



FÉDÉRATION EUROPÉENNE DES GEOLOGUES
EUROPEAN FEDERATION OF GEOLOGISTS
FEDERACIÓN EUROPEA DE GEÓLOGOS



The
Geological
Society

-serving science & profession



Geowissenschaften für die Gesellschaft

Juni 2015

Warum sind die Geowissenschaften wichtig?

Die Geowissenschaften befassen sich mit dem Aufbau und der Geschichte der Erde. Sie tragen zur Versorgung der Bevölkerung und Industrie mit Rohstoffen bei, stellen viele grundlegende Dienstleistungen zur Verfügung und fördern das Verständnis, wie wir auf unserem Planeten nachhaltiger leben können; und all dies auf der Basis von solider Ausbildung, professionellen Fähigkeiten und intensiven Forschungen.



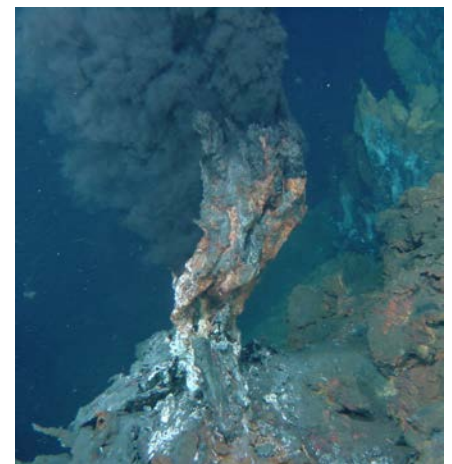
Die Erde aus Sicht der Crew von Apollo 17. ©NASA

Die Geowissenschaften (oft verkürzt „Geologie“ genannt) befassen sich mit dem Aufbau der Erde und den Prozessen, die sie in ihrer langen Geschichte geprägt haben – und dies immer noch tun. Sie helfen bei der Versorgung mit den meisten Rohstoffen, von denen Bevölkerung und Industrie abhängen: vor allem Energie, Minerale, Wasser und Nahrung. Ein großes Spektrum fundamentaler Leistungen zur Daseinsvorsorge hängt von den Geowissenschaften ab: Management der Abfälle, die wir produzieren, Expertise zum Untergrund beim Bau von Gebäuden, Straßen, Dämmen, Tunneln und anderen größeren Infrastrukturprojekten sowie die Behebung einer großen Zahl von Umweltproblemen, wie z. B. Bodenverschmutzung durch Industrieanlagen. Die Anstrengungen von Geowissenschaftlern und Geowissenschaftlerinnen, Naturgefahren und -katastrophen zu verstehen, ist grundlegend für Vorsorgemaßnahmen und zur Reduzierung von Schadenswirkungen. Die Sicherung von sauberem und verfügbarem Trinkwasser und zahlreiche Umweltdienstleistungen hängen vom Verständnis des geologischen Untergrundes und seinen zahlreichen Wechselwirkungen mit Prozessen an der Erdoberfläche ab. Die zukünftige Gewährleistung der Versorgung mit Energie beruht stark auf geowissenschaftlichen Kenntnissen und Fertigkeiten in einem weiten Kontext, von der Rohstoffgewinnung über die erneuerbaren Energien bis zur Endlagerung von gefährlichen Reststoffen und CO₂ im Untergrund. Umweltveränderungen und die Entwicklung des Lebens sind über

Hunderte von Jahrtausenden untrennbar mit einander verbunden. Dies erlaubt den Geowissenschaften, weitgehende Umweltveränderungen durch den Menschen realistisch einzuschätzen, z. B. durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern. Die Geowissenschaften können auch eine wichtige Rolle dabei spielen, Kohlenstoff-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe zu verringern und sie dahin zurückzubringen, woher sie kamen – aus dem Untergrund. Gerade erst fangen wir an zu verstehen, wie groß unser Einfluss auf die Erde ist; gleichzeitig werden die Ressourcen knapper und die Menschheit immer zahlreicher. Wir bemühen uns, endlich nachhaltiger und besonnener zu leben; dazu entwickeln die Geowissenschaften eine ganzheitlichere Sicht auf die Rohstoffnutzung, die Entstehung von Abfällen und Begleiterscheinungen sowie unsere komplexen Wechselwirkungen mit Erdoberfläche, Land, Meer, Luft und Leben, die zusammen das System Erde bilden.

