

Lothar Kolditz

## **Zur Komplexität der Thematik Versorgung mit Energie und Rohstoffen**

Die Ressourcenfrage, mit der sich die Leibniz-Sozietät innerhalb der Projektaufgabe *Erkenntnisgewinn durch Interdisziplinarität* beschäftigt, hat viele Detailgebiete, wie dies in unterschiedlichen Beiträgen zum Ausdruck kommt. Es handelt sich um eine Thematik, die alle gegenwärtigen und zukünftigen Lebensprozesse der Erde umfasst und darüber hinaus von erdgeschichtlicher Dimension ist. Zu Vergleichen muss auch die Entwicklung in der Vergangenheit mit herangezogen werden. Die Thematik eignet sich als Projekt mit Langzeitaufgabe für eine Akademie wie die Leibniz-Sozietät.

Die uns interessierenden Ressourcen haben mit ihrer Bildung eine lange, vielstufige Evolution durchlaufen. Bei der Verdichtung von Materie im Entstehungsprozess unseres Planeten setzten verstärkt chemische Reaktionen zwischen den durch Supernova-Explosionen verstreuten Elementen und daraus entwickelten Verbindungen ein, deren Reaktionsrichtung immanent in den Eigenschaften der Elemente begründet ist und durch die Thermodynamik beschrieben wird [1].

Vor allem Sauerstoff wurde in den Reaktionen umgesetzt, weil er mit fast allen Elementen Verbindungen bildet. Mit der Entstehung der festen Erdkruste setzte eine gehäufte Abscheidung verwandter Verbindungsgruppen ein, die Atmosphäre formierte sich mit anderer Zusammensetzung als heute. Sauerstoffmoleküle waren nur wenig vorhanden, der Sauerstoff war gebunden in Silikaten und anderen Oxoverbindungen der festen Erdkruste und in der Atmosphäre als Wasser und Kohlendioxid.

Die chemische Evolution der Verbindungen kam damit nicht zum Stillstand, sondern verlief weiter im flüssigen Magma, in der Reaktion zwischen Magma und festem Gestein, in Festkörperreaktionen innerhalb der Gesteine, in Verwitterungsreaktionen an der Oberfläche mit der Atmosphäre, mit der entstehenden Hydrosphäre und in Umsetzungen der atmosphärischen Verbindungen.

Die Evolution der kohlenstoffhaltigen Verbindungen mit Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff unter Einbeziehung von Phosphor, Schwefel, Eisen, Calcium, Natrium, Kalium, Magnesium und geringen Mengen an weiteren Metallen lieferte die Grundlage zur Entstehung des Lebens auf der Erde [2]. Die atmosphärische Zusammensetzung veränderte sich, Kohlendioxid nahm ab, molekularer Sauerstoff wurde durch biologische Prozesse freigesetzt.

Aus der Geochemie kennen wir die statistische Häufigkeit der Elemente im Erdmantel mit Sauerstoff an der Spitze, gefolgt von Silicium, Eisen usw., die aber im Zusammenhang mit unserem Thema nicht relevant ist, weil sie kein Kennzeichen für die Verfügbarkeit der Rohstoffe darstellt. Interessant für uns sind die durch geochemische Evolutionsprozesse entstandenen Anreicherungen in Lagerstätten, die wir nutzen.

### **Der Rohstoffbedarf**

Mit Ressourcen werden die Rohstoffvorräte ohne Bezugnahme auf den jeweiligen Erkundungsstand bezeichnet. Der Bedarf an Rohstoffen wächst mit der Weltbevölkerung und mit ihren Ansprüchen, wobei der Begriff Rohstoff in erweitertem Sinne aufzufassen ist und auch Nahrung und Bekleidung einschließt. Der Weltbevölkerungsbericht der UNO 2004 gibt für 2002 einen Weltbevölkerungsstand von 6,2 Milliarden an und prognostiziert für 2025 7,8 Milliarden, für 2050 8,9 Milliarden [3]. Von diesen Bevölkerungszahlen ist nur die erste zuverlässig, alle anderen enthalten eine unbekannte Fehlerbreite. Voraussagen sind immer fehlerbehaftet, was in wissenschaftlichen Untersuchungen als Selbstverständlichkeit gilt, vielfach aber bei Prognosen ignoriert wird. Der Wert einer Prognose lässt sich aus der Sorgfalt ableiten, mit der Fehlerabschätzungen der Aussagen vorgenommen werden. Charakteristisch für die prognostizierten Zahlen der Weltbevölkerung ist, dass eine exakte Fehlereingrenzung in ein Intervall nicht möglich ist. Allenfalls könnten Wahrscheinlichkeiten für Schwankungsbreiten angegeben werden. Da es sich bei den Bevölkerungszahlen um einen Basiswert für den Rohstoffbedarf handelt, bleibt als Methode der Ergebnissicherung nur die Aktualisierung der Prognose in regelmäßigen Zeitabständen.

