Mesozoikum Tonstein des Tertiärs angetroffen, worin THIERMANN einen Hinweis darauf sieht, daß die Ablaugung wenigstens teilweise bald nach der strukturbildenden subherzyn-laramischen Phase im Tertiär eingesetzt hat (1975 b, S. 528).

LITERATUR

BASSLER, R. (1976): Hydrogeologische, chemische und Isotopen-Untersuchungen der Grubenwässer des Ibbenbürener Steinkohlenreviers. – Zs. dt. geol. Ges., Sonder-H. Hydrogeol. Hydrogeochem.: 209–286. Hannover

LINDENSCHMIDT, M.; H.-O. REHAGE (1982): Ein neuer Erdfall in Hörstel, Kreis Steinfurt, aus dem Jahre 1980. – Natur u. Heimat, 42 (2): 47–51. Münster

LOTZE, F. (1956): Zur Geologie der Senkungszone des Heiligen Meeres (Kreis Tecklenburg). – Abh. Landesmus. Naturkde. Westf., 18: 3–36. Münster

SCHUSTER, A. (1971): Die westliche und südwestliche Umrandung der Ibbenbürener Karbonscholle. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 18: 293–352. Krefeld

THIERMANN, A. (1975 a): Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000, Erläuterungen zu Blatt 3611 Hopsten, mit Beiträgen von F. J. BRAUN, J. KALTERHERBERG, H.-W. REHAGEN, K.-H. SUCHAN, K.-H. WILL u. J. WOLBURG. Krefeld

THIERMANN, A. (1975 b): Zur Geologie der Erdfälle des „Heiligen Feldes“ im Tecklenburger Land/Westfalen. – Mitt. geol.-paläont. Inst. Univ. Hamburg, 44: 517–530. Hamburg

TIETZE, O. (1914): Der Erdfall vom 14. April 1913 in der Gemeinde Hopsten (Kreis Tecklenburg). – Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst., 34, (1): 648–657. Berlin

WOLBURG, J. (1969): Die epirogenetischen Phasen der Muschelkalk- und Keuper-Entwicklung Nordwest-Deutschlands, mit einem Rückblick auf den Buntsandstein. – Geotekt. Forsch., 32: 1–65. Stuttgart

KARBONATKARSTLANDSCHAFTEN IM SÜDÖSTLICHEN WESTFALEN

VON WOLFGANG FEIGE, MÜNSTER

1. EINFÜHRUNG

Karbonatkarstlandschaften sind gekennzeichnet durch eine weitgehende unterirdische Entwässerung sowie eine Reihe von typischen Oberflächenformen und hydrologischen Besonderheiten wie Dolinen, Trockentäler, Flußschwinden und Karstquellen. Sie bilden sich, wo lösungsfähige klüftige Karbonatgesteine wie Kalk (CaCO_3) oder Dolomit ($\text{CaMG} [\text{CO}_3]_2$) relativ hoch über einem Vorfluter liegen, so daß sich ein unterirdisches Entwässerungssystem herausbilden kann.

Dolomite sind in Westfalen wenig, Kalke aber weit verbreitet. Sie sind in reinem Wasser nicht löslich, werden aber bei Vorhandensein von CO_2 , das vorrangig der Bodenluft entstammt, teilweise in das leicht lösliche Kalziumbikarbonat $\text{Ca} (\text{HCO}_3)_2$ überführt. Durch Lösungsvorgänge werden die Klüfte und Fugen erweitert und so die unterirdische Entwässerung beschleunigt. In hochprozentigen Kalken wie den devonischen Massenkalken des Sauerlandes entwickeln sich aus den Fugen und Klüften allmählich Höhlensysteme,

und die Entwässerung wird vollständig in den Untergrund verlegt. Wir sprechen von **Vollkarst**. Bei weniger reinen Kalken wie den kretazischen Mergelkalken, Kalkmergeln und Kalksandsteinen, die an den Rändern der Westfälischen Bucht anstehen, werden die Fugen und Klüfte durch Lösungsrückstände teilweise wieder verfüllt. Es bilden sich keine oder nur vereinzelt kleine Höhlen. Die unterirdischen Entwässerungsbahnen können nur in trockenen Jahreszeiten die Niederschläge ganz abführen. In regenreicheren Zeiten dagegen fließt ein mehr oder weniger großer Teil der Niederschläge oberirdisch ab. Wir sprechen von **Halbkarst**.

Haarstrang und Paderborner Hochfläche gehören geologisch zum Westfälischen Kreidebecken und sind als Halbkarst ausgebildet. Sie bauen sich aus Kalken, Mergelkalken, Mergeln und Kalksandsteinen des Cenoman und Turon auf, steigen nach Süden, Südosten und Osten bis zu einer Höhe von 400 Metern an und weisen eine geringe Taldichte auf. Obschon diese Landschaften Wassermangelgebiete sind, ereignen sich ziemlich häufig

Hochwässer, deren Ursachen u. a. in einer relativ schwachen Zertalung und geringen Bewaldung zu suchen sind. Nach einem katastrophalen Hochwasser im Jahre 1965, dem acht Menschen zum Opfer fielen, wurde mit dem Bau eines Systems von Rückhaltebecken begonnen, das mittlerweile teilweise fertiggestellt ist und die Hochwassergefahr stark verringert.

Nur wenige Wasserläufe und Quellen fließen ständig. Bis in das 20. Jh. hinein litten daher die im Inneren der Karstgebiete liegenden Ortschaften in niederschlagsarmen Jahreszeiten an Wassermangel. Die Bewohner waren gezwungen, Wasser in Zisternen aufzufangen oder mit Wagen oder Tragtieren aus den nichtverkarsteten Landschaften der Umgebung herbeizuschaffen (vgl. FEIGE 1983a, S. 176f.). Heute werden die Siedlungen der Paderborner Hochfläche und des Haarstranges durch Fernleitungen mit Wasser aus dem Tiefenkarst unter der Senne, aus der Egge und dem nördlichen Sauerland versorgt. Letzte Engpässe wurden durch die 1983 in Betrieb genommene Aabachtalsperre beseitigt, von der über ein 90 km langes Rohrnetz jährlich 11,4 Mio. m³ Trinkwasser abgegeben werden können.

