hafen und Romanshorn wieder aufleben zu lassen. Die Schweizerische Bundesbahn war bestrebt, viel Transitgut auf ihr Bahnnetz zu ziehen und außerdem Handelsgüter aus Osteuropa über die Bodenseeroute einzuführen. Verhandlungen mit der deutschen Bahn und mit der französischen Militärregierung in Südwürttemberg führten im Januar 1948 zur Wiederaufnahme des Trajektverkehrs durch die Schweizerische Bundesbahn, zunächst mit zwei Motortrajektkähnen. Bei Bedarf stellte die Deutsche Bundesbahn ihr Motortrajektschiff «Schussen» und einen Motortrajektkahn mit Personal mietweise zur Verfügung.

Die zunehmende Inanspruchnahme dieses Verkehrsweges (1950 wurden 25063, 1960 wurden 43689 Eisenbahnwagen befördert) veranlaßte die Schweizerische Bundesbahn, zwei neue große Motortrajektschiffe, die «Romanshorn« (1958) und die «Rorschach» (1966) einzusetzen. Doch die Konkurrenz der Landtransportwege auf Schiene und Straße ließ nach einigen Jahren dem Eisenbahnwagentransport über den Bodensee keine wirtschaftliche Chance mehr. Am 29. Mai 1976 beförderte man das letztemal Eisenbahnwagen über den See. Der Transport von Autos, Lastkraftwagen und anderen Straßenfahrzeugen über den See auf den Motortrajektschiffen und insbesondere auf den ähnlich gebauten Autofähren des Konstanzer Fährbetriebes Konstanz–Meersburg hatte inzwischen schon längst den Eisenbahnwagentransport an Bedeutung übertroffen und der alten Idee einen modernen Inhalt gegeben.

### Quellen und Literatur

Akten betr. Bodenseeschiffahrt im Staatsarchiv Ludwigsburg und im Verkehrsarchiv des Verkehrsmuseums Nürnberg. – Zeitungen der Jahre 1867–1967. – Emil Krumholz: Die Geschichte des Dampfschiffahrtsbetriebes auf dem Bodensee, Innsbruck 1906. – Friedrich Pernwerth von Bärnstein: Die Dampfschiffahrt auf dem Bodensee, Leipzig 1906. – Hans Hauser: Die schweizerische Bodenseeschiffahrt als Nebenbetrieb der Schweizerischen Nordostbahn 1855–1901, Winterthur 1960. – Max Messerschmid: 100 Jahre Eisenbahntrajekt Friedrichshafen–Romanshorn, Bodenseegeschichtsverein Friedrichshafen 1969. – Werner Deppert: Mit Dampfmaschine und Schaufelrad – Die Dampfschiffahrt auf dem Bodensee 1817–1967, Konstanz 1975. – P. Ransome-Wallis: Eisenbahnfähren in Westeuropa, Zürich 1969.

# Ölschiefer – Entstehung und Nutzung

*Wolfgang Küspert*

Neben der bedrohlichen Zunahme der Weltbevölkerung, der fortschreitenden Zerstörung unserer natürlichen Umwelt, den Ost-West- und Nord-Süd-Konflikten wird die Verknappung vieler Rohstoffe einschließlich der fossilen Energieträger zu den Problemen gehören, die uns in den kommenden Jahrzehnten am meisten beschäftigen werden. Die Aussicht auf Erschöpfung ihrer Lagerstätten in der ersten Hälfte des nächsten Jahrhunderts hat die erdölexportierenden Länder bereits heute zu einer Politik der sukzessiven Anhebung der Rohölpreise veranlaßt. Die durch den «Ölschock» von 1973 intensivierte Suche nach neuen Energiequellen anstelle von Erdöl und Erdgas hat sich auch Ölschiefern und Ölsanden zugewandt, eine Entwicklung, die erst angesichts der gestiegenen Energiepreise ökonomisch sinnvoll geworden ist.

Der wirtschaftliche Wert von Ölschiefern liegt hauptsächlich in ihrem Kohlenwasserstoffpotential. Darüber hinaus aber bietet sich die Herstellung verschiedener Nebenprodukte an, die unter Umständen den Preis des Schieferöls verringern können. Die direkte Verbrennung von Ölschiefern in Kraftwerken wird nur in Ausnahmefällen sinnvoll sein, z. B. in Ländern ohne größere Kohlevorräte.

Das wieder geweckte Interesse an den Ölschiefern Württembergs gibt Anlaß, einige geologische und wirtschaftliche Aspekte in- und ausländischer Ölschiefervorkommen zu diskutieren. Woraus bestehen Ölschiefer, wie sind sie entstanden, wie können sie nutzbar gemacht werden, welche Rolle könnten sie als zukünftiger Rohstofflieferant spielen? Der vorliegende Aufsatz versucht, einige allgemein gehaltene Antworten zu geben.

### Zusammensetzung und Bildungsbedingungen

Ölschiefer (bituminöse Schiefer, Schwarzschiefer) sind weder Schiefer im geologischen Sinn, noch enthalten sie (im Gegensatz zu Ölsanden) nennenswerte Mengen erdölartiger Verbindungen. Vielmehr besteht ihr organischer Inhalt zu 80 bis 90 Prozent aus Kerogen (griech.: Ölbildner). Kerogene sind komplexe und sehr unterschiedlich zusammengesetzte Mischungen hochpolymerer Substanzen, die in organischen Lösungsmitteln und Mineralsäuren unlöslich sind. Isoliert man Kerogene aus Ölschiefern, erhält man ein feines, trockenes, bräunliches oder rötliches Pulver. Unter dem Mikroskop erkennt man in wechselnden Mengenverhält-

nissen planktonische Algen (vor allem Botryococcen und Tasmaniten), Pollen, Sporen und andere Reste höherer Pflanzen und häufig als Hauptbestandteil unstrukturierte, amorphe Flocken, die aus der intensiven, z. T. bakteriellen Umwandlung weniger formbeständiger Zellen verschiedenster Mikroorganismen hervorgegangen sein mögen.