Der Rohstoffbedarf ist außerdem nicht proportional der Weltbevölkerung, sondern hängt auch von ihren jeweiligen Ansprüchen ab, der als ansteigend zu bewerten ist. Die Ansprüche sind rohstoffabhängig. In der Betrachtung von 1994 [4] zeigte sich für die zurückliegenden Jahre ein exponentieller Bedarfsanstieg mit der Weltbevölkerung an Hand der Erdölförderung<sup>1</sup>, der Erd-

---

1 Allerdings stagnierte die Erdölförderung zwischen 1980 und 1990.

gasförderung<sup>2</sup>, der Erzeugung von Elektroenergie, der Produktion an Papier und Zement, der Produktion an LKW und PKW. Die Eisenerzförderung stieg von 1950 bis 1970 exponentiell an, um dann bis 1990 zu stagnieren. Gerade für diesen Wert ist heute eine drastische Änderung wegen des Stahlbedarfs vor allem in China zu erwarten. Die Produktion von Naturkautschuk, von Wolle und Baumwolle, von Eiern und Milch entwickelte sich im betrachteten Zeitraum nach den Angaben der Statistischen Jahrbücher konform mit der Weltbevölkerung, auch vom Bestand an Rindern und Schafen ist dies für den Zeitraum 1950 bis 1990 zu vermelden, exponentiell angestiegen ist dagegen der Bestand an Schweinen und der Fischfang. Die Produktion von Phosphat-, Kali- und Stickstoffdüngemitteln hat sich deutlich exponentiell erhöht, während die Welternteerträge an Weizen, Zucker, Mais und Reis nur einen geringen exponentiellen Zuwachs verzeichnen. Diese Tendenzen können aber nicht in jedem Fall fortgeschrieben werden, wie dies bereits in bezug auf die Eisenerzproduktion angedeutet wurde, sondern sind in Abständen erneut zu überprüfen und zu bewerten, wobei das überproportionale Wirtschaftswachstum des asiatischen Raumes zu beachten ist, das sich schon 1994 bemerkbar machte [4].

### **Die Rohstoffverfügbarkeit**

Die Verfügbarkeit von Rohstoffen ist zweckmäßig in verschiedene Aspekte zu unterteilen, in die geologische, die technologische, die ökonomische, die ökologische und die politische Verfügbarkeit, die eine mehr oder weniger gegenseitige Wechselwirkung aufweisen.

#### ***Geologische Verfügbarkeit***

Die geologische Verfügbarkeit ergibt sich aus den allgemeinen geologischen Erkundungen, die in mehr oder weniger detaillierten Kartierungen über geologische Strukturen und Formatierungen niedergelegt sind, aus deren Kenntnis Erwartungen für das Auffinden bestimmter Rohstoffe in Lagerstätten abgeleitet werden können. Wesentlich für die Vorratswirtschaft ist die Erkundung der Ergiebigkeit von Lagerstätten. Die bereits 1902 in London empfohlene Unterteilung nach sicheren, wahrscheinlichen und möglichen Lagerstätten wurde im Laufe der Jahre wesentlich verfeinert und führte zu zahlreichen Untergruppen.

---

2 Die Steinkohleförderung blieb im proportionalen Bereich, die Braunkohleförderung zeigte eine schwache exponentielle Erhöhung.

Die Vorhaltdauer von Vorräten gibt den Zeitraum in Jahren an, für den der jetzt bekannte und verarbeitbare Vorrat bei einer angenommenen Verbrauchsentwicklung ausreicht. Diese Werte sind von mehreren Faktoren beeinflusst und können streng genommen nur als gegenwärtige Momentaufnahme betrachtet werden. Ihre Fehlerbreite ist bei Vorliegen nur einer Prognose in der Regel unbestimmt, bei Vorliegen mehrerer Prognosen ist sie mindestens so groß wie die Streubreite der Prognosen.

Geologische Erkundungen sind kostenintensiv, ihr Einsatz wird also stark vom Interesse am jeweiligen Rohstoff bestimmt werden.