Die anstehenden kalkigen Gesteine werden vielfältig genutzt. Am Nordrand der Karstgebiete in der Nähe des Hellwegs werden Mergelkalke für die Zementindustrie in Erwitte, Geseke und Paderborn gebrochen. Aus Kalksteinen sind auch viele Kirchen und Bauernhäuser sowie Hofmauern in den Haufendörfern errichtet, wogegen der wertvolle Kalksandstein von Anröchte insbesondere an Kirchen und Profanbauten in den Hellwegstädten anzutreffen ist.

Briloner Hochfläche und Warsteiner Hochfläche sind Kleinlandschaften des Nordsauerlandes, das geologisch zum Rheinischen Schiefergebirge gehört. Das Nordsauerland ist im Gegensatz zu den nur mäßig zertalten und bewaldeten, wasserarmen Landschaften am Südrande des Kreidebeckens lebhafter reliefiert, wald- und wasserreich und steigt im Arnberger Wald bis nahezu 600 m an. Der Untergrund besteht aus gefalteten Schichten des Devon und Karbon, die Achsen und Mulden verlaufen von WSW nach ENE im variskischen Streichen. Aufsattelungen im Nordsauerland sind der Briloner und der Warsteiner Sattel, in deren Kernen tief verkarstete devonische Massenkalk anstehen. Zu beiden

Seiten schließen sich unter- und oberkarbonische Grauwacken, Tonschiefer und Kiesel-schiefer an, in denen sich ein „normales“ Gewässernetz entwickelt hat. Die Gesteine haben der Abtragung unterschiedlich widerstanden, so daß sich im Streichen Ausräume und Härtlingszüge herausbildeten.

Große Steinbrüche und Abraumhalden weisen auf die wirtschaftliche Bedeutung der anstehenden Gesteine hin. Auf der Warsteiner und Briloner Hochfläche findet in großem Umfang Abbau von Massenkalk statt. Er wird als Straßenbaumaterial und als Zuschlag für die Zementindustrie verwertet. Bei Brilon wird Kalkspat für die Bauindustrie gefördert.

Wie die Karstlandschaften am Südrand der Westfälischen Bucht, so wird auch die Briloner Hochfläche „vom Rande her“ über Fernleitungen mit Wasser versorgt. Hochwässer sind auf der Hochfläche unbekannt, da in dem tief verkarsteten Gebiet auch bei starken und anhaltenden Niederschlägen der Abfluß fast ausschließlich unterirdisch erfolgt.

2. DIE KARSTLANDSCHAFT DER BRILONER HOCHFLÄCHE – VOLLKARST IM DEVONISCHEN MASSENKALK DES RHEINISCHEN SCHIEFERGEBIRGES

Das Briloner Massenkalkvorkommen (vgl. Karte 2.4) hebt sich in der Landschaft des Nordsauerlandes als schwach reliefierte, nahezu gewässerfreie Ackerlandinsel ab. Sie ist von bewaldeten Berg- und Hügelländern umgeben, die von zahlreichen Bächen zertalt sind. Der Hochflächencharakter der Landschaft ist in ihrem östlichen Teil zwischen Bleiwäsche und Madfeld besonders gut ausgeprägt. Im Süden ragen Kalkkuppen auf. In den zentralen und westlichen Teil sind die Trockentäler der oberen Alme und der oberen Möhne eingesenkt.

Der erdgeschichtliche Werdegang der Landschaft ist lang und wechselvoll und wurde von den Eigenschaften der Gesteine, insbesondere des Massenkalks, mitbestimmt. Dieser entstand im Mitteldevon und unteren Oberdevon in einem tropischen Meer organogen in Riffen, die sich im Schelfbereich vor der weiter nördlich verlaufenden Küste bildeten. Da sich der Boden des Meeres langsam absenkte, die riffbildenden Korallen und Stromatoporen aber zum Leben Licht benötigen, wuchsen die Riffe allmählich in die

Höhe. Dabei änderte sich der Abstand der lebenden Riffoberfläche vom Wasserspiegel nicht wesentlich (LOTZE 1961, S. 20). Auf diese Weise entstanden mehrere hundert Meter mächtige Kalkablagerungen von hohem Reinheitsgrad. Sie wurden beim weiteren Absinken des Meeresbodens in einer Geosynklinale von vorwiegend klastischen Sedimenten wie Tonen und Sanden, aber auch von Mergeln und gebankten Kalken überdeckt.

Gegen Ende des Devons wurde der Inhalt der Geosynklinale, zunächst weiter im Süden, gefaltet. Die Gesteine im Bereich des heutigen Nordsauerlandes wurden erst in der sogenannten asturischen Phase des Oberkarbons durch seitlichen Druck zusammengepreßt, gefaltet, zerbrochen und stellenweise auch überschoben. Durch diese tektonische Beanspruchung entstanden zahlreiche Klüfte, Fugen und Verwerfungen im Gestein, die für die spätere Verkarstung von großer Bedeutung werden sollten. Während der und im Anschluß an die Faltungsphase hob sich das Gebiet des heutigen Nordsauerlandes empor und wurde Teil eines alpenartigen Gebirges, das in der Folgezeit abgetragen wurde. Schon im Perm hatte sich eine Fastebene, eine Rumpffläche, gebildet, die die Strukturen des Untergrundes schnitt, so daß nun wasserundurchlässige Gesteine und wasserdurchlässiger Massenkalk in etwa gleicher Höhenlage nebeneinander anzutreffen waren. Zum erstenmal konnten Regen- und Flußwasser in die Kalke eindringen und durch Lösungsvorgänge Karstformen entstehen. Von diesem „Urkarst“ der Permzeit dürfte jedoch nichts mehr erhalten sein.