Verständnis für und Bereitstellung von all diesen Ressourcen und Dienstleistungen hängen von bestens ausgebildeten Geo-Fachleuten in Hochschulen, Ämtern und Industrie ab und fußen dabei auf fundierten geowissenschaftlichen Kenntnissen, die schon in den Schulen vermittelt werden (sollten). Deutschland verfügt über eine ausgezeichnete geowissenschaftliche Forschungslandschaft, die für das Verständnis von Geo-Prozessen und zukünftigen Umweltherausforderungen unabdingbar ist. Die nachhaltige Investition in geowissenschaftliche Bildung und Forschung wird das wirtschaftliche Wachstum fördern und es Deutschland erlauben, auch weiterhin eine führende Rolle bei der Lösung von Umweltproblemen zu spielen.

Aktiver Schlot („Black Smoker“), der mineralreiches heißes Wasser ausstößt (anfänglich ~360 °C); Hydrothermalfeld Rainbow, südl. der Azoren, Wassertiefe 2.200 m, Expedition Seahma. ©FCT Portugal 2002, Bildarchiv Creminer-LARSyS



Geowissenschaften für die Wirtschaft

Die Geowissenschaften spielen eine bedeutende Rolle in vielen Bereichen der Wirtschaft. Ökonomisches Wachstum und Nachhaltigkeit sowie das Wohlergehen der Gesellschaft bedürfen der verlässlichen Versorgung mit Energie und mineralischen Rohstoffen, der zuverlässigen Bereitstellung von sauberem Wasser und der sicheren und nachhaltigen Versorgung mit Nahrungsmitteln. All dies hängt von der dauerhaften Investition in Technologie, Infrastruktur und Fortentwicklung von Bildung und Ausbildung ab.

Die Aufsuchung und Gewinnung von Bodenschätzen sind wichtig für Bruttoinlandsprodukt, Steueraufkommen und Wirtschaftswachstum in Deutschland. Die Nutzung von Rohstoffen und fossilen Energieträgern fördert den Wohlstand und trägt wesentlich zur Wirtschaftsentwicklung bei. Deutschland ist kein rohstoffarmes Land, wie oft fälschlich und leichthin kolportiert wird. Zwar ist die Gewinnung von fossilen Energieträgern in Deutschland langsam rückläufig. Doch ist Deutschland einer der größten Verbraucher dieser Rohstoffe und wird dies noch lange Zeit bleiben; neuere Fördertechniken ggf. bis hin zur möglichen Gewinnung von Schiefergas können die Abhängigkeit von Importen abmildern. Oft übersehen wird aber vor allem, dass Deutschland z. B. ein bedeutender Produzent von mineralischen Rohstoffen (spartenweise in der Weltspitze!) und sogar Netto-Exporteur von geologischen Baustoffen ist sowie weithin über große und saubere Grundwasservorräte verfügt. Beziehen wir ganz Europa ein, dann lag der Gesamtwert der an den Aktienbörsen notierten Unternehmen der rohstoffgewinnenden Industrie z. B. 2012 bei 2,3 Billionen Euro.



Frankfurter Börse.

Die sorgfältige Bewertung dieser Wirtschaftsgüter hinsichtlich Nachfrage, Versorgung und Kosten (finanziell und unter Umweltsichtspunkten) ist für effektives ökonomisches Handeln und zur Entscheidungsfindung essenziell. Die Berichte der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zu Bodenschätzen als Handelsware und ihrer Sicherung spielen bei diesen Themen von nationalem Interesse eine wichtige Rolle. Die EU hat eine Reihe von kritischen mineralischen Rohstoffen benannt, bei denen Versorgungsengpässe das Wirtschaftswachstum hemmen können. Z. B. werden die

chemischen Elemente der Seltenen Erden (SEE) immer stärker nachgefragt, da sie vermehrt in High-Tech-Geräten verwendet werden, etwa in Plasma-Bildschirmen, medizinischen Bildwiedergabegeräten und CO₂-armen

Technologien wie Windturbinen und Hybridfahrzeugen.