Das auf den Mitteleinsatz normierte Ergebnis ist außerdem vom Charakter der Lagerstätte abhängig. So sind Salzlagerstätten wegen ihrer großen Ausdehnung und ihrer gut messbaren Dichtestruktur in ihrer Ergiebigkeit leicht extrapolierbar. Es ist daher nicht verwunderlich, dass in diesem Falle eine Vorhaltdauer, die auch als statistische Lebensdauer bezeichnet wird, von mehr als 300 Jahren angegeben wird. Eine ähnlich hohe Vorhaltdauer (300 Jahre) ist für Chromitlagerstätten und für das Vorkommen der Platingruppenmetalle bekannt, weil auch in diesen Fällen leicht einschätzbare große Lagerstätten entstanden sind, die sich durch Eintritt von flüssigheißem Magma in höhere Erdmantelschichten gebildet haben. Beim Erkalten der so entstandenen großräumigen flüssigen Blase traten sehr günstige Separationserscheinungen ein.

Auf der anderen Seite gilt für Zink, Blei, Silber, Gold nur eine Vorhaltdauer von etwa 20 Jahren, weil die entsprechenden Lagerstätten sehr verstreut und nicht in großen Ausdehnungen bekannt sind, was die Erkundungskosten stark ansteigen lässt [5].

Diese kurzen Vorhaltdauern liefern aber keinen Anlass zu Befürchtungen der drohenden Materialknappheit. Die relativ teuren Erkundungsvorhaben werden mit vertretbarem Vorlauf angesetzt, so dass in diesen Fällen das Vorgehen der Devise *just in time* entspricht.

Eine Abschätzung des Fehlerintervalls der jeweiligen Ermittlungen ist weder für die langfristigen noch für die erwähnten kurzen Vorhaltdauern sinnvoll. Für Erdöl liegen die Interessen verständlicherweise ganz anders. Für diesen Rohstoff gibt es sehr intensive Erkundungsarbeiten. Das Ergebnis lässt sich am besten an Hand der Hubbertkurve für Mineralöl darstellen [6]. In der Kurve sind von 1950 bis etwa 2000 die Weltfördermengen dargestellt, für die Zukunft werden vier verschiedene Prognosen gegeben (Hiller 1999, Odell 2000, Edwards 2001, Campbell 2002). Sie nehmen den Höhepunkt der Förderung um 2020 an und legen das Ende des Ölzeitalters in einen Zeitraum zwi-

schen 2050 und 2100. Das Wiedereinstellen auf die heutige Fördermenge nach den verschiedenen liegenden Maxima wird zwischen 2020 und 2060 vorausgesagt. Es gibt aber auch von diesen Werten völlig abweichende Prognosen, obwohl bei der hohen Erkundungsintensität und der weltweiten Untersuchung des für Erdöl geologisch erwarteten Tiefenbereiches zwischen 1500 und 3500 Metern [7] angenommen werden kann, dass kaum eine Prognose für einen anderen Rohstoff über derart gesicherte Basiswerte verfügt. Die Entwicklung ist ungewiss, weil bei Verknappung zum Beispiel die politische Verfügbarkeit von empfindlichem Einfluss sein könnte.

Schließlich ist für den veröffentlichten Stand der geologischen Erkundungen als Unsicherheit die Geheimhaltung von Ergebnissen in Betracht zu ziehen, die für strategische Rohstoffe zutreffen, wobei die Einteilung in strategische Rohstoffe durchaus schwanken wird. In dieser Hinsicht können auch gezielte Fehlinformationen vorkommen, die den Interessen industrieller Komplexe dienen oder militärischen Interessen entsprechen.

Bei der Suche nach Ersatz von Rohstoffen wird immer der Stand der Technik eine Rolle spielen. Die Eigenschaften eines Rohstoffproduktes, die im Grunde genommen interessiert, können oft auch durch andere Substanzen realisiert werden, so für die Zukunft etwa im Austausch von Erdöl gegen Wasserstoff in der Energieerzeugung oder in der Gegenwart in der Informationsübermittlung sowohl durch Kupfer- als auch durch Glasfaserkabel. Jeder Ersatz wirft gewöhnlich aber Folgeprobleme auf.