Im Zechstein wurde das heutige Rheinische Schiefergebirge wieder abgesenkt und zumindest in seinen Randbereichen von einem Meer überflutet. Auch in der Trias und im Jura lag das Gebiet so tief, daß teils marine, teils terrestrische Sedimente abgelagert werden konnten, die den „Urkarst“ plombierten. An der Wende vom Jura zur Kreide ereigneten sich heftige tektonische Bewegungen (jungkimmerische Phase), durch die Nordwestdeutschland in ein Schollenmosaik zerlegt wurde. Das Sauerland wurde ein Teil der „Ostrheinischen Masse“, die angehoben und allmählich zu einer Rumpffläche abgetragen wurde. Dabei gelangte auch der Massenkalk wieder an die Oberfläche und verfiel erneut der Verkarstung. Da das Klima in der Jura- und Kreidezeit wesentlich wärmer war als

heute, kann angenommen werden, daß sich eine tropische Variante des Karstreliefs mit Kalkkuppen oder Kalktürmen (tropischer Kegelkarst) herausbildete. Die Kalkkuppen im Süden der Hochfläche könnten Zeugen dieser Verkarstungsperiode sein.

Allerdings wurde auch das Karstrelief der präkretazischen Rumpffläche noch einmal überdeckt durch Ablagerungen eines Oberkreidemeeres, dessen äußerster Küstenverlauf im Cenoman etwa der Linie Kahler Asten – untere Ruhr folgte. Reste der Kreideablagerungen, die später bis zur Möhnelinie fast völlig wieder abgetragen wurden, finden sich noch auf der Briloner Hochfläche und verdanken ihren Erhalt in Spalten und Hohlformen dem Karstcharakter der Landschaft.

Nach der Exhumierung des Karstgebietes konnten erneut Lösungsvorgänge einsetzen. Noch immer war das Klima tropisch-feucht, und es ist denkbar, daß sich jetzt erst die Kuppen am Südrand der Landschaft herausbildeten, während weiter nördlich davon eine Karstrandebene entstand. An der Wende vom Tertiär zum Quartär trat eine Klimaänderung ein. Zugleich wurde das nördliche Sauerland angehoben. Dadurch ergaben sich völlig andere Voraussetzungen für den weiteren Verkarstungsvorgang: Prozesse der tropischen Flächenbildung wurden von solchen der linienhaften Talbildung abgelöst. Während der Kaltzeiten des Pleistozäns trat zudem zeitweilig tiefe Bodengefrorenis ein, die zu einer Plombierung der unterirdischen Entwässerungswege führte, so daß sich ein Talnetz mit oberirdischem Abfluß ausbilden konnte. In dieser Zeit sind die Taleinschnitte des oberen Alme- und Möhnetales entstanden. In den Zwischeneiszeiten bzw. Warmzeiten wich das Bodeneis, und die Verkarstung schritt voran, die sich nun auf die tiefliegenden Vorfluter der Möhne und Alme ausrichtete und noch heute weiter fortschreitet.

Das Massenkalkvorkommen der Briloner Hochfläche wird heute fast durchweg von einer Verwitterungs- und Vegetationsdecke überzogen. Die Verkarstung der Briloner Hochfläche ist daher dem Typ des bedeckten Karstes zuzurechnen (PFEFFER 1975, S. 6). Ausgangsmaterial der Verwitterungsdecke ist allerdings nicht ausschließlich der Massenkalk. Vielmehr geriet während der Kaltzeiten Löß und durch Prozesse des Frostbodenfließens Gesteinsschutt aus höher gelegenen Nachbarlandschaften auf die Hochfläche, die

in die Verwitterungsdecke eingearbeitet wurden. Außerdem finden sich vereinzelt Reste der ehemals vollständigen Kreideüberdeckung über dem Massenkalk. Man kann also stellenweise auch von überdecktem Karst (PFEFFER 1975, S. 6) sprechen. Nackter Karst tritt hier und da ebenfalls auf, und zwar in den Kalkkuppen am Südrand der Landschaft, an den Hängen des Mühlentales oberhalb der Almequellen und am nördlichen Hang des Aatales (westl. von Brilon).

An Karsterscheinungen finden sich heute auf der Briloner Hochfläche Bachschwinden bzw. Dolinen, Karren, Ponore, Blindtäler, Karstquellen, unterirdische Wasserläufe und Höhlen.

Dolinen, das sind durch Lösung und/oder Einsturz entstandene trichterförmige Gebilde, die mehrere Meter Tiefe und Durchmesser von mehreren Dekametern erreichen können, finden sich auf der freien Feldflur der Briloner Hochfläche nur in geringer Zahl. Zwar verzeichnen ältere topographische Karten eine Reihe von diesen Hohlformen, doch sind sie heute zumeist zugeschüttet, da sie die Landwirte bei der Feldarbeit störten. Einige größere Dolinenfelder haben sich unter Wald erhalten, u. a. im Madfelder Holz und im Buchholz (südwestl. von Bleiwäsche).

Die Verbreitung der Karren ist auf die inselhafte Vorkommen des nackten Karstes beschränkt. Karren sind rinnenartige Lösungsformen an der Gesteinsoberfläche, die schwerkraftorientiert in Richtung des stärksten Gefälles verlaufen (Rillkarren) oder feinen Unstetigkeiten im Gestein folgen (Kluftkarren). Die Kluftkarren sind besonders kräftig ausgebildet und zerlegen nicht selten, indem sie ein Schichtpaket in seiner ganzen Tiefe durchziehen, das Kalkgestein in einzelne Stücke. Dabei kommt es zur Ablösung kleinerer und größerer Gesteinsbrocken. Die kalklösende Kraft des Wassers und Spaltenfrost verrichten abwechselnd ihr Zerstörungswerk. Die Schutthalden am Fuße der Klippen dürften, wenigstens zum Teil, auf diese Weise entstanden sein.