Probenstück eines Bänder-Eisenerzes; Krivoy Rog, Ukraine.

In Zukunft werden Rohstoffe knapp, und es werden die Auswirkungen ihrer Gewinnung und ihres Gebrauchs heftig zu spüren sein. Die wachsende Weltbevölkerung erwartet zu Recht angemessenen Wohlstand und fairen Zugang zu Ressourcen, was zunehmenden Druck insbesondere auf das schon jetzt angespannte Beziehungsgeflecht Wasser-Energie-Nahrung ausübt. Die Problematik der sicheren und nachhaltigen Versorgung mit Wasser wird durch den Klimawandel verschärft. Verstärkter Versorgungsstress wird hier zu erheblichen Rückwirkungen sowohl auf die heimische Versorgung als auch auf die Energie- und Wasser-intensiven Industrien führen (Chemie-, Metall-, Baubranche usw.).

All diese Probleme können Herausforderungen für den wirtschaftlichen Status quo sein. Aber sie stellen auch Chancen für Innovationen dar, die die zukünftige Wirtschaftsstabilität und das Wachstum fördern. Wenn nachhaltig in Infrastruktur, in Forschung und Ausbildung sowie in die Schaffung innovationsbegünstigender Bedingungen investiert wird, kann Deutschland seine führende Position in High-Tech- und Umwelt-Technologien und ihrer Anwendung halten und sogar ausbauen.

Es ist höchste Zeit für den Übergang zu kohlenstoffarmer Ökonomie. Allerdings: wir werden noch für sehr lange Zeit von fossilen Brennstoffen abhängen. Geowissenschaftliche Expertise ist an jeder Stelle des Energiekreislaufs gefragt, von der Aufsuchung von Energieressourcen über ihre sichere und verlässliche Gewinnung und Nutzung bis zur späteren Deponierung oder dem Recycling von Abfällen.

Deutschland steht einer dreifachen Herausforderung bei der zukünftigen Energieversorgung gegenüber: drastische Reduzierung der CO₂-Emissionen zur Abmilderung gefährlicher und teurer Klimaveränderungen, Gewährleistung der Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit der Energie für Industrie und Verbraucher.

Fossile Energieträger

Fossile Brennstoffe werden zumindest in den nächsten Jahrzehnten auch in Deutschland als Teil des Energiemixes wichtig bleiben. Zwar sind die eigenen (momentan technisch verfügbaren) Reserven an Erdöl und Erdgas im Verhältnis zum derzeitigen Verbrauch im Land bescheiden, aber die Weiterentwicklung von Gewinnungstechniken für (potenzielle) Onshore- und Offshore-Ressourcen am Technologie-Standort Deutschland hängt auch vom geowissenschaftlichen Knowhow ab. Deutschland kann seine Abhängigkeit von Importen verringern und auch Arbeitsplätze sichern und neue generieren, wenn es die Chancen der Nutzung auch „unkonventioneller“ Vorkommen – stets nach den hohen deutschen Umweltstandards (!) – im eigenen Land wahrnimmt. Gas aus klassischen, großporigen Speichergesteinen, die aber oft nur eine geringe Durchlässigkeit aufweisen, dazu Schiefergas, Schieferöl und Kohleflözgas haben durchaus das Potenzial, einen wesentlichen Beitrag zum Energiemix zu leisten – wenn wir uns dazu entschließen, sie (möglichst umweltverträglich!) zu fördern. Wenn wir dies unterlassen, bleiben wir vermehrt importabhängig, politisch gefährdet und riskieren unsere Energiesicherheit.



Schwach- und mittelradioaktiver Abfall; Endlager Olkiluoto, Finnland. @SKB

Schiefergas

Kohlenwasserstoffe (Erdöl und Erdgas) sind vor Jahrmillionen aus organischer Substanz in Schichten von Sedimentgesteinen entstanden, die später erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur ausgesetzt waren. In „konventionellen“ Lagerstätten sind Öl und Gas aus dem Muttergestein in ein großporiges Speichergestein abgewandert und dort durch undurchlässige Abdeckgesteine eingeschlossen geblieben. Wenn Gas dagegen in Mikroporen des Muttergesteins verbleibt und dort gefangen bleibt, kann es mit herkömmlichen, konventionellen Techniken nicht gewonnen werden (weshalb solche Lagerstätten „unkonventionell“ genannt werden).