Beim Austausch von Erdöl gegen Wasserstoff in der Energieerzeugung gibt es in neuerer Zeit sehr optimistische Prognosen von den USA, die heute für die Entspannung in der CO<sub>2</sub>-Produktion keine Mitwirkungsmöglichkeit sehen und die Substitution von Erdöl gegen Wasserstoff als die zukünftige Lösung der Problematik ansehen, wobei keinerlei Schwierigkeiten in den dafür entwickelten Szenarien für die Erzeugung und Verwendung des Wasserstoffs gesehen werden. Auf der anderen Seite gibt es aber warnende Stimmen, die nicht zu vermeidende Verluste von Wasserstoff anführen und dadurch beim Übergang in die Atmosphäre eine Veränderung der Atmosphärenchemie besonders in der Stratosphäre befürchten. Eine wissenschaftlich einigermaßen gesicherte Lagebeurteilung ist nicht vorhanden. Die Beeinflussung der Einschätzungen durch Interessengruppen wird schon am Anfang der Diskussion deutlich.

Der Ersatz von Diesel durch Biodiesel erfordert verstärkten Rapsanbau. Rapsfelder entwickeln aber, wie neuerdings festgestellt wurde, erhebliche Mengen an Methylbromid. Beim jetzigen Rapsanbau werden schon etwa

15% der anthropogenen Emission erreicht. Kohl, Brokkolie und weiße Rüben, die wie Raps zur Brassicaceae-Familie gehören, stellen ebenfalls Methylbromid her. Methylbromid wirkt stark Ozon zerstörend und sollte in den Industrieländern laut Montreal-Protokoll von 1987 zum Schutze der Ozonschicht Anfang 2005 mit einem generellen Verwendungsverbot belegt werden [8]. Dies zeigt eindringlich, wie notwendig eine durchgehend seriöse wissenschaftliche Betrachtung aller Seiten bei Änderungen und Substitutionsprozessen größeren Ausmaßes erforderlich ist.

Die Verwendung von Kupfer- bzw. Glasfaserkabel für die Informationsübertragung hat zu der Situation geführt, dass die heutige schnelle DSL-Technik aus ökonomischen Gründen der alten Technologie, der Verwendung von Kupferkabel angepasst wurde. Die Kupferverkabelung ist vor allem bei den Endleitungen zum Verbraucher häufiger vorhanden als die Glasfaserausrüstung.

Im Zusammenhang mit der Rohstoffgewinnung sollten auch die zunehmend ins Gewicht fallenden Bemühungen zur Wiederverwendung gebrauchter Rohstoffprodukte gesehen werden. Der Anteil an Sekundärmaterial im Gesamtverbrauch der Bundesrepublik Deutschland wird für das Ende des 20. Jahrhunderts für Blei und Platin zu mehr als 50%, für Aluminium, Kupfer, Stahl, Wolfram, Gold, Silber, Palladium zu 30 bis 50% angegeben [9].

### ***Technologische und ökonomische Verfügbarkeit***

Die technologische Verfügbarkeit berücksichtigt den Stand der Technik zur Gewinnung und Verarbeitung der betreffenden Rohstoffe. Mit der Entwicklung des Standes der Technik verschiebt sich gewöhnlich auch die aus der geologischen Erkundung abgeleitete Abbauwürdigkeit einer Lagerstätte. Bisher nicht in die Bilanz einbezogene Vorkommen werden berücksichtigt, die Vorhaltdauer ändert sich. Im Falle eines auch als Energiequelle verwendeten Rohstoffes wie Erdöl oder Erdgas spielt dabei ebenso die zur Gewinnung aufzuwendende Energie im Vergleich zu der aus dem Produkt erzeugten Energie eine Rolle, was zum Beispiel für den kanadischen Ölschiefer oder die Methanhydrate in der Tiefsee gilt. Gesteuert wird das Ganze allgemein durch ökonomische Betrachtungen, die für alle Rohstoffe gelten und wiederum vom Stand der jeweils gegenwärtigen Technologie abhängen. Die Kosten der geologischen Erkundung müssen in der Berechnung ebenfalls Berücksichtigung finden. Eine Preisveränderung kann im Grenzfall ohne Änderung des Technologiestandes die Abbauwürdigkeit bedingen oder in Frage stellen.

Manganknollen in der Tiefsee enthalten große bisher nur unvollkommen abschätzbare Mengen an Mangan, Kupfer, Nickel, Kobalt und anderen Me-

tallen, die aber gegenwärtig aus ökonomischen Gründen noch nicht für Gewinnung interessant sind, obwohl verschiedene Vorschläge dazu bereits existieren. Die heißen Quellen in der Tiefsee, auf die in diesem Zusammenhang auch hinzuweisen ist, interessieren nicht nur wegen der Archaeobakterien, sondern auch in bezug auf Gehalte an Titan und Molybdän.

