# **4.7** Bergbau: Beeinträchtigung von Boden, Landschaft und Klima José L. Lozán, Eike Rachor & Siegmar-W. Breckle

Bergbau, vor allem als Tagebau, zerstört unwiderruflich Böden und Landschaften; Luft- und Wasserqualität werden beeinträchtigt und große Mengen THG wie  $CO_2$ ,  $CH_4$  und  $N_2O$  werden freigesetzt. Die natürlichen Lebensgemeinschaften in den Abbaugebieten werden beeinträchtigt oder verschwinden (s. Hochmoore). Nach UBA wurden in Deutschland 2019 täglich 7,7 ha beim Abbau von Baumineralien, Braunkohle, Torf und Industriemineralien beschädigt. Weltweit sind die Schäden v.a. beim Abbau von Kupfer und Gold sowie Gas- und Erdölförderungen immens.

Mining: damage soil, landscape and climate: Mining, especially open-cast mining irrevocably destroys soils and landscapes, affects air and water quality and large amounts of GHGs such as CO<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>3</sub>O are released. According to Federal Environment Agency 7.7 ha a day were damaged during the mining of construction minerals, coal, peat and industrial minerals in Germany in 2019. Worldwide, the damage is immense, especially in the mining of copper and gold as well as gas and oil production.

Minería: deterioro del suelo, el paisaje y el clima: La minería, especialmente a cielo abierto, destruye irrevocablemente suelos y paisajes, afecta la calidad del aire y del agua y libera grandes cantidades de GEI como CO2, CH4 y N2O. Según la Agencia Federal del Medio Ambiente, 7,7 hectáreas por día fueron dañadas en el año 2019 en Alemania dura nte la extracción d materiales de construcción, carbón, turba y minerales industriales. A nivel mundial, el daño es inmenso, especialmente en la explotación de cobre y oro, así como en la extracción de gas y petróleo.

Weltweit werden Rohstoffe mit gravierenden Folgen u.a. für Böden und Vegetation gewonnen. Viele dieser Aktivitäten finden im Tagebau statt. Zu den ausgebeuteten Rohstoffen gehören u.a. Energiestoffe (Braun- und Steinkohle sowie Torf), Baumaterialien (Sand, Steine, Lehm und Kies) und Mineralien (Erze von Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Aluminium, seltenen Erden, Salzen etc.). Viele Aktivitäten erfolgen Untertage; Rohstoffe wie Steinkohle, Kalisalz, Kupfer, Gold, Erze, Festgestein und Tone werden auch aus tiefliegenden Lagerstätten extrahiert. Zu den sog. bergfreien Bodenschätzen gehören Erdgas und Erdöl.

Nachfolgend werden anhand von wenigen Fallbeispielen in Deutschland und anderen Ländern einige Fakten über die Auswirkung vor allem des Kohletagebaus, der Erdölförderung und des Torfabbaus auf Boden, Vegetation und Klima zusammengetragen.

# Bergbau in Deutschland

Nach dem Umweltbundesamt (UBA) und Daten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) wurden 2019 insgesamt 703,98 Mio. t abiotische Rohstoffe im Tagebau abgebaut. Die tägliche Zunahme des Flächenverbrauchs schwankte in Deutschland infolge des Bergbaus im Zeitraum 1994-2019 von 9,4 bis 7,0 ha (UBA 2020). Beispielsweise betrug 2017 der Flächenverbrauch durch Tagebau 2.763 ha bzw. ca. 7,5 ha pro Tag. Davon entfielen 4,2 ha auf den Abbau von Baumineralien (v.a. Sand und Kies sowie Steine), 2,1 ha auf Braunkohletagebau, 1 ha auf den Torfabbau und 0.3 ha auf die Gewinnung von Industriemineralien. Der Flächenverbrauch ist im Wesentlichen von zwei Faktoren abhängig: a) Mächtigkeit der Erdschichten (Deckgebirge) und b) Mächtigkeit des jeweiligen Rohstoffs. Nach BGR sind die Sand- und Kiesschichten im Schnitt 15 m mächtig. Natursteine werden aus 25 m dicken Schichten gebrochen. Diese Angaben stellen nur Mittelwerte dar; sie können stark variieren. Torfschichten sind deutlich dünner: Ihre Mächtigkeit beträgt meist nur etwa 1,5-2 m. Die Mächtigkeit der Braunkohleflöze unterscheiden sich je nach Region. Im Rhein-Gebiet sind die Braunkohleflöze etwa 35 m dick, im mitteldeutschen Revier sowie im Lausitzer Revier nur 11 m. Auch diese Angaben für die Braunkohle sind relativ grob, da sie auch stark variieren.

### Kohle

Um 1780 war die Welt zur Energiegewinnung fast nur auf Holz angewiesen. Lokal gab es auch Wasserkraft und Windmühlen und außerdem Torf als Heizmaterial. Später mit der Industriellen Revolution sah die Welt mit der Verwendung von Kohle anders aus. Ab 1800 war die Industrialisierung voll im Gange; zunächst in Großbritannien, dann in weiten Teilen Mitteleuropas und in den USA. Parallel zu dieser Entwicklung gewann die Steinkohle an Bedeutung. Gleichzeitig verschlechterte sich schnell auch die Luftqualität infolge der Verwendung von Kohleöfen und des Betriebs von Dampfmaschinen mit Steinkohle. Zu dieser Zeit wurde weltweit kaum Braunkohle verwendet.