In der Regel entgeht in einem Meer oder einem See nur ein ganz geringer Prozentsatz der abgestorbenen Biomasse der völligen Zersetzung und sammelt sich in den abgelagerten Sedimenten an (dies gilt m. E. auch für die mineralischen Skelette vieler Lebewesen). Bei dieser Auslese werden sich natürlich die gegen Oxidation und bakteriellen Abbau resistentesten Organismenreste und organischen Verbindungen stark anreichern. Dies gilt sowohl für die erwähnten Algen und Pollen, als auch für Fette, Wachse, biogene Kohlenwasserstoffe und andere Zellbestandteile, die an der Bildung des amorphen Kerogens teilnehmen. Sie sind die Ausgangssubstanzen für natürliche und synthetische Mineralöle.

In der Natur entsteht im Laufe von Jahrmillionen aus Kerogenen bei Temperaturen zwischen ca. 50° und 150° C Erdöl, das anschließend in poröse Speichergesteine (Sandsteine und geklüftete Kalke) auswandert. Doch sei gesagt, daß typische Erdölmuttergesteine geringere Kerogengehalte als Ölschiefer haben.

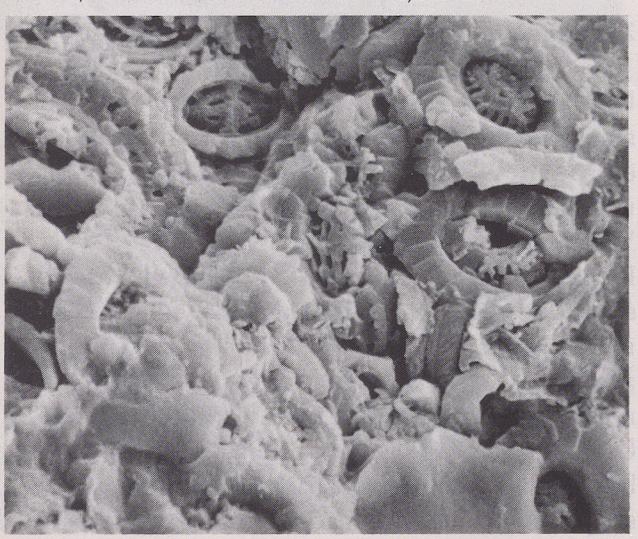
Ölschiefergesteine gehen aus schlammigen Sedimenten hervor, die reich an organischem Material sind. Ihre Verfestigung läuft bei niedrigen Temperaturen und unter dem Druck überlagernder Schichten ab. Während der zur Verfügung stehenden langen Zeiträume «reifen» die organischen Bestandteile zu Kerogenen. Ölschiefer, die in tieferen Bereichen der Erdkruste erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind, büßen ihr Ölpotential teilweise oder ganz ein. Die Kerogengehalte von Ölschiefern liegen zwischen 5 und 85 Prozent. Auch der Mineralbestand schwankt in weiten Grenzen und hängt natürlich von den jeweiligen Ablagerungsbedingungen ab (See oder Meer, Klima, Zuflußverhältnisse). Immer handelt es sich aber um sehr feinkörnige Gesteine, deren einzelne Komponenten mikroskopisch klein sind. Neben Tonmineralen finden sich Quarz, Opal, Feldspäte, Karbonate (Calcit, Dolomit, Siderit u. a.), Sulfide (vor allem Pyrit, $FeS_2$) und einige andere seltenere Minerale. Die in manchen Ölschiefern reichlich vorhandenen Metallsulfide verdanken ihre Ausfällung der bakteriellen Produktion von Schwefelwasserstoff, eine Reaktion, die nur in sauerstofffreier Umgebung einsetzt. Die feinverteilten Sulfidminerale rufen die dunkle Farbe dieser Gesteine hervor. Andere Ölschiefer sind hell gefärbt: braun, rot, grün, gelb.

Sowohl Sulfide als auch organische Verbindungen haben die Fähigkeit, Schwermetalle zu binden und dadurch in Sedimenten anzureichern. Zu diesen Metallen gehören Vanadium, Nickel, Kupfer, Molybdän, Kobalt, Uran, Thorium und andere. Zwar sind im allgemeinen die Schwermetallgehalte von Ölschiefern nicht sehr viel höher als die «nichtbituminöser» Gesteine, in besonderen Fällen aber werden wirtschaftlich interessante Konzentrationen erreicht (deutscher Kupferschiefer!).

Die Ablagerung von Ölschiefersedimenten muß sich in einem zumindest zeitweise sauerstoffarmen oder -freien, also lebensfeindlichen Milieu und bei geringer Wasserbewegung abgespielt haben. Das beweisen die hohen Anteile organischen Materials, die Feinkörnigkeit der Gesteine, die Sulfidgehalte, das weitgehende Fehlen von auf oder im Sediment lebenden Organismen oder ihrer Spuren (Schnecken, Muscheln, Würmer), die oft im Millimeterbereich ausgeprägte Feinschichtung und die meist vorzügliche Erhaltung vieler Makrofossilien (z. B. Wirbeltiere und Seelilien), die normalerweise der weitgehenden Zerstörung anheimfallen. Unzureichende Wasserzirkulation und hohe biologische Produktivität sind verantwortlich für die Herausbildung mangelhaft durchlüfteter Zonen am oder über dem Grund von Seen oder Meeren. In ihnen steht der für die völlige Oxidation der absinkenden organischen Partikel und die Existenz von Bodenleben notwendige Sauerstoff nicht zur Verfügung. Das Resultat sind Faulschlammablagerungen.