Ponore bzw. Bachschwinden finden sich ganz überwiegend am Süd- und Ostrand des Kalkvorkommens. Sobald die Bäche, die in den höher gelegenen Nachbarlandschaften entspringen und – der allgemeinen Abdachung folgend – nach NE fließen, das Karstgebiet erreicht haben, verschwinden sie plötzlich. Die Schwundlöcher (Ponore,

Schwalgen oder Bachschwinden genannt) lassen sich fast überall genau lokalisieren, haben sich zum Teil 10 m tief in die Hochfläche eingesenkt und bilden die örtliche Erosionsbasis der in ihnen versinkenden Bäche. Diese haben kleine Kerb- oder Schluchttäler gebildet, die an den Schwalgen blind enden. Die Talschlüsse haben nicht selten die Form bachaufwärts geöffneter Amphitheater. Große Gesteinsblöcke liegen an den Hängen und im Talgrund. Soweit die blinden Täler noch in den Massenkalk hineinreichen, scheinen sie – wenigstens teilweise – durch Einsturz entstanden zu sein.

Bei ungewöhnlich starken Niederschlägen oder bei der Schneeschmelze vermögen die Schlucklöcher nicht immer das zugeführte Wasser zu fassen, und es kommt zu Aufstauungen. Bei der Untrügge (südlich von Thülen), deren Ponor das größte Einzugsgebiet hat, bildet sich bisweilen ein See, der bei ausreichendem Stau in das Trockental der Alme überläuft. Solche Aufstauungen sind auch unterhalb der Rösenbecker Höhle, an der großen Schwalge zwischen Madfeld und Bleiwäsche und an einem Ponor unmittelbar südlich Bleiwäsche gelegentlich festzustellen. Am Boden der kleinen temporären Seen setzen sich Schotter und Bachtrübe ab und können bei länger andauerndem Stau die Grasnarbe an den Talenden völlig bedecken. Bei jeder Inundation wird eine neue Schicht abgelagert, und so haben sich am Ende der blinden Täler Ebenheiten ausgebildet, am deutlichsten zwischen Kalkkuppen südwestlich von Thülen sowie unterhalb der Rösenbecker Höhle. Man kann diese Blindtalschlüsse nach Form und Entstehung als Miniaturpoljen betrachten.

Im Einzugsbereich des Aatales, der sich auf den Westteil der Hochfläche erstreckt und auch in das Schiefergebirge hineingreift, fehlen blinde Täler. Auch hier versickert das von den Randhöhen herbeiströmende Wasser im klüftigen Gestein, doch sind die Schwundstellen nicht immer eindeutig lokalisierbar; je nach Wasserzufuhr pendeln sie talauf und talab. Eine markante Schwundstelle, die sich auch klar ausmachen ließ, lag wenig unterhalb der Niedermühle nordwestlich von Brilon (nahe der Rottmersteinhöhle). Sie wurde mit Beton verschlossen.

Das am Süd- und Ostrand des Massenkalkvorkommens versinkende Wasser tritt an seinem Nordrand am Ausgang schluchtartiger

Trockentäler in den Karstquellen der Alme und des Moospringes wieder zutage. Die Almequellen bestehen aus etwa 100 Wasser-
austritten in Höhenlagen zwischen 320,5 und 322,6 m über NN, teils in einem künstlich aufgestauten Teich, teils oberhalb davon am Fuße der östlichen, felsigen Talwand. Zusammen mit dem Moospring, einer ca. 500 m entfernten kleineren Quellgruppe in vergleichbarer hydrogeologischer Lage, liefern die Almequellen im langjährigen Mittel (1939–1965, Pegel Niederalme) bei Niedrigwasser 0,2 m³/s, als Mittelwasser 0,95 m³/s und bei Hochwasser 4,83 m³/s.

Die einzelnen Quellen unterscheiden sich je nach Höhenlage durch Wasserführung, Natriumchloridgehalt und Temperatur (8,2° C bis 11,4° C). Die oberen Wasseraustritte versiegen im Sommer, die tieferen, am nordöstlichen Rande des Teiches gelegenen sind wärmer, fließen ständig und haben einen höheren Salzgehalt. Die Unterschiede in der Temperatur und im Chemismus der Quellen weisen darauf hin, daß sie nicht von einem einheitlichen Grundwassersystem gespeist werden. Zur Klärung der Herkunft der Wässer sind mehrfach Färbungs- und Salzungsversuche unternommen worden. 1913 konnte eine Verbindung zwischen der Aaversickerung nordwestlich von Brilon und den Almequellen nachgewiesen werden (HUMMELL/HOFMANN o. J.). Untersuchungen des Reichsamtes für Bodenforschung und des Hygieneinstitutes der Waffen-SS in den Jahren 1943/44 brachten folgende Ergebnisse: Das Wasser der Bäche, das in den Ponoren am Südrand der Briloner Hochfläche nordöstlich von Brilon und nördlich von Nehden versinkt, tritt in den Almequellen und im Moospring wieder zutage. Die Fließgeschwindigkeiten des Karstwassers sind hoch, bis 230 m/h wurden ermittelt. Nicht alles Wasser, was am Rande und im Inneren des Massenkalkvorkommens versinkt, tritt am Nordrand wieder zutage (PAEKELMANN/BANSE 1944). Verbindungen zwischen Versickerungsstellen am Nordostrand der Hochfläche und den Quellen konnten nicht sicher nachgewiesen, die Herkunft des Salzgehaltes der Quellen nicht ermittelt werden.