#### Kohle: Deutschland

Die Kohlenutzung begann in Deutschland um 1700. Geologisch betrachtet, entsteht aus Braunkohle im Laufe langer Zeiten Steinkohle. Je tiefer die Steinkohle liegt, desto besser ist ihre Qualität. Wie *Abb. 4.7-1* zeigt, begann die Nutzung von Braunkohle in Deutschland etwas später. Die maximale Beschäftigung in der Steinkohleproduktion wurde in den 1950-1960er Jahren mit knapp 400.000 Arbeitern untertage erreicht. Nach und nach lagen die Reserven von Steinkohle immer tiefer. Dementsprechend wurde der Abbau teurer; Importkoh-

le war oft günstiger. Der Steinkohleabbau wurde daher allmählich reduziert. Er konnte nur mit Hilfe von Subventionen mehrere Jahre fortgesetzt werden. Ende 2018 erfolgte das endgültige Aus. Der Import wurde fortgesetzt. Im Gegensatz dazu wurde der Braunkohleabbau als Tagebau noch bis zu den 1980-1990er Jahren intensiviert. Die Braunkohleproduktion nimmt seit den 1990er Jahren ab (Abb. 4.7-1). Die Gründe dafür sind u.a. der sinkende Marktpreis der letzten Jahre, die Klimawende und die Zunahme der erneuerbaren Energien. Im Jahr 2017 stammte 40.1% des in Deutschland produzierten Strommixes, der tatsächlich aus der Steckdose kommt, aus Kohleverstromung und im Jahr 2020 nur noch 24,1% (https://www.klima-warnsignale. uni-hamburg.de/2020-strom-aus-erneuerbaren-energienstieg-weiter-an/).

Der Abbau von Braunkohle erfolgt meist als Tagebau. Die Braunkohle war in Deutschland von großer Bedeutung; sie stellte den einzigen nennenswerten Energierohstoff in ausreichender Menge mit einer riesigen Reserve.

Beim Abbau von Rohstoffen im Tagebau wurden besonders bei großen und langfristigen Projekten Böden und Landschaften dramatisch verändert. Große Erdmengen werden abgetragen und fruchtbare Böden gingen unwiderruflich verloren. Fast immer wurde auch das Grundwasser mit Hilfe von großen Pumpen abgesenkt, damit der Tagebau nicht vollläuft. Die Auswirkungen auf die benachbarte Landschaft waren beträchtlich. Feuchtgebiete trockneten aus, Böden sackten ab und Gebäude wurden beschädigt. Viele Schadstoffe wie Quecksilber,



Abb. 4.7-1: Deutsche Kohleproduktion (aus HEINRICH BÖLL STIFTUNG 2015 geändert).

Blei und Arsen wurden mit dem Feinstaub während des Bergbaubetriebs freigesetzt, Böden kontaminiert und die Gesundheit der Arbeiter und Bewohner in der Umgebung gefährdet. Ortschaften wurden umgesiedelt.

Abb. 4.7-2 zeigt ein Panorama-Foto vom Tagebau Garzweiler (Stand 2005). Daraus kann man eine Vorstellung über die Größe der betroffenen Flächen bekommen. Der Braunkohletagebau Garzweiler gehört zum nördlichen Rheinischen Braunkohlerevier und besteht aus Garzweiler I (66 km²) und Garzweiler II (48 km²). Der Braunkohletagebau Garzweiler erforderte die Umsiedlung ganzer Ortschaften. Allein durch das Garzweiler II waren zwölf Dörfer betroffen.

Bei der Nutzung der Braunkohle werden in Deutschland ab 1970er Jahre riesige Maschinen eingesetzt (*Abb. 4.7-3*). Bagger-288 wurde 1978 fertiggestellt. Er ist 240 m lang und 96 m hoch. Mit seinen 13.500 t Gewicht war er damals der größte Bagger der Welt und kann bis zu 240.000 t Kohle täglich ausbaggern. Damit können bis zu 2.400 Güterwagen gefüllt werden. Damit kann man sich die Größe der täglich beschädigten Fläche vorstellen.

Der Tagebau war oft umstritten. Besonders problematisch war das Umsiedeln ganzer Ortschaften, wenn ein Tagebau auf besiedeltes Gebiet ausgedehnt werden sollte. Es gibt in Deutschland mehr als 300 abgebaggerte Ortschaften; so wird ein Siedlungsgebiet genannt, das abgerissen wurde, um die darunterliegende Braunkohle zu fördern. Insgesamt gab es in Deutschland eine große Anzahl Braunkohletagebaue. Die meisten wurden bereits stillgelegt, rekultiviert oder geflutet; dadurch versucht man einen akzeptablen Zustand wiederherzustellen. Knapp zehn sind noch in Betrieb.

Der Kohleausstieg wurde per Gesetz beschlossen; Kohle darf als Primärenergieträger für die Verstromung (Stromerzeugung) nur bis 2038 (evtl. früher) verwendet werden. Andere Länder wie Belgien (2016), Schweden und Österreich (2020) haben bereits ihre letzten Kohlekraftwerke abgeschaltet. Kohlekraftwerke waren weltweit ein wichtiger Wirtschaftsfaktor; diese Zeiten scheinen vorbei zu sein. Experten des britischen Think Tanks Carbon Tracker untersuchten weltweit die Einnahmen und Ausgaben von >90% aller Kohlekraft-



Abb. 4.7-2: Tagebau Garzweiler (Stand 2005). Foto: Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0 (via Wikimedia Commons).