Seit einiger Zeit kann nun mit ähnlicher, weiterentwickelter Technik auch Gas aus ansonsten undurchlässigen Muttergesteinen gewonnen werden, durch horizontales Bohren (was auch mit weit weniger Bohrplätzen auskommt) und hydraulisches Aufbrechen des Gesteins („Fracking“), wobei dem Wasser noch Sand und wenige Prozent stabilisierender Chemikalien beigegeben werden (die häufig seit langem z. B. in Drogerieartikeln gängig sind) und so das Gas leichter strömen lassen. Geowissenschaftliche Expertise ist fundamental, um entsprechende Lagerstätten zu lokalisieren und vor allem auch, um mögliche Risiken durch die Förderung zu verstehen und handhaben zu können (künstliche Beben, Grundwasserkontamination), falls Bohrungen fehlerhaft ausgeführt werden.

CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS)

So oder so werden fossile Brennstoffe auch in der Zukunft zumindest noch eine Zeitlang unverzichtbar bleiben. Es muss deshalb schnell gehandelt werden, um klimaschädliche Auswirkungen durch CO₂-Freisetzung zu minimieren. CCS kann wesentlich dazu beitragen, indem das CO₂-Gas bei Verbrennungsprozessen abgeschieden und in flüssiger Form sicher im Untergrund gespeichert wird – falls diese Methode in ausreichendem Maß zur Anwendung kommt. Geowissenschaftliche Voruntersuchungen haben bereits stattgefunden, um auch in Deutschland mögliche Lokationen und die notwendige Technik zu identifizieren. Zukünftig kommen z. B. ausgegaste ehemalige Gasspeichergesteine in Frage, wobei man die bereits vorhandenen geologischen Kenntnisse und ggf. noch existente Infrastruktur nutzen könnte. Die Geowissenschaften werden auch Schlüssel dazu sein, die Langzeiteinlagerung zu überwachen, z. B. hinsichtlich möglicher Leckagen und Verformungen des Untergrunds. Noch mehr Forschung ist hier vonnöten.

Weitere Energiequellen

Die erneuerbaren Energien werden auf dem Weg zu einer kohlenstoffärmeren Wirtschaft eine große Rolle im Energiemix spielen; in Deutschland stimmen Politik und Bevölkerung darin überein.

Ein sehr gutes Verständnis der umgebenden und unterlagernden Geologie ist in vielen Fällen auch bei der Positionierung und Errichtung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie notwendig: insbesondere bei Windparks, Dämmen sowie Geothermieeinrichtungen. Auch wenn im Untergrund Kavernen zur Speicherung von Gas, Wasserstoff oder Pressluft – z. T. erzeugt mit „grüner“ Energie („Green power to gas“) - geplant und gebaut werden, müssen die Geowissenschaften gefragt werden.

Viele Rohstoffe, die in der Technologie der erneuerbaren Energien benötigt werden (z. B. bei Windrädern, Hybridmotoren, Solarpanelen), sind kritische Minerale bzw. Seltene-Erden-Elemente (SEE); immer wird geowissenschaftliches Knowhow und Geschick gebraucht, um diese Stoffe aufzusuchen und sicher zu gewinnen.

Radioaktive Erze, hauptsächlich zur Uran-Gewinnung, müssen weiterhin zur Verfügung stehen – und dazu zunächst mit geowissenschaftlicher Hilfe gefunden werden. Völlig klar ist, dass bei der Suche und Eignungsbewertung von Standorten für radioaktive Abfälle die Geowissenschaften fundamental gefragt sind – auch wenn letzten Endes die Entscheidungen auf politischer Ebene getroffen werden. Auf jeden Fall werden weltweit sichere Endlager benötigt, die auf sehr lange Zeit sicher bleiben, selbst wenn die Atomkraftwerke längst abgeschaltet sind. Ohne Geowissenschaften geht das nicht.