Auch auf der Sedimentoberfläche sich ausbreitende Algenrasen mögen bei der Entstehung einiger Ölschiefer eine Rolle gespielt haben. Algenmatten sind

Kalkskelette planktonischer Algen (Coccolithen) aus dem Posidonienschiefer. Elektronenmikroskopische Aufnahme, Breite des Bildausschnitts: 0,015 mm.



in der Lage, den mit ihren eigenen Zerfallsprodukten angereicherten Schlamm, auf dem sie wachsen, von jeder Sauerstoffzufuhr abzuschneiden.
Die Kenntnis der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung von Ölschiefern, ihres Fossilinhalts, der Begleitgesteine und der Lage innerhalb größerer Gesteinskomplexe erlaubt die Unterscheidung typischer Ablagerungsräume.
Es sind dies:
a) ausgedehnte, flache, offene Meere mit schwach entwickelten Strömungssystemen im Bereich stabiler Schelfgebiete oder auch in Zonen langsam aber stetig absinkender Erdkruste;
b) große Seen oder weitgehend abgeschlossene Randmeere unterschiedlichster Salzgehalte in kontinentalen Grabensystemen oder anderen großräumigen Senkungsgebieten;
c) kleine Seen und Tümpel, oft in Sumpf- und Moorgegenden gelegen, ferner Lagunen und Fjorde, aber auch enge Tröge und Gräben im Meeresboden.
Beispiele für Gewässer, in denen gegenwärtig Faulschlämme abgesetzt werden, sind norwegische und kanadische Fjorde, der Cariacograben vor der Küste Venezuelas, der Kivusee im ostafrikanischen Grabensystem und das Schwarze Meer.

## Vorkommen und Reserven

Derzeit kennt man mehrere hundert Ölschiefervorkommen in aller Welt und aus allen Epochen seit Beginn des Kambriums vor rund 570 Millionen Jahren. Einige der wichtigsten und bekanntesten sind (in Klammern der potentielle Schieferölvorrat in Milliarden Tonnen): Der ordovizische Kukersit Estlands (UdSSR 3,5 Mrd. t), devonische Schwarzschiefer der östlichen USA (10 Mrd. t), die Irati-Ölschiefer Südbrasiliens aus der Zeit des Perm (120 Mrd. t), verschiedene meist kleinere Ölschiefer des Karbons und Perms in Europa, Nordamerika, Australien und Südafrika (Torbanite, Tasmanite, Kerosinschiefer), triassische Ölschiefer Zaires (15 Mrd. t), Schwarzschiefer aus dem Jura Westeuropas (wie der deutsche Posidonienschiefer), Ölschiefer der Kreide in Nordamerika und dem Nahen Osten, Schwarzschiefer des Tertiärs Siziliens (5 Mrd. t) und die ebenfalls tertiären Green River-Ölschiefer der westlichen USA (Utah, Colorado, Wyoming), der mit Abstand größten Ölschieferformation der Welt (300 Mrd. t).
Die Ölschiefervorkommen der Bundesrepublik Deutschland sind dagegen vergleichsweise bescheiden und bewegen sich in der Größenordnung mehrerer hundert Millionen t Rohöl, von denen aber nur ein kleiner Teil derzeit wirtschaftlich gewonnen werden könnte. Es handelt sich um verschiedene paläozoische Schwarzschiefer der deutschen Mittelgebirge, den geringmächtigen Kupferschiefer des Perm, jurassische Ölschiefer Nord- und Süddeutschlands (insbesondere den erwähnten Posidonienschiefer), bituminöse Schiefer der norddeutschen Kreide, Ölschiefer des Tertiärs im Rheingraben und an dessen Rand (die Lagerstätte von Messel bei Darmstadt ist inzwischen weitgehend erschöpft), sowie die tertiären Ölschiefer im Meteoritenkrater des Nördlinger Ries.
Die Schieferölreserven der Welt sollen an die 500 Mrd. t betragen, wovon jedoch weniger als 30 Mrd. t unter den heute gegebenen technischen und ökonomischen Umständen gewinnbar sein sollen. Zum Vergleich: Die Weltjahresproduktion an Erdöl belief sich 1977 auf rund 3 Mrd. t. Die bestätigten Erdölreserven liegen bei 88 Mrd. t, Schätzungen der möglichen Vorräte ergaben Zahlen zwischen 170 und 430 Mrd. t. Der Energieinhalt aller Erdgaslagerstätten entspricht ca. 60 Mrd. t Erdöl.
Die Ölschieferprospektion und Fortschritte in der Aufbereitungstechnik werden die Vorräte zweifellos erhöhen. Man kann aber nicht erwarten, daß die Suche nach neuen Ölschieferlagerstätten genauso erfolgreich sein wird, wie es die Suche nach Erdöllagerstätten in den vergangenen Jahrzehnten gewesen ist. Zum einen müssen Ölschieferlagerstätten eine relativ große Ausdehnung haben und dicht unter oder an der Erdoberfläche liegen, sind also leichter aufzufinden als Erdöllagerstätten. Zum anderen sind viele Gebiete der Erde heute geologisch wesentlich besser bekannt als zu Beginn der Erdölprospektion. Somit ist sicherlich bereits ein relativ hoher Prozentsatz aller existierenden Ölschieferreserven entdeckt worden.
An dieser Stelle ein Wort zu Ölsanden. Sie haben eine ganz andere Entstehungsgeschichte als Ölschiefer. Es sind ölimprägnierte Sande, die ein (bakteriell stark verändertes) äußerst zähflüssiges und asphaltreiches Erdöl führen. Dieses ist als ursprünglich dünnflüssiges Öl über oft große Entfernungen in die Sande eingewandert. Die zur Zeit bekannten Reserven machen mehr als 150 Mrd. t Öl aus, die wiederum aber nur teilweise extrahiert werden könnten. Möglicherweise sind die tatsächlichen Vorräte noch wesentlich größer. Über 90 Prozent aller Ölsande liegen in nur zwei Ländern, nämlich Kanada und Venezuela.