Abb. 4.7-3: Bagger-288 (240 m lang). Aus Wikimedia Commons, the free media repository. Foto: Martin Röll.

werke für das Jahr 2020 und kamen zu dem Schluss, dass zumindest die Hälfte der Betriebe auch in China keinen Gewinn erzielt haben. Auch in den USA wurden in den letzten Jahren viele Kohlekraftwerke stillgelegt. Im Jahr 2021 setzte sich dieser Trend fort. Nach der US Energy Information Administration (EIA) werden 70% der neuen US-Kraftwerksleistung 2021 auf Solar- und Windparks entfallen. Polen ist der größte Förderer von Steinkohle in der EU. Die polnische Regierung hat auf internationalem Druck ein Ende des Abbaus bis 2049 beschlossen. Die Kohleindustrie in Polen ist seit Jahren defizitär und läuft nur mit Zuschüssen vom Staat. 2/3 der schmutzigsten EU-Städte sind in Polen.

# Kohleabbau in den Appalachen (Ost-USA)

Ein Extremfall für einen Eingriff in der Landschaft stellt der Kohleabbau in den nordamerikanischen Appalachen dar. Es ist ein bewaldetes Gebirgssystem an der Ostküste der USA und erstreckt sich über eine Länge von 2.400 km von Kanada bis in den Norden Alabamas. Seit den 1970er Jahren wird dort Steinkohle nach der Methode »Mountaintop removal« abgebaut. Um die bis in eine Tiefe von ca. 180 m liegende Steinkohle frei zu bekommen, werden die Bergkuppen weggesprengt. Danach wird die Steinkohle im Tagebau gewonnen. Der meist giftige Abfall aus den Minen wird in Täler gekippt und so die Wasserläufe in den Tälern mit Schwermetallen wie Quecksilber und Arsen vergiftet. Bis heute wurden 500 Bergkuppen gesprengt. Nach Angabe der nationalen Umweltbehörde EPA sind inzwischen 6.500 km² Waldfläche vernichtet. Das war auch der Lebensraum von vielen Tier- und Pflanzenarten. Die Folgen für die Umwelt sind schlimm.

Inzwischen sinken die Nachfrage und der Weltmarktpreis für die Kohle. Seit einigen Jahren geht es in West Virginia bergab. Zehntausende Kohlejobs gingen verloren. Einige Unternehmen mussten Insolvenz anmelden.

# Erdöl

Erdöl wird spätestens in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts der wichtigste fossile Energieträger für die Industriegesellschaft. Erdöl wird als Rohstoff auch in der chemischen Industrie verwendet. Bei der Suche und Förderung sowie während der Verarbeitung und des Transports verschmutzt Erdöl Böden, beschädigt die Vegetation und belastet die Umwelt. Wertvolle Wälder, oft Urwälder, werden gerodet und unberührte Gebiete stark verändert. Jährlich treten bei der Ölförderung viele Brüche von Ölpipelines auf, dabei werden riesige Bodenflächen mit negativen Folgen auch für die Biodiversität verschmutzt (*Abb. 4.7-4*). Besonders bei der Förderung von Erdgas und Erdöl ist die Emission klimarelevanter Gase (Methan & Kohlendioxyd) beträchtlich.

Im Jahr 2018 förderte Russland 563 Mio. t Erdöl und gehört nach den USA (669 Mio. t) und Saudi-Arabien (578 Mio. t) zu den bedeutendsten Ölförderländern der Welt. Nigeria ist mit einer Fördermenge von 98 Mio. t. im Jahr 2018 das wichtigste Erdölförderland Afrikas und steht weltweit an 12.Stelle.

# Erdöl: Sibirien

Russland verfügt über riesige Gas- und Ölreserven. Das sind 32% aller Erdgas- und 12% aller Erdölvorräte weltweit. In Westsibirien befindet sich der Hauptteil dieser Reserve. Von Westsibirien stammt etwa 60% des russischen Erdöls, das meist nach Europa fließt. Generell geht bei der Förderung und dem Transport ständig Erdöl verloren. Allein in der westsibirischen Ölförderregion gibt es jährlich bis zu 5.000 Öllecks. Ende Mai 2020 gab es erneut ein Ölunfall in der sibirischen Stadt Norilsk. Es ging mehr als um ein Leck. 21.000 t Diesel traten aus einem Kraftwerkstank aus, da der Permafrostboden zu weich wurde. Aufgrund des Ausmaßes des Schadens wird es als die größte Ölkatastrophe in der Arktis gewertet. Weite Strecken des Flusses Ambarnaja sowie der Pjasino-See wurden verschmutzt.

Die Folgen von Lecks und Unfällen sind für die Umwelt dramatisch. Wälder, Gewässer und Grundwasser werden verschmutzt (*Abb. 4.7-4*). Betroffen sind auch Gebiete wie der Chanten, Mansen, Jamal-Nenzen und andere indigene Gruppen. Sie versuchen trotz der zunehmenden Urbanisierung traditionell zu wirtschaften

und leben von der Rentierzucht, vom Fischfang und von der Jagd. Viele größere Flüsse und Gewässer sind biologisch tot. Der Fischfang musste auch auf dem Fluss Ob eingestellt werden. Für die indigenen Völker gehört die Zerstörung der Rentierweiden zu den wichtigsten Folgen. Inzwischen gingen 20 Mio. ha Naturweiden verloren. Nicht nur durch Leckagen sondern auch durch den Bau von neuen Pipelines und Siedlungen werden diese Verluste verursacht. Die Chanten, Mansen und Nenzen werden langsam durch die Zuwanderung von Ölarbeitern zur Minderheit. Elend und Armut breiten sich aus. Die Lebenserwartung sinkt (GFV 2005).