Geothermische Energie

Die Nutzung geothermischer Energie ist auch in Deutschland seit langem üblich, bislang allerdings fast ausschließlich aus geringen Tiefen mit relativ niedrigen Temperaturen, zum Heizen und zur Warmwassererzeugung (Wärmepumpen). Mehr als 10 % CO₂ kann schon jetzt so eingespart werden. Wenn aber elektrischer Strom wirtschaftlich erzeugt werden soll, muss es um wesentlich höhere Temperaturen gehen, die in Deutschland erst in größeren Tiefen verfügbar sind. Das macht entsprechende Verfahren und Anlagen teuer; und etliche technische Herausforderungen stehen an: z. B. beim Umgang mit dem in großer Tiefe nicht nur sehr heißen, sondern auch salzreichen Formationswasser. Die Havarie einer Erdwärmebohrung in Staufen/Breisgau (undichte Bohrung führte zu Grundwasserzutritt in aufquellendes Sulfatgestein) hat einmal mehr gezeigt, dass sehr viele Eingriffe in den geologischen Untergrund der geowissenschaftlichen Expertise bedürfen.

Geologische Endlagerung

Geologische Endlagerung beinhaltet die Isolation von gefährlichen Reststoffen in unterirdischen Deponien. Dies muss in dafür geeigneten Gesteinsformationen erfolgen, typischerweise in Tiefen von 200 bis 1.000 m, so dass keine gefährlichen Mengen von Radioaktivität die Erdoberfläche erreichen können, auch nicht über das Grundwasser. Dabei kommt stets ein Mehr-Barrieren-System zum Einsatz, mit ummantelten Abfall-Containern, die in gebaute und später verfüllte Tunnel oder Kavernen eingelagert werden; die umgebenden Gesteine stellen eine zusätzliche geologische Barriere dar. Die Radionuklide sollen so für viele Jahrzehntausende eingeschlossen bleiben. Drei Gesteinstypen kommen hauptsächlich in Frage: Tonstein, Salzgestein und – wenn auch nicht bei uns - Granit, die ihre jeweiligen Eigenheiten, d. h. Vor- und Nachteile haben. Zwar wird bei der Standortsuche für Endlager die Akzeptanz seitens der Bevölkerung letztlich mitentscheidend sein. Doch vorher ist geowissenschaftliche Expertise zur Beantwortung zahlreicher Fragen unabdingbar.



Windpark auf der Thornton-Bank, Belgien. ©Deme-Group

Die sichere Versorgung mit hochwertigem Wasser ist Grundlage für die Gesundheit und das Wohlergehen der Menschen. Geowissenschaftler und Geowissenschaftlerinnen tragen wesentlich dazu bei, dieses Grundbedürfnis zu befriedigen, in Europa und weltweit. Dabei nutzen sie ihr Verständnis für unterirdische Wasserbewegungen und das Verhalten der Grundwasserleiter sowie für das Erkennen und die Reduzierung von Wasserverschmutzungen.

Wassersicherheit

Süßwasservorkommen wie Flüsse und Seen sind Teile eines weit umfassenderen Wassersystems mit Kreisläufen, das auch Grundwasser, Meerwasser, Wasser in der Erdatmosphäre und in Form von Eis beinhaltet.

Fast drei Viertel des jährlich in der EU gewonnenen Trink- und Brauchwassers stammen aus Grund- und Quellwasser. Es ist eine sehr große, aber empfindliche Ressource, die sorgfältigen Umgang verlangt. Das übrige verbrauchte Wasser stammt aus Flüssen und ihrem Uferfiltrat sowie Seen und Talsperren.

Wasser "adern" gibt es nicht. Denn Grundwasser sammelt sich immer in porösen Locker- und Festgesteinen als raumerfüllende Wasserkörper mit definierter Oberfläche (Grundwasserspiegel, sichtbar in Brunnen), meist in unterschiedlichen Stockwerken. Seine Höhe oder Tiefe im Untergrund variiert mit den lokalen Niederschlagsmengen, der Infiltrationsrate des Regenwassers und der Entnahmemenge. Durch langsamen Zustrom füllen sich die Grundwasserspeicher zwar immer wieder, doch lokal kann das so langsam erfolgen, dass dann das Grundwasser praktisch zu einer nicht-erneuerbaren Ressource wird.

Was ist Grundwasser?