Die unterirdischen Wege des Wassers zwischen den Versickerungspunkten am Süd- und Ostrand des Karstgebietes und den Quellen an seinem Nordrand folgen Klüften, die im Streichen und vor allem quer zum Strei-

chen des Gebirges verlaufen und durch Lösung erweitert und örtlich zu Höhlensystemen ausgeformt worden sind. An zwei Stellen ist es möglich, dem unterirdischen Wasserweg auf ein kurzes Stück zu folgen: in der auf 73 m begehbaren Ponorhöhle am Kirchloh und in der 40 m langen und 41 m tiefen Höhle am Pumpenhäuschen südlich von Bleiwäsche. Diese Höhlen werden von Bächen durchflossen, die in der Nähe der Höhlenzugänge in Ponoren versinken, und sind daher „aktive“ Karsthöhlen. Ebenfalls aktiv ist das untere Stockwerk der Rösenbecker Höhle. Es wird vom Rösenbecker Bach weiter ausgeformt, der unterhalb des Höhleneinganges in einem Blindtal versickert. Neben diesen aktiven Höhlen des Briloner Karstvorkommens, zu denen ZYGOWSKI (1983) auch den Knochen-schacht im Dresental bei Messinghausen zählt, gibt es eine größere Anzahl von „fossilen“ Karsthohlräumen. Sie liegen heute trocken, wurden aber zu einer Zeit, als die Vorfluter des Massenkalkgebietes und damit das Karstgrundwasser noch höher lagen, ebenfalls von fließendem Wasser geschaffen. Sogar in isoliert auftretenden Kalkkuppen wie Rattmerstein und Hallerstein finden sich Höhlen. Ihre Anlage muß sehr alt sein, wie z. B. die der Schweinhöhle, die bereits dem Höhlenverfall durch oberirdischen Abtrag unterliegt. Insgesamt werden auf der Briloner Hochfläche 34 Höhlen gezählt (ZYGOWSKI 1983), von denen allerdings nur ca. 20 länger als 10 m, sechs länger als 50 m und nur zwei länger als 100 m sind. Die größte Höhle ist mit 910 m Ganglänge und 50 m Tiefe die Rösenbecker Höhle. Sie wird in der wissenschaftlichen Literatur erstmalig 1829 erwähnt und hat ausführliche Beschreibungen von NÜGGERATH (1846 mit erster Planzeichnung), FUHLROTT (1869), RÜCKERT und BAATZ (1933) und zuletzt durch ZYGOWSKI (1983) erfahren. Die Erforschung der übrigen Höhlen setzte erst nach 1965 ein.

3. DIE KARSTLANDSCHAFT DES ÖSTLICHEN HAARSTRANGES UND DER PADERBORNER HOCHFLÄCHE - HALBKARST AM SÜDOSTRAND DES WESTFÄLISCHEN KREIDEBECKENS

Östlicher Haarstrang und Paderborner Hochfläche bauen sich aus verkarstungsfähigen Kalken und Mergelkalken des Cenoman

und Turon auf, denen einzelne Mergel- und Tonmergelbänke eingelagert sind, die den Verkarstungsprozeß hemmen. Es handelt sich bei diesen Gebieten also, was die Gesteinsbeschaffenheit und -lagerung anbetrifft, um Halbkarst.

Der Ausschnitt der Karte 2.5 umfaßt Teile des östlichen Haarstranges im Nordwesten und der Paderborner Hochfläche im Südosten. Die diagonal durch die Karte ziehende Alme bildet die Grenze zwischen den beiden Landschaften.

Abbildung 1 macht die Lagerungsverhältnisse deutlich. Im Kartenbereich liegen klüftige, um ca. 3 Grad nach NNW einfallende Sandstein-, Kalkmergel- und Mergelkalkbänke der Kreide diskordant auf gefalteten, wasserstauenden Grauwacken und Tonschiefern des Karbon. Die Basis der Kreideschichten bildet der Rüthener Grünsandstein (Alb/Cenoman) mit filtrierenden Eigenschaften. Die Schichtfolge des Turon beginnt mit Mergelbänken, die zusammen mit den sie überlagernden Kalken eine E-W streichende Schichtstufe formen. Die Mergel wirken nur örtlich als Aquiklud. Am Hellweg (B 1) werden die klüftigen Turonschichten von wasserstauenden Mergeln des Coniac überlagert. Diese und die tiefer gelegenen Teile der Turonabdachung werden wiederum von pleistozänen Sedimenten bedeckt.

Die erdgeschichtliche Entwicklung läßt sich aus dem Profil (vgl. Abb. 1) etwa wie folgt ablesen:

Nach der Faltung der Grauwacken und Tonschiefer des tieferen Untergrundes am Ende des Karbon in der asturischen Phase der variszischen Gebirgsbildung wurden diese in der Folgezeit zu einer Rumpffläche abgetragen, über die am Ende der Unterkreide das Oberkreidemeer transgredierte und eine ca.

300 m mächtige Schichtfolge von marinen Ablagerungen sedimentierte. Gegen Ende der Kreidezeit zog sich das Meer aus dem südöstlichen Teil des Münsterschen Beckens zurück; doch wurde dieses zunächst nur wenig über den Meeresspiegel gehoben, so daß eine tiefgreifende Verkarstung wohl noch nicht einsetzen konnte. Diese wurde erst möglich, als an der Wende vom Tertiär zum Quartär der Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges emporstieg und hierdurch die ursprünglich flach lagernden Kreidesedimente im Süden angehoben und schräg gestellt wurden. Nun konnten sich Flüsse tief in die Kreideschichten einsenken und als Vorfluter für die sich entwickelnden unterirdischen Entwässerungssysteme fungieren. Als weitere Vorfluter wirkten die Hellwegquellen am Nordrand der Kalk- und Mergelvorkommen an der Turon-Coniac-Grenze.