In Westsibirien ist mittlerweile eine riesige Landfläche ölverseucht, nahezu dreimal die Fläche des Saarlandes. Riesige Ölseen sind entstanden. Insgesamt handelt es sich um das größte ölverseuchte Landgebiet der Erde. Nach Greenpeace sollen dort jährlich durchschnittlich über 15 Mio. t Öl in die Umwelt gelangen (Greenpeace 2020). Die Hauptursache des Ölaustritts sind die völlig überalterten und maroden Ölleitungen; sie werden nicht ausreichend gewartet.

In Westsibirien sind mehrere internationale Ölkonzerne wie TOTAL beteiligt. Betreiber der Leuna-Raffinerie (Halle, Saale) ist TOTAL-FINA-ELF Deutschland und bezieht dafür jährlich 9-10 Mio. t Erdöl aus Westsibirien.

#### Erdől: Nigeria

Nigeria ist der Haupterdölproduzent Afrikas, und das größte Ölvorkommen befindet sich im Niger-Delta (70.000 km²). Über das Niger-Delta mündet der Fluss westlich der Stadt Port Harcourt (1.1 Mio. Einwohner) in den Golf von Guinea.

Über 2 Mio. Barrel/Tag werden aus 5.000 Bohrquellen im Niger-Delta gefördert und mit Hilfe von 7.000 km Leitungen gesammelt. Neben Shell sind dort ExxonMobil, Chevron und Total beteiligt. Die Ölförde-

rung durch Shell begann 1958. 2004-2005 gab es größere Öl-Lecks, für die Shell verantwortlich erklärt wurde. 2008-2009 strömte im Bodo-Creek bei Port Harcourt aus einer Leckage in einer Shell-Anlage ca. 72 Tage lang erneut Öl aus. Nach dem US-Unternehmen Accufacts betrug die ausgelaufene Ölmenge bis zu 4.320 Barrel/Tag. Im Juni-2010 trat eine große Ölmenge sieben Tage lang aus der Pipeline von ExxonMobil aus. Insgesamt wurden etwa 27.000 bis 95.500 t Rohöl freigesetzt.

Ferner werden die Pipelines regelmäßig von verschiedenen Gruppen angezapft. Das gestohlene Öl wird in kleinen Schiffen auf hoher See befördert und auf internationalen Märkten verkauft. Oft werden die angezapften Stellen nicht richtig verschlossen, so dass Öl weiter fließt. Die häufigste Ursache für die Leckagen ist der marode Zustand der Leitungen; die Rohre sind veraltet und porös. Shell erklärte sich im Jahr 2002 bereit, die korrodierten Pipelines zu ersetzen, was nicht geschah. Insgesamt handelt es sich um eine Vielfalt von Ölaustritten während der letzten 50 Jahre. Experten schätzen, dass insgesamt mehr als 2 Mio. t Rohöl ins Wasser und in die landwirtschaftlichen Böden geflossen sind.

Erdgas wird als unerwünschtes Nebenprodukt bei der Ölförderung betrachtet und durch Rohre nach oben ausgeschieden und verbrannt. Große Mengen Treibhausgase (CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>) werden freigesetzt. Im Nigerdelta gibt es rund 120 solcher Gasfackeln. In vielen Ländern ist das längst verboten. Auch im Süden des Iran brennen noch Erdgasfackeln.

Das Niger-Delta gehört zu den 10 der am stärksten verseuchten Gebiete der Erde. Die Umweltverschmutzung durch Öl ist einer der größten Umweltskandale unserer Zeit. Nach einer UNEP-Studie sind die Schäden so immens, dass eine Sanierung 25-30 Jahre in Anspruch nehmen wird. Nicht nur die wichtigsten Lebensgrundlagen: Landwirtschaft und Fischerei wurden zerstört, sondern auch wertvolle Ökosysteme wie Man-



Abb. 4.7-4: Weltweit werden Böden und Vegetation täglich durch Leckage und Ölunfälle verschmutzt. Es handelt sich hier um das Ölfeld Lago Agrio in der Nähe der Stadt Nueva Loja (Ecuador). Die Verschmutzung wurde verursacht durch den ehemaligen Bohrlochbetreiber Texaco ab 2001 von der Chevron Corporation übernommen. Autor: Julien Gomba. https:// www.flickr.com/photos/jgomba/2076767784/. It was confirmed to be licensed under the terms of the cc-by-2.0.

grovenwälder und die dortigen Lebensgemeinschaften. Durch die Verschmutzung von Luft, Gewässern und Böden sank die Lebenserwartung der dort lebenden Menschen um mehrere Jahre.

Im Rahmen der juristischen Aufarbeitung wurden mehrere Klagen vor allem gegen den Shell-Konzern und sein nigerianisches Tochterunternehmen erhoben. Shell musste schon einräumen, dass ein »Versagen des Equipments« die Umweltverschmutzung ausgelöst habe. Die letzten zwei Gerichtsentscheidungen erfolgten in diesem Jahr. Ein Berufungsgericht im niederländischen Den Haag entschied im Januar 2021, dass der Shell-Mutterkonzern rund 40.000 Menschen aus zwei Dörfern für die Ölverseuchung ihrer Ackerflächen in 2004-2005 entschädigen muss. Im Februar 2021 gestand der Oberste Gerichtshof Großbritanniens den Bewohnern des Nigerdeltas das Recht zu, Royal Dutch Shell vor britischen Gerichten wegen Umweltverschmutzung zu verklagen. Damit wurde die vorige Gerichtsentscheidung von 2017 aufgehoben. Die Kläger wollten den Prozess gegen das Shell-Tochterunternehmen wegen der Korruption in Nigeria nicht dort stattfinden lassen. Diese Entscheidungen können richtungsweisend sein. Mutterkonzerne sollen in der Zukunft für Fehler ihrer Tochterunternehmen im Ausland zur Verantwortung herangezogen werden.