Diese Vorkommen verursachen aber sofort den Reibungspunkt der Schürfrechte, dem durch die UN-Seerechtskonvention, die 1994 in Kraft getreten ist, entgegen gewirkt werden soll. Sie erklärt diese Vorkommen zum gemeinschaftlichen Menschenerbe und bindet die Schürfrechte an ein Genehmigungsverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung. Ob die Konvention aber in Zeiten sich abzeichnender Verknappung in der Zukunft immer eingehalten wird, darf zumindest nach den bisherigen Erfahrungen bezweifelt werden. Afghanistan und Irak sind dafür wohl gegenwärtig wirksame Beispiele.

### ***Ökologische Verfügbarkeit***

Eine neue Abbauart wie die Gewinnung der Manganknollen wird in bezug auf Umweltverträglichkeit besonders aufmerksam betrachtet. Dafür gibt es sehr alte Beispiele. *Agricola* widerlegt in seinem Werk *De Re Metallica Libri XII* [10] im ersten Buch die Ansicht derer, die den Bergbau als von Gott ungewollt und schädlich für die Menschen ansehen. Er weist auf den Nutzen hin, der den Menschen durch den Bergbau entsteht und auf seine kulturelle Bedeutung.

Eine Gewinnung der Manganknollen würde die Lebensgemeinschaften in den betroffenen Tiefseeflächen stören. Untersuchungen werden bereits durchgeführt, in welchem Maße das geschieht, ob und wie schnell bei eingestellten Störungen die alten Lebensgemeinschaften wieder aufgebaut werden [11]. Wie beim Fischfang müssen sinnvolle Kompromisse geschlossen und eingehalten werden. Dies wird realisierbar sein, so lange keine Verknappung eintritt.

Die Umweltverträglichkeit hängt mit der ökologischen Verfügbarkeit der Rohstoffe zusammen. Dies ist ein Punkt, der besonders schwer in wissenschaftlich objektiver Form fassbar ist, weil sich die bei den Individuen vorhandenen Emotionen verstärken und durch die Medien in besonders effektiver Form massenwirksam gemacht werden. Horrorszenarien sind sehr effektiv und natürlich geeignet, den rationalen Überblick zu trüben.

Eine kritische Betrachtung der Ermittlungsergebnisse ist gerade auf diesem Gebiet besonders wichtig. Es muss darauf hingewiesen werden, dass vermeintlich exakt anmutende, mit dem Computer erstellte Prognosen in

empfindlicher Weise von den notwendig angenommenen Randbedingungen abhängen und keinesfalls absolut sicher sind.

Ein Beispiel für die Trübung der rationalen Einschätzung ist die Diskussion der Energiefrage. Natürlich muss die Beachtung der erneuerbaren Energien im Vordergrund stehen, aber nicht unter Ausschluss aller anderen Möglichkeiten. Bei der Bewertung von Einschätzungen oder Gutachten ist zu berücksichtigen, dass gezielte Verfälschungen oder über Medien gesteuerte Beeinflussung durch Interessenverbände möglich sind. Nicht immer ist ohne weiteres feststellbar, wer im Hintergrund wirkt.

Selbst bei einer Stagnation der Weltbevölkerung muss bereits eine Zunahme des Energiebedarfs angenommen werden, da für viele Länder gegenüber den fortgeschrittenen Industrienationen ein Nachholbedarf besteht. Dass sich die Industrieländer zu einer wesentlichen Reduzierung ihrer Ansprüche bereit finden, kann als Utopie gelten. Neben der anwachsenden Weltbevölkerung, die den Energiebedarf weiterhin ansteigen lässt, wird der erhöhte Rohstoffbedarf den Abbau weniger vorteilhafter Lagerstätten erfordern, wodurch auf jeden Fall ein ansteigender spezifischer Energiebedarf in Rechnung zu stellen ist. Unter dieser sich ständig weiter anspannenden Energiesituation die Kernspaltung als Überbrückung und schließlich die Kernfusion gänzlich außer Acht zu lassen, muss für wissenschaftlich abwegig eingestuft werden, zumal es sich dabei um Energieformen handelt, die das Geschehen im gesamten Universum in Gang halten.

Bei der Betrachtung ist damit der Teil des Rohstoff- und Energieproblems erreicht, der am stärksten kontrovers diskutiert wird und dessen objektive Beurteilung am meisten gefährdet ist.