## Industrielle Verwertung

Bei der Rohölerzeugung aus Ölschiefern sieht man

sich zwei grundlegenden Schwierigkeiten gegenüber: Der außerordentlich großen chemischen Widerstandsfähigkeit des Kerogens und seiner überaus intensiven Vermengung mit den feinkörnigen mineralischen Komponenten des Gesteins. Daher besteht die einzige bisher industriell angewandte Methode zur Schieferölherstellung in der Erhitzung des gesamten Gesteinsmaterials unter Luftabschluß auf 400 bis 500° C (Pyrolyse). Bei diesem Schwelprozeß zerfallen Kerogene zu Rohöl, Gasen und nicht verflüssigbarem Restkohlenstoff im Schwelrückstand. Ausbeuten und Zusammensetzung der Schwelprodukte hängen vom Kerogentyp und den jeweiligen Reaktionsbedingungen ab. Ölschiefer können zwischen 3 und 75 Prozent Schwelöl liefern. Dies unterscheidet sich chemisch in mancher Hinsicht von Erdöl, z. B. durch seine hohen Stickstoffgehalte und große Mengen ungesättigter Kohlenwasserstoffe. Bei geeigneter Verarbeitung können jedoch im wesentlichen die gleichen Produkte wie aus Erdöl hergestellt werden.

Für die industrielle Ölschieferschwelung stehen eine größere Zahl mehr oder weniger ausgereifter Verfahren zur Verfügung. Sie unterscheiden sich vor allem in der Art und Weise des Wärmetransports innerhalb der Anlage, im Wasserbedarf, dem Zerkleinerungsgrad des Ausgangsmaterials, der Qualität der aufgefangenen Gase und anderen technischen Einzelheiten. Die Verschwelung wird erreicht durch externe Aufheizung der Reaktionskammer, teilweise Verbrennung der Schiefer innerhalb der Retorte, Einpressen heißer Gase oder durch Zugabe erhitzter Festkörper, z. B. Keramikkugeln. Mit Hilfe hydrierender Methoden können die Ölausbeuten wasserstoffarmer Kerogene erhöht werden.

Eines der am weitesten entwickelten und seit Jahren erprobten Verfahren ist der in Deutschland entstandene Lurgi-Ruhrgas-Prozeß. Bei ihm wird der durch Verbrennung des Restkohlenstoffs hocherhitzte Schwelrückstand frischem Ölschiefer im Überschuß zugemischt, wodurch der Schwelvorgang innerhalb von Sekunden abläuft.

Alle angedeuteten Verfahren haben mehrere Nachteile: kostspieliger und umständlicher Abbau der Ölschiefer über oder auch unter Tage, schwierige Lagerung des voluminösen Abbrands und die mit Abbau, Zerkleinerung und Schwelung verbundenen Verunreinigungen von Luft und Wasser durch Staub, aggressive Gase und flüssige Schwelprodukte, aber auch durch Auslaugung des Abbrands auf der Halde. Einige dieser Nachteile werden von den sogenannten «In-situ»-Techniken vermieden, die seit Jahren von amerikanischen Firmen im Gebiet der Green River-Ölschiefer erprobt werden. (Auch die US-Marine, die über große Ölschiefervorräte verfügt, ist beteiligt.)