Die Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) fordert alle Firmen auf, Menschenrechte und Umwelt zu respektieren und zur nachhaltigen Entwicklung beizutragen .

# Kupfergewinnung im Tagebau

Kupfer war schon in der Vorantike als der Hauptbestandteil von Bronze von Bedeutung. Vom Schmuck und Waffen bis zu Werkzeugen war die Nutzung von Bronze vielseitig. Auch die berühmte Himmelscheibe von Nebra besteht aus Bronze und zeugt zugleich von den weiten Wegen, die das begehrte Metall schon damals in Europa zurücklegte. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts hat die Gewinnung von Kupfer weltweit sehr stark zugenommen. Experten gehen davon aus, dass die globale Nachfrage bis 2030 noch weiter ansteigen wird. Als Material für Leitungen, Kabel, Elektromobilität u.a. ist Kupfer unverzichtbar. Weltweit ist Deutschland nach den USA und China der drittwichtigste Kupferkonsument. Ursprünglich gab es reiche Vorkommen z.B. am östlichen Harzrand (Kupferschiefer im Mansfelder Land).

Der Kupferabbau gilt als besonders dreckig, giftig und gefährlich. Er erfolgt teilweise als Tagebau und beansprucht große Flächen. Sowohl der Boden als auch die Luft und das Wasser werden erheblich kontaminiert.

Kupfer wird meist aus sulfidischen Erzen gewonnen. Bei der Zerkleinerung des Materials entstehen große Mengen an Feinstaub PM10 (50% der Staubfraktion hat einen Durchmesser von <10 µm), der Blei und Arsen enthält. In einem Röstprozess wird der Schwefel entfernt, der mit O<sub>2</sub> zu SO<sub>2</sub> reagiert. Aus SO<sub>2</sub> wird Schwefelsäure hergestellt. Oft werden enthaltene Metalle mit Flotationsverfahren abgetrennt. Große Mengen Wasser sind dafür erforderlich. Die Kontamination der Luft ist auch hoch. Ferner werden Treibhausgase wie CO, und CH, freigesetzt, da viel Kohle oder Erdöl zum Heizen verwendet wird. Da der Feinstaub sich absetzt, nimmt die Kontamination des Bodens und der Gewässer in der Umgebung einer Kupferhütte in Laufe der Jahre zu. Der Boden ist nach einigen Jahren wahrscheinlich für immer unbrauchbar. Da die Wassernutzung durch den Bergbau groß ist, leiden die Landwirtschaft und die Bevölkerung an Wasserknappheit. Das ist ein großes Problem besonders in Nordchile, wo wichtige Kupferminen sind. Chile ist weltweit mit Abstand der größte Kupferexporteur der Welt.

Die Forderung zur Einhaltung der UN-Konventionen zu Menschenrechten und Umweltschutz durch die Bergbaukonzerne wird in der letzten Zeit immer lauter. Große deutsche Kupferabnehmer wie BMW versuchen beim Chilenischen Konzern CODELCO ethisch und ökologisch sauberes Kupfer einzukaufen.

In Westneuguinea (Westpapua) befindet sich die Grasberg-Mine - das größte Goldbergwerk und gleichzeitig ein Kupferbergwerk. Der Abbau erfolgt als Tagebau und die Förderkosten sind relativ niedrig. Betreiber der Mine ist der US-amerikanische Konzern Freeport-McMoRan. Die papuanische Urbevölkerung verschiedene Nichtregierungsorganisationen, Umweltschutz- und Menschenrechtsgruppen sehen den Kupferabbau aufgrund der oben beschriebenen Auswirkungen für die Umwelt und die Ureinwohner sehr kritisch. Der Aufwand für die Erschließung der Mine sowie für den Abbau und Transport der Erze war enorm. Die Mine liegt im tropischen Regenwald und ca. 130 km von der Küste entfernt. Allein der Bau der Zufahrtsstraße war eine technische Meisterleistung, aber auch eine Umweltbelastung. U.a. mussten zwei Tunnels von etwa 1.700 m Länge gebaut werden.

Verbunden mit dem Kupfer- und Goldabbau gibt es dort eine Reihe von sozialen Konflikten, die eine Mischung aus Unabhängigkeits- und Arbeitskampf sind. Eine Unabhängigkeitsbewegung hat sich dort gebildet; sie kämpft gegen die indonesische Regierung und setzt sich für die indigene Bevölkerung ein, die ihren Lebensraum verliert. Die indonesische Regierung hat seit 1969 ca. 10 Mio. Indonesier von Hauptinsel Java auf die Außeninseln umgesiedelt.