In den Kaltzeiten des Quartär wurde der Verkarstungsprozeß durch Bodengefrorenis zeitweilig unterbunden. Wenigstens einmal wurden der Haarstrang und ein Teil der Paderborner Hochfläche auch vom Inlandeis überfahren (Saaleeiszeit). Grundmoränenreste und Löß bedecken noch heute den Fuß und den unteren Hang des Haarstrangs, während sich auf der Haarrhöhe nur noch eine lockere Geschiebestreu findet und der westliche Teil der Paderborner Hochfläche nicht mehr vom Eis erreicht wurde. Die untere Haarabdachung ist daher heute in der Form des überdeckten Karstes ausgebildet, bei der die älteren Karstformen durch pleistozäne Sedimente zugedeckt sind. Der nachpleistozäne Formenschatz der Karsterscheinungen umfaßt Trokentäler, Dolinen, Bachschwinden, Quellen und Quelltuffe.

In den kretazischen Kalken und Mergelkalen fehlen ständig fließende Gewässer fast

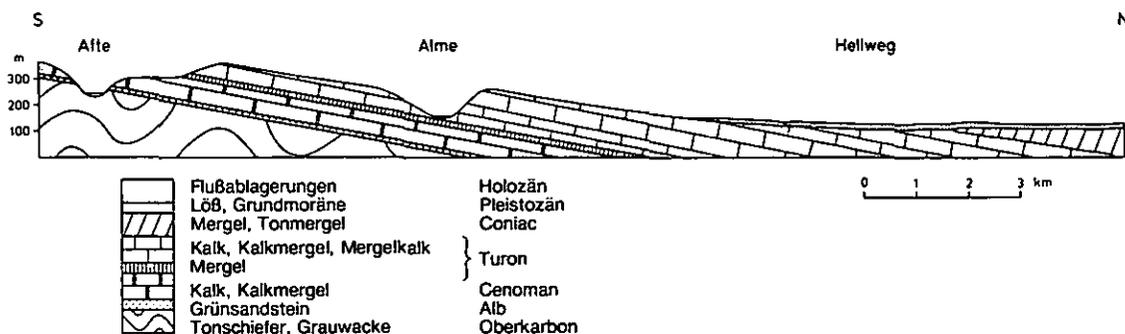


Abb. 1: Geologisches Profil: Paderborner Hochfläche – Hellweg

völlig. Über lokalen Mergelvorkommen entspringen kleine Wasserläufe, die sich schon bald wieder im klüftigen Gestein verlieren. Lediglich die Alme, die, aus dem Karbon des nördlichen Sauerlandes kommend, bei Weine in die Kreidekalktafeln eintritt, fließt bis Brenken ständig. Alle Nebentäler der Alme sind, soweit sie in den Kreidetafeln liegen, zumindest zeitweilig trocken.

Auch die sogenannten Schledden auf der Nordabdachung des Haarstrangs (KLEINN 1961) fließen nur periodisch. Ihre Wasserführung reagiert sehr empfindlich auf den Witterungsverlauf. So verwandeln gewittrige Schauer im Sommer die noch eben trockenen Flußbetten rasch in reißende Ströme, die, wie zuletzt im August 1982 in Steinhausen, erhebliche Flutschäden hervorrufen können. Die unregelmäßige Wasserführung der Bäche ist den Anwohnern der Schledden so vertraut, daß sich ein eigener Sprachgebrauch herausgebildet hat. So sagt man „Die Schledde kommt“, wenn der Wasserlauf nach einer Trockenperiode wieder zu fließen beginnt, und „Die Schledde bleibt aus“, wenn ihr erwartetes Fließen nicht eintritt (KLEINN 1961). Nach KLEINN lassen sich die Schledden in drei hydrographische Abschnitte gliedern: einen Sammelabschnitt im Oberlauf mit temporären Quellen, Feuchtstellen und Zusammenfluß von Oberflächenwasser, einen Sickerabschnitt im Mittellauf, in dem die Schledden viel oder alles Wasser an den Untergrund verlieren, und einen Abflußabschnitt, in dem die restlichen Wassermengen dem Hellweg zufließen. In der Osterschledde sind aber auch im Oberlauf nicht selten Versickerungserscheinungen zu beobachten, während zu gleicher Zeit weiter talab temporäre Quellen fließen.

Ein Problem, das auch im karsthydrologischen Zusammenhang interessiert, ist die NNE-Richtung der Schledden, die von der Falllinie der Haarabdachung deutlich nach E abweicht. THOME (1980) sieht in ihnen eine Auswirkung des Inlandeises, das von NE vorstieß und sich am Haarstrang staute. KALTERHERBERG und KOHN-VELTEN (1967) erklären den Talverlauf mit zwei im Turon häufig auftretenden Kluftfrüchtungen (30° und 165°), die auch in den Bachbetten der Schledden festzustellen sind. Man kann bei geringer Wasserführung gut beobachten, wie sich der Bach beim Fließen an diesen Klüften orientiert und, bald der einen, bald der anderen

Richtung folgend, insgesamt nach NNE strebt.

Auch auf der westlichen Paderborner Hochfläche finden sich, von einigen schwachen, ständig fließenden Quellen abgesehen, die gleichen hydrologischen Verhältnisse wie in den Schledden. Auch die generelle Talrichtung stimmt mit diesen weitgehend überein. Da das Inlandeis die Alme im Bereich der westlichen Paderborner Hochfläche nicht oder nur wenig überschritten hat, kann die Talrichtung nicht durch Eisschurf erklärt werden, wogegen die richtungweisende Wirkung von Klüften auch hier in den Flußbetten klar zu erkennen ist.