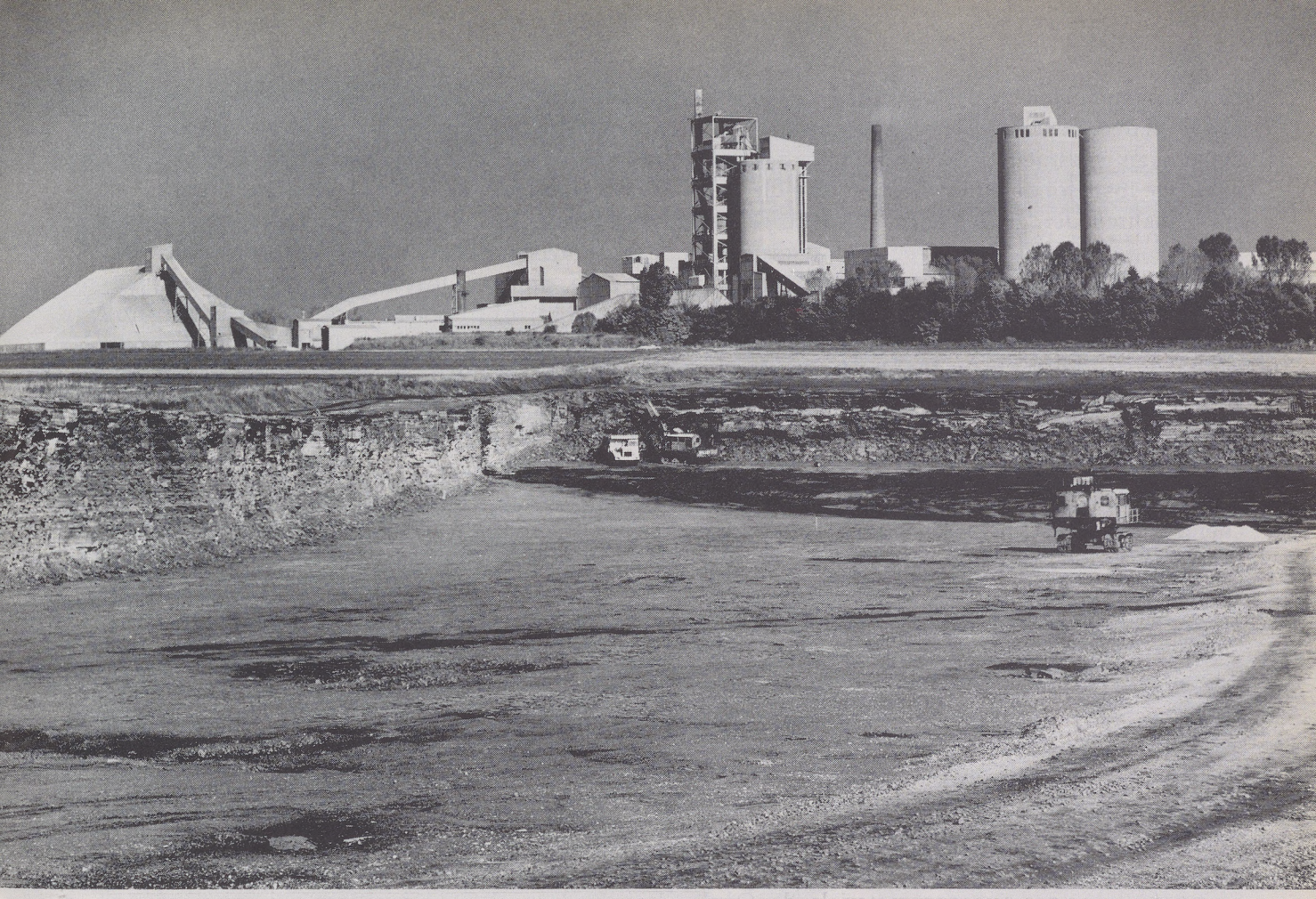
Zunächst wird dabei von Bohrlöchern aus durch Sprengstoffe oder auch elektrische Entladungen der Ölschiefer «an Ort und Stelle» unter Tage zerrüttet. Anschließend wird Luft eingepreßt, der Schiefer entzündet und das sich vor der Flammenfront sammelnde Schwelöl abgepumpt. Modifizierte «In-situ»-Verfahren sehen den Vortrieb von Stollen in den Ölschiefer vor, die bei der nachfolgenden Sprengung verfüllt werden, wodurch sich die notwendige Porosität und Durchlässigkeit des Flözes erhöht. Die maschinelle Zerkleinerung unter Tage (und Wiederverfüllung der entstandenen Hohlräume) bietet im Gegensatz zur Sprengung den Vorteil gleichmäßiger Körnung des Schiefergranulats. Letzteres hat sich als wichtige Voraussetzung für die Erzielung befriedigender Ausbeuten erwiesen. Weiterhin wird auch das Einpressen heißer Gase oder aggressiver Dämpfe anstelle von Luft erwogen. Alle diese Techniken befinden sich jedoch im Augenblick noch in der industriellen Entwicklung. Übrigens hat die deutsche Firma Lurgi bereits während des Zweiten Weltkriegs in Württemberg «In-situ»-Versuche ausgeführt, wenn auch mit geringem Erfolg.

Dem Ziel, Kerogene von ihrem mineralischen Ballast abzutrennen, gelten vor allem in den USA unternommene Experimente, die unter dem Begriff «bioleaching» zusammengefaßt werden. Hochspezialisierte Bakterienarten sollen hierbei die engen Bindungen zwischen Kerogen und Mineralen lösen bzw. die Minerale völlig zersetzen. Derartige bakterielle Laugungsprozesse könnten zudem die Extraktion der erwähnten Schwermetalle ermöglichen.

Andere Bestrebungen, so in der UdSSR, gehen dahin, Kerogene auf «kaltem Wege» durch vorsichtige Oxidation in wasserlösliche Verbindungen zu überführen, die für die Synthese vieler chemischer Produkte, z. B. Kunststoffe, verwandt werden können. Welche Bedeutung diese Versuche für die industrielle Praxis erlangen werden, ist ungewiß, da sie sich derzeit noch im Experimentalstadium befinden.

## Nebenprodukte

Nebenprodukte können die Kosten der Schieferölgewinnung senken. Besonders aussichtsreich sind in dieser Hinsicht die amerikanischen Green River-Ölschiefer. Sie haben sich in einem ausgedehnten Seensystem (Salz- und Süßwasserseen) abgelagert und führen (neben ca. 70 anderen Mineralen) große Mengen der sonst sehr seltenen Minerale Dawsonit, Nordstrandit und Nahcolit. Aus ihnen könnten Aluminium und Soda hergestellt werden.



Ölschieferbruch und Portlandzementwerk bei Dotternhausen. Foto: G. Planck

Immerhin machen die Gesamtvorräte an Aluminium über 3 Mrd. t aus, das 500fache des Jahresbedarfs der USA. Viele Ölschieferabbrände eignen sich als Rohstoff in der Produktion von Baumaterial wie Ziegeln, Isoliersteinen und Zement. Erinnert sei an den über 80 Jahre währenden, inzwischen eingestellten Abbau des Messeler Ölschiefers, der in dieser Weise genutzt wurde. Ein gelungenes Beispiel einer kombinierten Ölschieferverwertung ist das Portlandzementwerk Rohrbach KG bei Dotternhausen südwestlich Balingen. Dort liefern Ölschiefer nicht nur Energie für den Betrieb der Anlage, sondern werden gleichzeitig in der Zementherstellung eingesetzt.