Abb. 4.7-5: Kilianstollen in Marsberg (Hochsauerlandkreis): Blick in einen Abbau (Eisen- und Kupfermineralisation). Author: Geolina163. Aus Attribution-ShareAlike 4.0 International (Creative Commons - CC BY-SA 4.0)

Man kann – ähnlich wie im Kongo oder in Sierra Leone in Afrika – sagen, dass der Reichtum an Kupfer und Gold in Westguinea nicht zur Entwicklung und zum Wohlstand der einheimischen Bevölkerung – sondern vielfach eher zu negativen Folgen geführt hat. Statt Segen – Fluch für das Land.

#### Torf

Torf ist ein spezieller Bodentyp, der sich in Mooren bei Wassersättigung, Sauerstoffmangel und hohem Säuregrad bildet, da die Tätigkeit der Mikroorganismen dadurch gehemmt wird. Torf ist eine Form von Humus. Die Verfügbarkeit an Nährstoffen und der niedrige pH-Wert im Oberboden sind in den Mooren für die Entwicklung bestimmter Pflanzengesellschaften entscheidend, z.B. von Torfmoosen (*Sphagnum*-Arten), Torfmoos-Wollgrasrasen oder Zwergsträuchern (Ericaceae) (s. Kap. Succow). Sie führen wiederum zur Bildung unterschiedlicher Torfarten wie Moostorf, Schilftorf, Seggentorf und Erlenbruchwaldtorf.

# **Entstehung von Torf**

Gewässer wie flache Seen oder Senken in Flussauen begünstigen durch Eintrag von Nährstoffen und abgestorbenen Pflanzenresten im Laufe der Zeit eine Eutrophierung und Verlandung. Es entsteht Niedermoor mit z.B. Schilf-, Seggen- oder Bruchwaldbewuchs. Regenmoore (Hochmoore) dagegen erhalten keine Zuflüsse und leben nur vom Niederschlag.

Die Entstehung von Torf dauert sehr lange. So kann die Bildung von ca. 1 m Torf 1.000 Jahre oder länger dauern. In den ersten Jahren der Bildung erkennt man die Struktur der Pflanzen noch deutlich: Im Regenmoor dominieren die Torfmoose, es entsteht zuerst Weißtorf. Daraus entsteht Brauntorf oder Bunttorf und die älteste Torfschicht ist der sogenannte Schwarztorf.

Insgesamt wird der Prozess vom frischem Pflanzenmaterial zu Huminsäuren und Torf, über Braunkohle und Steinkohle zu Anthrazit (in einzelnen Fällen sogar zu Graphit) Inkohlung (Zersetzung unter Luftabschluss) genannt und dauert Jahrmillionen. Der Anteil an Wasser und flüchtigen Bestandteilen nimmt dabei laufend ab, so dass der relative Anteil an Kohlenstoff (C) zunimmt, der im Graphit nahezu 100% beträgt.

# **Nutzung von Torf**

Der C-Anteil von Torf kann schon mehr als 30% betragen. Torf wird daher zur Energie- und Wärmegewinnung verwendet und hat in trockenem Zustand einen Brennwert von 20-22 MJ/kg, vergleichbar mit Braunkohle. Dass Torf brennt, ist seit dem Altertum bekannt. Der römische Gelehrte Plinius beschrieb ihn als brennbare Erde. Torf kann sich selbstentzünden (Erdbrände) oder durch fremde Einwirkung leicht entzünden. Das Löschen ist sehr schwer. So kam es in Russland im Jahr 2010 zu riesigen Torffeuern. 2018 gab es einen zwei Wochen langen Moorbrand bei Meppen nach Raketentests. Torf hat auch nützliche Anwendung in der Medizin als Moorbad oder Moorpackung. Die enthaltenen Huminsäuren sollen einen positiven Einfluss auf das endokrine System und eine Förderung der Durchblutung des Körpers haben. Torf wird als Brennstoff noch bei der Malzherstellung für einige Whiskysorten (Schottland) verwendet, da der Torfrauch zum Whysky-Geschmack beiträgt.

Die Nutzung von Torf sowie Kohle zur Energiegewinnung ist jedoch nicht mehr zeitgemäß. Bei der Verbrennung von Kohle und Torf und ihrer Gewinnung werden große Menge Treibhausgase (THG) vor allem CO<sub>2</sub> emittiert; sie sind daher »Klimakiller«.

Trockener Torf ist äußerst leicht, was den Transport erleichtert. Er ist nährstoffarm und sauer und, daher können viele Pflanzen schlecht auf Torf wachsen. Gärtnerisch wird nur der Torf aus Hochmooren genutzt. Er dient vor allem der Anzucht von Pflanzen. Torfhaltige Blumenerden sind beliebt, weil sie viel Wasser speichern können und das gespeicherte Was-

ser nur langsam abgeben. Sie senken den pH-Wert im Boden und lockern die verdichtete Erde auf. Aber im durchlüfteten Boden z.B. im Garten wird Torf sehr schnell unter CO<sub>2</sub>-Freigabe zersetzt. Kompost ist dort ein geeigneterer Bodenverbesserer.