### ***Politische Verfügbarkeit***

Die Versorgung der Menschheit mit Rohstoffen und Energie abzuschätzen wird zudem noch durch die bereits oben angesprochene politische Verfügbarkeit erschwert. Eine sichere Prognose ist nicht möglich. Die Auffassung kann ein breites Gebiet zwischen Optimismus und Pessimismus überstreichen. Kleine Ursachen können sich exponentiell verstärken und wie in der Chaos-theorie schließlich zu erheblichen Auswirkungen führen. Vorhersagbarkeit für einen nahen Zeitraum ist noch zu vertreten, für längere Zeiträume im Voraus jedoch mit großer Unsicherheit versehen. Deshalb kann sich eine Analyse nur auf den momentanen Kenntnisstand beziehen und bedarf einer Erneuerung in angemessenen Abständen.



## Schlussfolgerung

Das zu überstreichende Gebiet ist so groß, dass von vornherein eine Beschränkung angebracht ist, um das Arbeitspotential nicht zu hoch ansteigen zu lassen. Aus den wichtigsten Rohstoffkategorien

- Wasser
- Steine und Erden
- Baustoffe
- Industriemineralien
- Salze und Düngemittel
- Schwermetalle
- Leichtmetalle
- elektronische Werkstoffe
- Edelmetalle und Edelsteine
- Energie- und Syntheserohstoffe

wurde zunächst die letzte Kategorie ausgesucht und diese auch nur in einem Teilaspekt betrachtet. Eine Erweiterung im Rahmen eines fortzuführenden Projektes muss sorgfältig auf Durchführbarkeit überprüft werden. In geeigneten Zeitabständen müssen Wiederholungen der Analysen vorgesehen werden. Die Zusammenstellung der wichtigen Rohstoffe wird sich dabei natürlich ändern. Der Einfluss eines Klimawandels auf die Rohstoffsituation ist in die Betrachtung einzubeziehen. So könnte eine wissenschaftliche Analyse der Problematik ermöglicht werden, die die Grenzen der Einschätzung berücksichtigt, keine utopische Wunschvorstellung beinhaltet, sondern eine für die jeweils nähere Zukunft überschaubare Entwicklung darstellt.

## Quellenangaben

- [1] L. Kolditz, Evolution der chemischen Verbindungen. [http://www.leibniz-sozietaet.de/autoren/kolditz\\_1.htm](http://www.leibniz-sozietaet.de/autoren/kolditz_1.htm)
- [2] L. Kolditz, Entwicklung von Toleranz. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 65 [2004] S.19–26. ISSN 0947-5850, ISBN 3-89626-491-5.
- [3] <http://www.weltbevoelkerung.de>
- [4] L. Kolditz, Rohstoffe und Energie. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Heft 1/ 2 [1994] S.105–115. ISBN 3-930640-39-2.
- [5] F.-W. Wellmer und M. Dalheimer, Rohstoffe und Energie – Auswirkung der Globalisierung auf die Versorgungssicherung Deutschlands. *Erzmetall* 53 , 6 [2000] S.384–397.
- [6] Rohstoffe aus der festen Erdkruste in der Zukunft: Deutschland und die Welt. [www.adwmainz/geosymposium/Kosimowski u.Wellmer.doc](http://www.adwmainz/geosymposium/Kosimowski_u.Wellmer.doc)

- [7] Dr. Johannes Peter Gerling, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Erdölreserven und ihre Verfügbarkeit.  
[www.espritsg.ch/sbr/archiv/2004d\\_schwarzesgold\\_gerling.pdf](http://www.espritsg.ch/sbr/archiv/2004d_schwarzesgold_gerling.pdf)
- [8] Gordon W. Gribble, Umweltgifte vom Gabentisch der Natur, Spektrum der Wissenschaft, Juni 2005, S. 38/45. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH Heidelberg.
- [9] F.-W. Wellmer u. J.D. Becker-Platen (Hrsgb.) Mit der Erde leben. Springer Verlag Heidelberg 1999, 273 S. ISBN 3-540-64947-6.
- [10] Georgius Agricola, De Re Metallica Libri XII, Basel 1556, deutsche Ausgabe Basel 1557.
- [11] Hjalmar Thiel, Ahmed Ahnert, Hartmut Bluhm, Christian Borowski und Kay Vopel, Reaktionen benthischer Tiefsee-Lebensgemeinschaften auf mechanische Störungen der Sedimente. [www.awi-bremerhaven.de/AWI/Presse/Docs28-31.pdf](http://www.awi-bremerhaven.de/AWI/Presse/Docs28-31.pdf)