Grundwasser ist Regen- und Oberflächenwasser, das nach unten in den geologischen Untergrund infiltriert, und zwar bis unterhalb des Grundwasserspiegels, wo es sich in porösen Gesteinen zusammenhängend sammelt. Dieses Wasser befindet sich in der „gesättigten Zone“. Es fließt sehr langsam durch den Untergrund, bis es eine Austrittsstelle erreicht: eine Quelle, einen Fluss oder das Meer.

Geologische Gesteinsformationen, die gewinnbares Grundwasser führen, nennt man Aquifere (Grundwasserleiter). Sie sind eine extrem wichtige Quelle des Trinkwassers in Deutschland und aller Welt. Leider ist nicht alles Wasser in Aquiferen trinkbar – es kann versalzen sein, vor allem in Küstennähe und in großer Tiefe. Die Porosität und Durchlässigkeit eines Gesteins entscheiden darüber, ob und wieviel Wasser es speichern kann und wie dessen Fließfähigkeit ist, d. h. wie gut der Aquifer ist.

Wasserqualität und Wasserkreislauf

Wasser kann von Natur aus verunreinigt sein; doch das Risiko menschengemachter Kontamination ist größer. Ein Großteil der möglichen Verunreinigungen stammt aus diffusen Quellen wie z. B. aus Dünger und Pestiziden von landwirtschaftlich genutzten Flächen. Regen, der auf solches Land fällt, nimmt Schmutzstoffe von der Erdoberfläche und aus dem Boden auf und spült es infiltrierend in unterlagernde Grundwasserleiter. Auch gibt es viele Punktquellen solcher Verunreinigungen, z. B. Lecks bei chemischen oder industriellen Anlagen, Abwassersystemen oder Abfalldeponien.

Verunreinigungen können sich langsam vergrößern und sehr lange Verweilzeiten aufweisen, da die Fließbewegungen des Grundwassers sehr langsam und seine Filterwirkungen begrenzt sind. Sanierungen sind häufig sehr aufwändig und teuer, sowohl finanziell als auch im Energieverbrauch. Um solche Kosten zu minimieren und wieder sauberes Wasser zu erhalten, ist geowissenschaftliches Verständnis vom Aufbau des Untergrundes, Verhalten des Grundwassers und der geochemischen Prozesse und Kreisläufe der Verschmutzungstoffe gefragt.



Der Wasserkreislauf. ©USGS

Die Wasser-Energie-Verknüpfung

Auch der Energiesektor benötigt große Wassermengen für viele seiner zentralen Prozesse. Schätzungsweise 35 % des weltweit verbrauchten Wassers gehen in Gewinnung von Energieträgern, Brennstofftransport, Energieumwandlung und Kraftwerke. Bis 2050 wird sich der Wasserverbrauch bei der Stromerzeugung wohl verdoppeln. Der derzeitige Trend zur Diversifizierung der Energieerzeugung (inkl. alternative Verfahren) wird den vermehrten Einsatz Wasser-intensiver Prozesse mit sich bringen. Die sehr umweltschädliche Gewinnung von Öl aus Ölsanden verbraucht 20 Mal mehr Wasser als zur Gewinnung durch konventionelle Verfahren nötig ist – doch die Energieerzeugung aus Biomasse benötigt wegen der Bewässerung Tausende von Mal mehr Wasser als bei der Erzeugung aus fossilen Energieträgern eingesetzt wird.

Gleichzeitig wird Energie zur Gewinnung und Verteilung von sauberem Wasser benötigt. Es wird an jeder Stelle der Versorgungskette eingesetzt: vom Pumpen des Grundwassers über die Behandlung von Oberflächenwasser und den Leitungstransport bis hin zum heimischen Heizen. Energie muss für die Behandlung von Wasser verstärkt eingesetzt werden, wenn Technologien zur Aufbereitung und Reinhaltung intensiviert werden müssen; nicht nur z. B. zur Entsalzung von Wasser, sondern bei uns auch zur Verringerung von Gehalten an Nitrat, Sulfat, Karbonat und Pharmazeutika. Wasserwerke verzeichnen in den letzten Jahrzehnten deutliche Anstiege ihrer Kosten durch vermehrten Stromverbrauch u. a. infolge fortgeschrittener Aufbereitungsverfahren; und in den nächsten 15 Jahren könnten sich die Kosten hierfür nochmals verdoppeln.