Nach Angabe vom Industrieverband Garten e.V. (IVG) wurden etwa 3,7 Mio. m<sup>3</sup> Torf im Jahr 2018 in Deutschland abgebaut. Hinzu wurden ca. 4,1 Mio. m<sup>3</sup> vor allem aus dem Baltikum importiert (siehe Bun-DESINFORMATIONZENTRUM LANDWIRTSCHAFT 2021). In vielen anderen Ländern wie Finnland, Schweden und Kanada hat Torf noch eine Bedeutung (s. Tafel 2). Die gesamte Fläche der weltweit trockengelegten Moore ist immens; die emittierte Menge von Treibhausen dürfte zusammenfassend beträchtlich sein. Nur eine Vernässung dieser Flächen, wie Tab. 4.7-1 zeigt, würde einen großen Beitrag für den Klimaschutz bedeuten. Nach SCHMATZLER (2012) (zit. in HÖPER 2015) werden allein in Niedersachsen 7,3 Mio m³ Torf jährlich auf einer Fläche von 11.500 ha abgebaut; das ist erheblich mehr als die oberen IVG-Angaben. Abb. 4.7-6 zeigt die Verwendung großer Torfstichmaschine (Teufelsmoor). Im Hinblick auf den Erhalt der Torfböden und Moor-Lebensräumen ist hohe Bodenfeuchtigkeit (Vernässung) entscheidend. Landwirtschaftliche Nutzung führt durch Trockenlegung und Belüftung sowie Düngung zum raschen Torfabbau; im Ahlenmoor südlich von Cuxhaven war die entsprechende »Moorsackung« pro Jahr z.B. größer als 3 cm. Das führt dazu, dass über längere Zeit viel CO, freigesetzt wird und sich irgendwann die Flächen nicht mehr herkömmlich bewirtschaften lassen (im Ahlenmoor können sie unter den Meeresspiegel gelangen).

Nutzungskategorie Standort in Treibhausgasemissionen Zitat Niedersachsen [t CO<sub>2</sub>-Äq./ha/a] Acker Surwold 32,2 (29,3 - 35,1) BEYER und HÖPER (2015) Grünland intensiv Ahlenmoor 25,9 (20,7 - 31,2) BEETZ et al. (2012) nicht untersucht Drösler et al. (2011) Grünland extensiv trocken 20,1 Grünland extensiv nass Ahlenmoor -0.7(-4.8 - 3.4)BEETZ et al. (2012)

# Torfabbau: Ökologische Folgen

Der Abbau von Torf ist aus Klima- und Naturschutzgründen schädlich. Seit Ende der 1980er-Jahre werden keine intakten Moore mehr für den Torfabbau freigegeben, aber landwirtschaftlich genutzte Moorbereiche. Denn Torf darf in Deutschland nur noch von vorher landwirtschaftlich genutzten Flächen und nur eine genau festgelegte Menge abgebaut werden. Die betreibende Firma ist verpflichtet, die frei gewordene Fläche zu »renaturieren«. Wenn dabei zu stark vernässt wird, entsteht Methan. Deshalb ist Vernässung sehr sorgfältig zu planen und darf nicht durch sofortige, anhaltende Überstauung geschehen. Erwähnenswert ist auch, dass THG während der Lagerung des abgebauten Torfs ebenso wie bei seiner Verwendung weiter freigesetzt werden.

Im lebenden (heilen) Regenmoor wachsen neben vielen Torfmoosen spezielle und selten gewordene Pflanzen wie Moor-Ährenlilien, Moosbeeren, Rosmarinheide, Weißes Schnabelried, Glockenheide und die Sonnentauarten, im Ahlenmoor sogar der vom Aussterben bedrohte Langblättrige Sonnentau. Sehr selten gewordene Tiere wie die Kreuzotter, die Wald-/Mooreidechse, das Birkhuhn, Schnepfenvögel und seltene Schmetterlinge (u.a. Bläulinge) findet man noch in heilen Regenmooren.

HÖPER (2015) hat Messungen der freigesetzten THG aus landwirtschaftlich genutzten Moor-Böden in Niedersachsen zusammengestellt (*Tab. 4.7-1*). Daraus ist zu entnehmen, dass die freigesetzte Menge von THG auf Ackerfläche und intensiv genutztem Grünland beträchtlich sind. Nur beim vernässten Grünland sind die

Abb. 4.7-6: Torfstichmaschine Teufelsmoor. Foto SW Breckle).

Tab. 4.7-1: Treibhausgasemissionen der in Niedersachsen untersuchten Hochmoorstandorte unter landwirtschaftlicher Nutzung und bundesweiter Vergleichsstandorte. Die Werte können jedoch je nach Torfart stark schwanken (Höper 2015). Mittelwerte, Minima und Maxima in Klammern.

Werte niedriger. Aus diesen Gründen empfehlen Ökologen trockengelegte Moore vorsichtig zu renaturieren; denn bei zu starker Anfangsvernässung bildet sich viel Methan. In *Abb. 1.1-5* (Kap.1.1) ist schematisch dargestellt, wie die Emission der THG in entwässerten und nicht entwässerten (nassen) Moor abläuft.

# Sand- und Kiesabbau

Für die Bauwirtschaft sowie die Glas-, Chemie-, Eisenund Keramikindustrie sind Sand und Kies unverzichtbare Rohstoffe.

Sand ist nach Wasser wahrscheinlich die meistgebrauchte Ressource der Welt. Rund 40 Mrd. t Sand werden jährlich abgebaut. Das ist um ein Vielfaches mehr als Rohöl. Sand ist in vielen Länder ein knappes Gut geworden und wird daher oft nicht-nachhaltig abgebaut. Wüsten- und Dünensandkörner sind aufgrund der Windreibung zu rund für den Bau. Daher importiert z.B. Dubai große Menge Sand für die Bauprojekte und Bildung künstlicher Inseln. Die schnell wachsenden asiatischen Länder wie China und Singapur gehören zu den größten Sandverbrauchern der Welt. Der Bedarf von Singapur ist aufgrund der zunehmenden Bevölkerung für den Bau und zur Landgewinnung riesig groß. Bis jetzt hat Singapur seinen Bedarf durch Importe aus Malaysia, Kambodscha und Vietnam gedeckt. Diese Länder haben jetzt den Export wegen Sandknappheit eingestellt. Aufgrund des großen Bedarfs ist eine Art illegaler Markt entstanden.