Auf die Möglichkeit der Isolierung von Schwermetallen aus Ölschiefern wurde bereits hingewiesen. Erwähnenswert ist auch, daß bei der Aufbereitung von Schwerölen erhebliche Mengen Ammoniak und Schwefel anfallen. Ferner seien noch einige mehr oder weniger «exotische» Verwendungsbeispiele genannt. Das seit dem 14. Jahrhundert aus Ölschiefern bereitete Ichthyol verdankt seinen Namen den in Ölschiefern häufig zu findenden Fischresten. Es gelangt auch heute noch in verschiedenen Formen, meist als Salbe z. B. gegen Furunculose, in den Handel.

Weiterhin lassen sich Ölschiefer auf die oft ausgezeichnet erhaltenen und heute hochbezahlten Fossilien hin ausbeuten. Ein anderes heimisches Erzeugnis sind dekorative Steinplatten für Tische und den Innenausbau. Selbst zu Fangopackungen kann gemahlener Ölschiefer verarbeitet werden. Schließlich ist daran zu erinnern, daß vor Einführung der Kunstdünger Bauern im Vorland der Schwäbischen Alb vielfach ihre Äcker durch Einbringen von Ölschiefer aufgelockert und verbessert haben.

## Zur Geschichte der Ölschieferindustrien

Vor dem ersten Erdölfund im Jahre 1859 in den USA und auch noch danach waren Ölschiefer eine wichtige Quelle für Mineralöl. 1694 wird in England das erste Patent für ein «Destillationsverfahren» zur Schieferölerzeugung ausgegeben. Zwischen 1838 und 1935 entstehen in verschiedenen Ländern der Welt kleine Ölschieferindustrien mit geringer Kapazität, zuerst in Frankreich und Schottland, später in Deutschland, Australien, Brasilien, Neuseeland, der Schweiz, Schweden, Estland, Spanien, China, Südafrika. Die zunehmende Konkurrenz des billigen Erdöls bringt diese Industrien in den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg aber wieder zum Erlie-

gen, ausgenommen in der UdSSR und China. In den USA und Brasilien existieren gegenwärtig Pilotanlagen als Vorstufen größerer industrieller Engagements. Insbesondere in den USA wäre die Inanspruchnahme der großen Ölschieferreserven ein weiterer Schritt auf dem Weg zur angestrebten Energieselbstversorgung des Landes.
In der UdSSR sollen 1972 3 Mio. t Schieferöl gewonnen worden sein, in China 10 Mio. t. Jedoch liegt der Schwerpunkt der sowjetrussischen Ölschieferindustrie in der Stromerzeugung durch direkte Verbrennung der Schiefer in Kraftwerken und in der Stadtgasproduktion. Insgesamt werden dort jährlich ca. 25 Mio. t Ölschiefer gefördert. Die Folgen unzureichender Umweltschutzmaßnahmen haben diese Industrie in der Presse bekannt gemacht. Hohe Emissionen von Staub und Abgasen (Stickoxide, Schwefelverbindungen, Kohlenmonoxyd, giftiges Ozon und Kohlenwasserstoffe) und Gewässerverunreinigungen (z. B. durch Phenole) gehören dazu – sicherlich kein Vorbild für künftige Ölschieferindustrien.
In Württemberg reicht die Geschichte der Ölschieferverwertung bis in die erste Hälfte des 18. Jahrhunderts zurück. Zu Beginn der ersten Versuche hielt man den Posidonienschiefer zunächst noch für Steinkohle. Mitte des vergangenen Jahrhunderts initiierte dann F. A. QUENSTEDT, einer der Stammväter der Geologie in Tübingen, eine kleine Schieferölfabrik bei Ohmenhausen in der Nähe Reutlingens. Eine andere Ölschieferhütte entstand 1857 bei Bisingen. Schon bald jedoch mußten alle diese Betriebe dem zu jener Zeit entdeckten Erdöl aus Amerika wieder weichen. Zur Zeit des Ersten Weltkriegs wurde dann das Schieferölwerk Holzheim bei Göppingen errichtet, das bis 1927 arbeitete.
Zweifellos das dunkelste Kapitel dieser Geschichte spielte sich unter der Überschrift «Unternehmen Wüste» während des Zweiten Weltkriegs ab. Es war der Plan der «Deutschen Ölschiefer-Forschungsgemeinschaft», mit Hilfe von KZ-Häftlingen in Württemberg 15 Schwelwerke aus dem Boden zu stampfen, um den Treibstoffnachschub der deutschen Luftwaffe zu sichern. Nur drei der Fabriken konnten 1945 die Arbeit für einige Zeit aufnehmen.