Wasserversorgung und Bodennutzung

Anders als andere Länder in Europa hat Deutschland auch in absehbarer Zeit kein Problem mit der Menge des zur Verfügung stehenden Trink-, Brauch- und Industrierwassers, trotz des Klimawandels. Allerdings: Wasser ist zwar ausreichend verfügbar, doch mit der Wasserqualität gibt es vermehrt Probleme. Dies betrifft vor allem Regionen mit großen landwirtschaftlich genutzten Flächen, die mit stickstoffhaltigen Stoffen gedüngt werden (Nitrat-Problematik). Überschüssiges Nitrat gelangt in die Grundwasserspeicher, wo es eine Zeitlang durch natürliche chemische Pufferung abgebaut werden kann. Doch diese Puffer verbrauchen sich, erholen sich aber kaum, was schon jetzt lokal zu einer dauerhaften Nitratkontamination und in der Folge zu Brunnenschließungen und Trinkwasserknappheit führt.

Geowissenschaftliche Expertise

Das Verständnis der regionalen und lokalen hydrogeologischen Situationen und Umweltbedingungen ist essenziell für die Gewährleistung der Wasserversorgung und -qualität. Hydrogeologen und -geochemiker untersuchen und kartieren den Untergrund, um die Bewegungen und chemischen Veränderungen des Grundwassers zu verstehen, zu modellieren und die Grundwasserressourcen zu charakterisieren. Saisonales und langfristiges Monitoring des Grundwassers kann helfen, auch in Zukunft die Versorgung mit ausreichend sauberem Grundwasser zu gewährleisten. Diese Informationen werden dann genutzt, um strategische Pläne zur Versorgungssicherheit zu entwickeln.



Abwasserbehandlungssystem und Kölnbrein-Sperre und Pumpspeicher-Kraftwerk; Kärnten, Österreich.

Mineralische Rohstoffe

Die moderne Industrie, Technologie und Verbrauchsgüter verlangen den Einsatz eines enormen Spektrums von Mineralen, sowohl von häufigen wie von seltenen. Ihre Gewinnung und der Handel spielen eine große Rolle in der Wirtschaft. Da weltweit Bevölkerung und Nachfrage nach Ressourcen wachsen, werden innovative Technologien benötigt, um Minerale aufzusuchen, zu gewinnen und sie immer effizienter zu nutzen. Dies gilt in steigendem Maße auch für Sekundärrohstoffe, d. h. Recyclingverfahren.

Ressourcen

Die Rohstoffindustrie erschließt eine große Bandbreite von Mineralressourcen. Diese umfasst: Baurohstoffe wie Kalk, Kies und Sand, geschnittene und zerkleinerte Festgesteine, Phosphat und Kali für Dünger, viele Industriemineralien mit speziellen Eigenschaften (z. B. Flussspat für die Optik, Schwerspat für Bohrspülungen bis hin zu Zeolith für – Katzenstreu) sowie Minerale, aus denen Metalle aller Art gewonnen werden.

Einige Minerale kommen in der Natur recht häufig vor und werden in großen Mengen abgebaut und verbraucht, z. B. die Baurohstoffe und einige Metalle wie Eisen, Kupfer, Nickel und Aluminium. Andere werden zwar in weit geringeren Mengen benötigt, doch durchaus in solchem Umfang, dass die steigende Nachfrage kaum gedeckt werden kann. Bei einigen wirtschaftlich oder strategisch wichtigen Mineralen besteht das Risiko, dass kurz- bis mittelfristig die Nachfrage nicht gedeckt werden kann; dies hat häufig mehr mit Faktoren des Marktes und der Politik zu tun als mit begrenzten geologischen Ressourcen. Dies sind die sogenannten „kritischen“ Rohstoffe. Zwar gibt es dazu keine offizielle Liste, aber die EU hat 14 solcher kritischer Minerale benannt. Es handelt sich um zwei Gruppen von Metallen: die Seltenen-Erden-Elemente (SEE) und die Platin-Gruppen-Elemente (PGE). Auch bereitet die zukünftige Versorgung mit Phosphat und Kali Sorgen, die in großer Menge für die Herstellung von Düngemitteln gebraucht werden.