Die Zementproduktion gilt als Indikator für den Sandbedarf, und weltweit steht Chinas auf Platz 1 mit einer Produktion, die 10× mehr höher als in Indien (Platz 2). Es ist daher nachvollziehbar, dass fast 2/3 des weltweiten Sandverbrauchs durch China erfolgt.

Beton besteht aus 1/3 Wasser & Zement und 2/3 Sand. Für 1 km Autobahn werden 30.000 t Sand benötigt. Diese Zahlen sollen in etwa zeigen, wie der Sandverbrauch sich entwickelt hat. Die Statistik besagt, dass heute über 300% mehr Sand als vor drei Jahrzehnten benötigt wird.

Sand entsteht durch Erosion von Gestein. Viele Sandgruben sind bereits ausgeschöpft; daher werden immer mehr Sand und Kies aus der Nord- und Ostsee entnommen. Die Auswirkungen für die Meeresumwelt sind vielfältig. Sand und Kies sind Lebensräume für viele Arten von Würmern, Krebstieren, Schnecken und Muscheln und Fischen.

Durch diese Entwicklung gewinnt die Nutzung von Recyclingbeton und recyceltem Glas an Bedeutung. Beton aus Glas ist genau so gut wie Sandbeton und sogar billiger bei geringer CO<sub>2</sub>-Emission (nur 30% des Altglases wird so wieder verwendet).

#### Literatur

BGR (2021): Berichte zur Rohstoffsituation in Deutschland. https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/UeberUns/ ueberuns\_node.html (abgerufen am 20.3.2021).

DEBRIV (Deutsche Braunkohlen-Industrie-Verein) (2020): Übersicht und Geschichte der Reviere. https://braunkohle.de/braunkohle-in-deutschland/uebersicht-und-geschichte-derreviere/ (abgerufen am 15.3.2021).

GFBV (2005): Hintergrundtext zur Öl- und Gasförderung in Westsibirien.

https://www.gfbv.de/de/news/hintergrundtext-zur-oel-und-gas-foerderung-in-westsibirien-547/ (abgerufen 25.3.2021).

GREENPEACE (2020): Erdöl – Gefahr für Umwelt, Klima, Menschen. Sibirien versinkt im Öl. 16 S. https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/ erdological-files/ erdological-fi

doel gefahr fuer die umwelt 0.pdf
HEINRICH BÖLL STIFTUNG (2015): Kohleatlas: Daten und Fakten über einen globalen Brennstoff. 52 S.

HÖPER, H. (2015): Treibhausgasemissionen aus Mooren und Möglichkeiten der Verringerung. Telma. Beiheft 5: 133-158.

SHELL (2021): https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/ oelfoerderung-wie-shell-fuer-umweltschaeden-am-niger-delta-zur- verantwortung-gezogen-wird/26979342.html?ticket=ST-5141619- MI-JVwFNAG3IW7jy51JxF-ap6.

STOLZ, M. (2010): Die verschwundenen Dörfer. Deutschland Karte. Die Zeit-Online. https://www.zeit.de/2010/11/Deutschland-karte-11?utm referrer=https%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2F

TREPEL, M. (2008): Zur Bedeutung von Mooren in der Klimadebatte. Jahresberichte des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein. 2007/08, 12:61-74.

UBA (2021): Daten und Fakten zu Braun- und Steinkohlen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/ medien/5750/publikationen/2021-03-18\_texte 28-2021\_ daten\_fakten\_braun-\_und\_steinkohle.pdf. 106 S.

UBA (2020): Flächenverbrauch für Rohstoffabbau. https://www. umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/ flaechenverbrauch-fuer-rohstoffabbau#inlandische-rohstoffentnahme (abgerufen am 20.3.2021).

# Weitere wichtige Webseiten:

https://programm.ard.de/TV/Programm/Sender/?sendung= 287246652459884

https://www.daserste.de/information/politik-weltgeschehen/ weltspiegel/sendung/nigeria-die-schattenseite -des-schwarzen-goldes-100.html

https://www.dw.com/de/verbrechen-in-nigeria-shell-vorgericht/a-47476224

https://www.zdf.de/nachrichten/wirtschaft/shell-nigeria-umweltverschmutzung-urteil-100.html

https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/binnengewaesser/ grundwasser/grundwasserrisiken-hydraulic-fracturing/ https://trademachines.de/info/sand/

#### Kontakt

Dr. José L. Lozán - JL-Lozán@t-online.de Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg Dr. Eike Rachor - eikera@icloud.com Ex.Alfred Wegener Institut - Bremerhaven Prof. i. R. Dr. Siegmar-W. Breckle Ökologie, Bielefeld - sbreckle@gmx.de

Lozán, J. L., E. Rachor & S.-W. Breckle (2021): Bergbau - Beeinträchtigung von Boden, Landschaft und Klima. In: Lozán J. L., S.-W. Breckle, H. Graßl & D. Kasang (Hrsg.). Warnsignal Klima: Boden & Landnutzung. S. 210-217. Wissenschaftliche Auswertungen in Kooperation mit GEO, Hamburg. www.warnsignal-klima.de. DOI:10.25592/warnsignal.klima.boden-landnutzung.29