## Energie für die Zukunft?

Um die Bedeutung von Ölschiefern für die künftige Energieversorgung zu beurteilen, müssen wir uns fragen, welche Eigenschaften neue Energiequellen besitzen sollten. Energiequellen der Zukunft müssen große Mengen Energie liefern können, die zudem billiger als die heute erhältliche sein sollte. Sie müßten ferner nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich und mit geringen Umweltbelastungen verbunden sein, keine unkalkulierbaren Risiken mit sich bringen und auch den Ländern der dritten Welt zugänglich sein. Ölschiefer können keine dieser Forderungen erfüllen. Die Ölschiefervorräte sind wie die anderer fossiler Brennstoffe begrenzt, Schieferöl wird trotz aller technischen Fortschritte kaum je billiger werden als Erdöl, und seine Produktion hat relativ hohe Beeinträchtigungen der Umwelt zur Folge. Zudem liegen über 90 Prozent aller Reserven in nur zwei Ländern: den USA und Brasilien.
Erdöl, Ölsande und Ölschiefer sind das einzige große Reservoir flüssiger Kohlenwasserstoffe, das dem Menschen verfügbar ist (wenn man einmal von der kostspieligen Möglichkeit der Kohleverflüssigung absieht). Es ist ein Vorrat, der bei vorwiegender Verwendung in der petrochemischen Industrie für viele Generationen ausreicht. Seine Umwandlung in Energie ist ein Luxus, den wir uns nur so lange erlauben sollten, wie es unbedingt nötig ist.
Hinzu kommt eine wenig beachtete Gefahr: Die exzessive Inanspruchnahme von Erdgas, Erdöl, Kohle, Ölschiefern und Ölsanden für die Energieerzeugung könnte nämlich eine weltweite Klimaänderung auslösen. Wegen der Wärmeabsorptionsfähigkeit des in die Atmosphäre entlassenen Kohlendioxids würde es wahrscheinlich zu einer starken globalen Erwärmung kommen (auch gegenteilige Effekte, z. B. wegen der Trübung der Atmosphäre durch Rauch und Abgase, treten auf). Ihre Folgen wären einschneidender Art, besonders, da eine einmal sich abzeichnende Klimaverschiebung nicht mehr aufgehalten werden könnte. Unter diesem Blickwinkel haben fossile Brennstoffe eine Gemeinsamkeit mit der Plutoniumtechnologie: Beide bergen das vielleicht kleine, in Wirklichkeit aber unkalkulierbare Risiko einer ungewollten Katastrophe in sich. Langfristig gesehen werden vermutlich nur Sonnenenergie und Kernfusion die oben genannten Ansprüche erfüllen können.

## Perspektiven eines Ölschieferabbaus in Deutschland

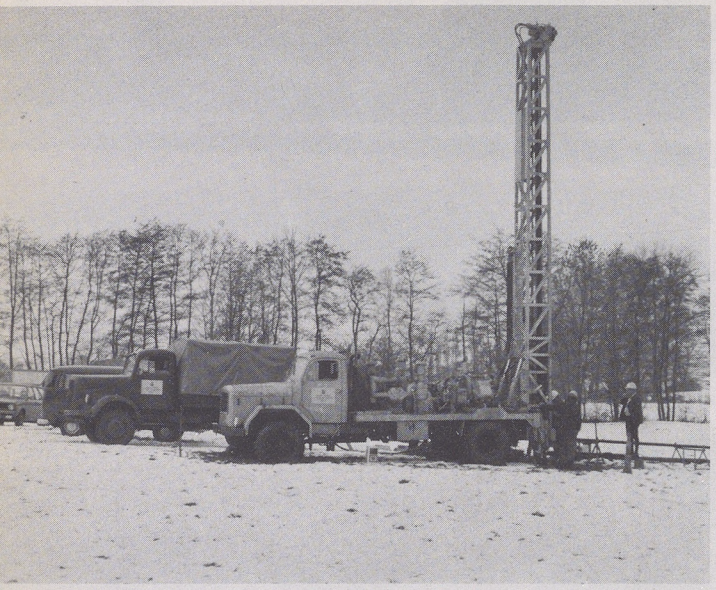
Abschließend ein Blick auf die Situation in der Bundesrepublik Deutschland mit ihren geringen Ölschiefervorräten: Die Bedingungen, die an eine Ölschieferlagerstätte hinsichtlich Ölausbeuten, Mächtigkeit der Flöze, Reserven und geologischer Lagerung zu stellen sind, lassen derzeit nur die Posidonienschiefer von Schandelah nordöstlich Braunschweig für einen Abbau im großen Stil geeignet er-

Das Gebiet des geplanten Ölschiefer-Tagebaus bei Schandelah

scheinen. Dort planen die Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke Helmstedt (BKB) und die Veba Chemie AG auf einer Fläche von 41 qkm einen Ölschiefertagebau, Schwelanlagen, eine Raffinerie und ein Kraftwerk zu errichten. Über einen Zeitraum von 27 Jahren sollen aus 1,4 Mrd. t Ölschiefer ganze 70 Mio. t Öl erschwelt werden (davon abzuziehen ist die für Abbau und Zerkleinerung des Schiefers einzusetzende Energie).

Hierzu sind einige kritische Bemerkungen angebracht. Die Lagerstätte von Schandelah ist die einzige große Lagerstätte dieser Art in der Bundesrepublik. Sie könnte einen mittelfristig zugänglichen Notvorrat darstellen, der nicht ohne triftigen Grund zerstört werden sollte. Ferner ist zu berücksichtigen, daß der vorgesehene maximale Ausstoß von 3 Mio. t. Rohöl pro Jahr nur etwa zwei Prozent des heutigen Mineralölverbrauchs der Bundesrepublik ausmacht, also keine Verringerung unserer Abhängigkeit von Energieimporten mit sich bringt. Täglich müßten allerdings dazu an die 200000 t Schiefer verschwelt werden. Der Abbau in Schandelah soll mittels konventioneller Techniken erfolgen, die die Umwelt in hohem Maße beeinträchtigen. Der ländliche Charakter und das noch weitgehend vorhandene ökologische Gleichgewicht des Gebiets (eines der wenigen Naherholungsbereiche Braunschweigs, z. T. Landschafts- oder Naturschutzgebiet) werden zweifellos verlorengehen.