Dolinen finden sich in den Wäldern des östlichen Haarstrangs und der Paderborner Hochfläche ziemlich häufig. In der Feldflur sind sie auffällig seltener. Sie werden hier oft zugeschüttet, weil sie bei der Feldarbeit stören. Aber auch in den Wäldern werden Dolinen in der Nähe von Straßen und Wegen immer häufiger mit Bauschutt, Hausmüll und Autowracks verfüllt, so daß eine Unterschutzstellung zumindest einzelner großer Dolinen und Dolinengruppen dringend geraten scheint.

In Karte 2.5 sind die seit 1955 verfüllten und die zur Zeit (1984) noch offenen Dolinen im Raum Geseke – Salzkotten – Büren kartiert. Auffällig ist, daß sie häufig in Reihen angeordnet sind. Die Dolinenketten folgen teils den Tiefenlinien von Dellen, teils laufen sie diesen oder auch kleineren Talzügen parallel. Während Dolinenreihen an Kluftzonen gebunden sind, wird die Position der einzelnen Dolinen in der Regel durch Kluftkreuze bestimmt. Die größte Doline im Kartenbereich hat einen Durchmesser von 32 m und eine Tiefe von 7,5 m. An Dolinenformen finden sich schacht-, trichter- und wannenförmige Gebilde. Junge Dolinen haben häufig Schachtform. Es sind Tiefen bis zu 26 m gemessen worden.

Dolinenreihen geben Hinweise auf den Verlauf unterirdischer Gewässer, die den Hauptkluftfrüchtungen und Störungszonen im Gebirge folgen. Wo diese Täler kreuzen, finden sich Bachschwinden, die bei hohem Karstwasserstand auch als Quellen fungieren können. Im Tal der Alme reihen sich Bachschwinden zwischen Brenken und Ahden sowie Wewelsburg und Tudorf. Die Schwundstellen liegen teils am Grunde des Flußbettes, teils an den Uferböschungen, wo sie an doli-

nenartigen Einstürzen leicht zu erkennen sind. In trockenen Sommern endet der oberirdische Lauf der Alme schon wenig unterhalb von Brenken.

Der Flußschwund führte in der Vergangenheit häufig zu akutem Wassermangel in den Dörfern Ahden, Wewelsburg und Tudorf, deren Bewohner Wasser für Mensch und Vieh aus der Alme bei Brenken oder Karstquellen bei Borchon herbeischaffen mußten. Korn wurde an der oberen Alme oder an den Hellwegquellen gemahlen, wenn die Dorfmühlen stillstanden. Wegen dieser Schwierigkeiten sind in den letzten Jahrhunderten wiederholt Versuche gemacht worden, die Almeschwalgen abzudichten. Sie haben, wenn sie in größerem Umfange durchgeführt wurden, regelmäßig zu handgreiflichen oder gerichtlichen Auseinandersetzungen zwischen Anliegern der Alme und Müllern an den Hellwegquellen in Geseke und Upsprunge geführt. Eine für das 19. Jh. nachweisbare starke Zunahme des Flußschwundes als Folge einer Verlegung des Flußbettes an den Nordhang des Almetales bei Brenken um 1830 veranlaßte Almeanlieger, eine Dichtung der Schwalgen mit öffentlichen Mitteln zu beantragen, die dann in den Jahren 1891 und 1895 durchgeführt wurde. Durch eine starke Minderung der Schüttung der Geseker Quellen kam es denn auch zu einem Rechtsstreit, in dessen Verlauf im Raum Brenken Schwalgen eingefärbt wurden. Die Markierungsversuche erbrachten folgendes Ergebnis (vgl. Karte 2.5): Während die Schwalgen an der Sägemühle (unterhalb von Brenken) nur mit den Quellen in Upsprunge in Verbindung stehen, fließt von den Versickerungsstellen oberhalb Brenkens Wasser sowohl in Richtung Geseke als auch nach Upsprunge ab. Durch eine Färbung im Jahre 1967 wurde außerdem eine Verbindung zwischen einer Schwalge bei Wewelsburg und den Upsprunger Quellen nachgewiesen. (Die in der Karte 2.5 verzeichneten Pfeile geben nur die allgemeine Fließrichtung des Wassers an.) Es ist anzunehmen, daß es nicht auf direktem Wege, sondern, wie das Wasser in den Schledden, bald dieser und bald jener Kluftrichtung folgend, dem Hellweg zufließt. Die Laufzeit des Wassers betrug bei den verschiedenen Markierungsversuchen zwischen Brenken und Geseke 44 Stunden, Brenken und Upsprunge 23 bis 30 Stunden (FEIGE 1961), Wewelsburg und Upsprunge 22 Stunden (Ortschronik Niederntudorf).

Die Quellen in Upsprunge, Salzkotten und Geseke gehören wie die der Pader zum Hellwegquellhorizont, der etwa dem Verlauf der Bundesstraße 1 folgt. Hier überlagern wasserundurchlässige Emschermergel (Coniac) die klüftigen und verkarsteten Cenoman- und Turonschichten der Haarabdachung und zwingen das Karstwasser zum Austritt. Die Hellwegquellen haben daher typische Karstquelleigenschaften: starke Schwankung der Schüttung, relativ große Temperaturamplitude infolge geringer Verweildauer des Wassers im Untergrund und große Schwebstoffführung wegen der geringen Filtereigenschaften des klüftigen Mergelkalksteines. Sie sind daher für die Trinkwassergewinnung kaum geeignet. Nördlich des Quellhorizontes befindet sich unter der Überdeckung der Coniacmergel im Cenoman und Turon ein Grundwasserstockwerk mit artesisch gespanntem Wasser. Es steht mit dem Karstwasser der Paderborner Hochfläche und des Haarstranges in hydraulischem Zusammenhang und kann als Tiefenkarstwasser bezeichnet werden. Es ist bei Salzkotten salzhaltig, nördlich von Paderborn aber von Trinkwasserqualität und wird hier vom Wasserwerk der Stadt durch Tiefbrunnen erschlossen.