Der Verfasser ist der Meinung, daß nicht jedes Projekt, das technisch oder finanziell machbar ist, auch realisiert werden muß. Es ist fraglos sinnvoller, zunächst Ölschiefer mit hohen Ölausbeuten (die Posidonienschiefer liegen mit fünf Prozent im internationalen Vergleich an der unteren Grenze) in schwach besiedelten Landstrichen zu erschließen, als marginale Vorkommen inmitten einer Kulturlandschaft heranzuziehen. In den USA, deren Ölschiefer vorwiegend in Gegenden mit einer Bevölkerungsdichte von 1 Einwohner pro qkm liegen, werden die ökologischen und sozialen Auswirkungen einer Ölschieferindustrie sorgfältig studiert. Dies ist in Schandelah bisher nur in unzureichendem Umfang geschehen. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover, die an der Erschließung der Lagerstätte beteiligt ist, scheint bedauerlicherweise übergeordnete Überlegungen energie-, landschafts- und umweltschutzpolitischer Art hintanzustellen. Die meisten Geowissenschaftler der Universitäten haben ohnehin den gewohnten



Flachbohrung zur Gewinnung von Bohrkernen für wissenschaftliche Untersuchungen.

Rückzug in den Elfenbeinturm der vermeintlich «reinen» Wissenschaft angetreten (arbeiten aber «vertrauensvoll» mit Behörden und Unternehmen zusammen). Das Fazit: Im Falle eines Abbaus wird die Bevölkerung der betroffenen Region große Nachteile in Kauf nehmen müssen, die nicht durch entsprechende Vorteile für die Allgemeinheit aufgewogen werden.

Noch ein Wort zu den Ölschiefern Württembergs: Seit geraumer Zeit führt eine große deutsche Erdölfirma Flachbohrungen auf die entlang des ganzen süddeutschen Albrands anstehenden Posidonienschiefer aus. Ein Teil der Bohrkerne wird im Rahmen eines Ölschiefer-Forschungsvorhabens der Universität Tübingen nach paläontologischen, petrographischen und geochemischen Gesichtspunkten untersucht. Die Arbeiten sollen detailliertere Vorstellungen über die Entstehungsverhältnisse dieses Ölschiefers vermitteln. Darüber hinaus haben die Bohrungen den Charakter einer allgemeinen Bestandsaufnahme. Zur Zeit bieten die schwäbischen Ölschiefer aber auf Grund ihrer geringen Mächtigkeit und wegen des Abtauchens der Schichten unter die Alb nur geringen wirtschaftlichen Anreiz.

Ölschiefer stellt an sich einen wertvollen Rohstoff dar; aber er kann Erdöl nur bedingt ersetzen. Er sollte nach Möglichkeit nicht nur der Energieerzeugung zugeführt werden. Die Verfahren zur Ölschieferverwertung müssen hinsichtlich Rentabilität, Umweltverträglichkeit und eventueller Nebenprodukte optimiert werden. Die Einrichtung großer Tagebaue ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt weder notwendig noch wünschenswert, im Bereich der südwestdeutschen Posidonienschiefer sind sie wohl auch in naher und ferner Zukunft wenig sinnvoll.

Literatur


BURGER, J. (1973): L'exploitation des pyroschistes ou schistes bitumineux. – Rev. Inst. Fr. Pétr. 28, 315–372. – EINSELE, G., MOSEBACH, R. (1955): Zur Petrographie, Fossilerhaltung und Entstehung der Gesteine des Posidonienschiefers im Schwäbischen Jura. – N Jb. Geol. Paläont. Abh. Bd. 101, Nr. 3. – GARY, J. H., Hg. (1976): Proceedings of the 9th Oil Shale Symposium. – Colorado School Mines Quart., 71. Nr. 4. – GRIBBIN, J., Hg. (1978): Climatic change. – Cambridge University Press. – HOLOCH, R. (1978): Das Lager Schörzingen in der «Gruppe Wüste». In: VORLÄNDER, H., Hg. (1978): Nationalsozialistische Konzentrationslager im Dienst der totalen Kriegführung (Veröff. d. Komm. für geschichtl. Landeskunde in Bad.-Württ., Reihe B Forschungen, Bd. 91). – MAUGH II, TH. H. (1977): Oil Shale: Prospects on the Upswing . . . Again. – Science 198, 1023–1027. – SLADEK, TH. A.: Recent Trends in Oil Shale. Teil 1 (1974): Colorado Sch. Mines, Miner. Industr. Bull. 17, 6, 1–20; Teil 2 (1975): Colorado Sch. Mines, Miner. Industr. Bull. 18, 1, 1–21; Teil 3 (1975): Colorado Sch. Mines, Miner. Industr. Bull. 18, 2, 1–11. – YEN, T. F., CHILINGARIAN, G. V. (1976): Oil Shale, Elsevier, Amsterdam.


# Ölschieferabbau und Landschaftspflege

*Rüdiger German*

Noch erinnern sich viele Mitbürger der mittleren und älteren Generation der grauen Schieferhalden im Albvorland, welche nach dem letzten Krieg die Landschaft verunstalteten. Im Tage-, wie auch im Bergbau waren dort große Mengen des Ölschiefers gewonnen und verarbeitet worden. Großflächige Abraumhalden bedeckten die Landschaft mit brökkelig-schieferigem Gestein. Nicht wenige Aufschlüsse blieben liegen und stellten für das Auge des Landschaftsbetrachters eine Belästigung dar. Heute ist über diesen ebenen Gruben und auch über die steilen Halden Vegetation gewachsen. Die Zeit hat dafür gesorgt, daß sich auf diesem «Ödland» wieder Pflanzen und auch Tiere eingestellt haben. Dies zeigt, daß in längeren Zeiträumen – und besonders, wenn die notwendigen Organismen aus nahegelegenen anderen Bereichen einwandern können – eine Wiederbesiedlung möglich ist. Insofern sind in einem Teil des Ölschiefergebiets zweifellos interessante Biotope entstanden. Zu ihrer Entstehung hätte es allerdings nicht zuerst einer Landschaftsverschandelung bedurft. Solche ökologischen Reserve-