LITERATUR

- BODE, H. (1954): Die hydrologischen Verhältnisse am Südrand des Beckens von Münster. In: Geol. Jb., 69, S. 429-454
- FEIGE, W. (1961): Talentwicklung und Verkarstung im Kreidegebiet der Alme. In: Spieker, 11, S. 3-66
- FEIGE, W. (1970): Die Briloner Hochfläche. Münster (= Landschaftsführer des Westf. Heimatbundes, 7)
- FEIGE, W. (1983 a): Wassermangel und zentrale Wasserversorgung, Hochwässer und Hochwasserschutz auf der Paderborner Hochfläche und dem östlichen Haarstrang. In: Beitr. Karst- und Höhlenforschung in Westfalen, Karst und Höhle 1982/83, S. 175-194
- FEIGE, W. (1983 b): Haarstrang - Nordsauerland - Paderborner Hochfläche - Karst, Wasserversorgung, Hochwasserschutz, Steinindustrie. In: HEINEBERG, H. u. A. MAYR (Hg.): Exkursionen in Westfalen und angrenzenden Regionen. Festschr. z. 44. Deutschen Geographentag in Münster 1983, Teil II, S. 235-248 (= Münstersche Geographische Arbeiten, 16)
- FEIGE, W. (1984): Östlicher Haarstrang und Paderborner Hochfläche. In: Kölner Geogr. Arbeiten, 45, S. 565-583
- FISCHBACH, P. (1983): Die Wasserverhältnisse am Haarstrang zwischen Soest und Salzkotten (Westfalen, NW-Deutschland) - Ausdruck der Verkarstung des

- Untergrundes. In: Beitr. Karst- und Höhlenforschung in Westfalen. Karst und Höhle 1982/83, S. 195–203
- FUHLROTT, C. (1869): Die Höhlen und Grotten in Rheinland-Westphalen. Iserlohn
- HECKER, W. (1950): Das Quellendorf Upsprunge. (Examensarbeit) Paderborn (Examensarbeit)
- HEDERER, Th. (1977): Trinkwasser aus Tiefem Karst der Paderborner Hochfläche. Paderborn
- HUMMELL u. HOFMANN, M. (o. J.): Bericht betr. Schwalgen in den Quellbächen der Lippe. (Unveröffentl.)
- KALTERHERBERG, J. u. H. KUHN-VELTEN (1967): Klüfte und Talrichtungen im Turon des südöstlichen Münsterlandes. In: Geol. Rundschau, 56, S. 726–748
- KLEINN, H. (1961): Die Schledden auf der Haarfläche zwischen Geseke und Soest. Ein Beitrag zur Hydrographie und Morphologie temporärer Trockentäler. In: Spieker, 11, S. 67–112
- KOCH, M., G. MICHEL u. H. SCHRÖTER (1974): Zur Hydrogeologie des Warsteiner Massenkalk-Gebietes (Nordöstliches Sauerland). In: Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 20, S. 195–214
- KOCH, M. u. G. MICHEL (1979): Der Warsteiner Massenkalk – Hydrogeologie und Wasserwirtschaft. In: Geol. u. Mineralogie des Warsteiner Raumes (= Aufschluß, Sonderbd. 29)
- KÖHLER, E. (1981): Zur Karsthydrologie des Raumes Salzkotten-Upsprunge. In: Decheniana, 134, S. 317–322
- PAECKELMANN, W. u. MURTHUM (1943): Vorbericht über Untersuchungen zur Hydrologie des Briloner Kalkmassivs im Sommer 1943. (Maschinenschrift) Lippstadt
- PAECKELMANN, W. u. E. BANSE (1944): Bericht über die Untersuchungen der Arbeitsstelle Alme im Sommer 1944. Zugleich Schlußbericht über die Untersuchungen des Reichsamtes für Bodenforschung, des Hygieneinstitutes der Waffen-SS und der Bauleitung der SS-Schule Haus Wewelsburg zur Hydrologie des Briloner Karstes. (Maschinenschrift) Lippstadt
- ROSCHKE, G. (1967): Das Katastrophen-Hochwasser 1965 am Dreiländereck Nordrhein-Westfalen – Hessen – Niedersachsen, seine natürlichen Ursachen und verheerenden Folgen. In: Die Wasserwirtschaft, 57, S. 102–109
- STILLE, H. (1903): Die geologisch-hydrologischen Verhältnisse im Ursprungsgebiet der Paderquellen. (= Abh. d. Preuß. Geol. Landesanstalt, NF, 38)
- THOME, K. N. (1981): Haarstrang und Hellwegtal. Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100 000. Hg. vom Geol. Landesamt NW Krefeld. Erläuterungen zu Blatt C 4710 Dortmund, S. 46–52. Krefeld
- WENZENS, G. (1983): Ein Beitrag zur Morphogenese der Karstlandschaften im nördlichen Sauerland. In: Beitr. z. Karst- und Höhlenforschung in Westfalen. Karst und Höhle 1982/83, S. 7–13
- ZYGOWSKI, D. (1983): Die Höhlen der Briloner Hochfläche (östliches Rheinisches Schiefergebirge). In: Beitr. z. Karst- und Höhlenforschung in Westfalen. Karst und Höhle 1982/83, S. 15–46

Verlag: Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung GmbH & Co., Münster

© 1987 Landschaftsverband Westfalen-Lippe,
Geographische Kommission für Westfalen

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Die Vergütungsansprüche des § 54, Abs. 2, UrhG, werden durch die Verwertungsgesellschaft Wort wahrgenommen.

Gesamtherstellung: Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung GmbH & Co., Münster, 1987

Dritte Lieferung insgesamt
ISBN 3-402-06163-5

Doppelblatt: Lagerstätten / Gesteinsarten / Karst
ISBN 3-402-06164-3