Seltene-Erden-Elemente (SEE)

Die SEE sind eine Gruppe von 17 chemischen Elementen: die 15 Lanthaniden mit den Atomzahlen 57 bis 71 sowie Yttrium und Scandium. Ihr Einsatz in High-Tech-Geräten wie Plasmabildschirmen, medizinischer Bildtechnik und kohlenstoffarmen Technologien wie Windrädern und Hybridmotoren hat in den letzten zehn Jahren die Nachfrage mehr als verdoppelt; und dieser Trend setzt sich fort. Die EU hat im Jahr 2010 in einer Studie 14 kritische Minerale identifiziert. Derzeit dominiert China die globale SEE-Produktion, und auch meisten übrigen größeren Lagerstätten liegen außerhalb Europas – vor allem in den GUS-Staaten, USA und Australien.

Die geologische Knappheit ist wohl kein grundsätzliches Problem, und die beständig steigenden Preise und die weltweiten Sorgen um Versorgungsengpässe haben bereits zu Anstrengungen geführt, auch außerhalb Chinas große Bergbauprojekte zu beginnen. Doch die technischen, finanziellen, umweltbezogenen und regulatorischen Herausforderungen, die noch zu meistern sind, machen die Einrichtung neuer Minen zu einem langen und teuren Prozess. Dies kann dazu führen, dass in den nächsten Jahren die Nachfrage größer als das Angebot wird und könnte auch die Entwicklung und Implementierung kohlenstoffarmer Technologien einschränken, die auf SEE angewiesen sind.

Tagebau von Aitik, bei der Stadt Gällivare, Nord-Schweden. Es ist Schwedens größte Kupfermine und der effizienteste Kupfertagebau der Welt.
©Boliden

Mineralische Rohstoffe

Die europäisch Rohstoff-Wirtschaft

Rohstoffgewinnung über und unter Tage hat in der Industrieentwicklung und für das Wirtschaftswachstum Deutschlands eine Hauptrolle gespielt, inkl. der dazugehörigen Technologie. Erze werden bei uns aber aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr in größeren Mengen abgebaut, ebensowenig in den meisten europäischen Ländern, wohl aber große Mengen von Baurohstoffen und Industriemineralen sowie Salzen. Allerdings gibt es z. B. in Sachsen und im Oberharz seit einigen Jahren wieder Prospektions- und erste Erschließungsarbeiten (u. a. für Kupfer), stimuliert von den steigenden Weltmarktpreisen. Z. B. hat in Devon/Südwest-England 2014 der Betrieb einer Wolfram-Mine wieder begonnen, Polen ist ein wichtiger Silber- und Kupfer-Produzent geblieben, und Norwegen ist ein bedeutender Titan-Erzeuger.



Tagebau Pálháza, Nord-Ungarn. ©Perlit-92 Kft

Nur sehr kleine Mengen kritischer Minerale, die in Deutschland benötigt werden, stammen aus der EU. Die Produktion etlicher spezifischer Minerale wird von nur einem oder zwei Ländern kontrolliert (z. B. bei Kobalts von der Demokratischen Republik Kongo). Dies kann die Versorgungssicherheit Deutschlands und der EU gefährden. Insgesamt sind China, Russland, Australien und die USA die bedeutendsten Produzenten von Mineralen, beim Eisen z. B. kommen noch Brasilien und Schweden hinzu.

Deutschland hat sich bis heute in Hochschulen und Industrie weltweit ein großes Ansehen in der Erforschung und Exploration von Minerallagerstätten bewahrt und ist an der globalen Suche nach neuen wirtschaftlich interessanten Lagerstätten und der Bewertung bekannter Bodenschätze beteiligt. Auch der Meeresboden wird wieder von manchen als potenziell interessant für die Gewinnung von Metallen angesehen, von denen einige zu den „kritischen“ zählen. Die innovative Forschung schaut inzwischen auf den gesamten Rohstoff-Kreislauf, was z. B. auch die Gewinnung von Metallen aus industriellen Abfällen umfasst; dazu gehört etwa die Aufbereitung von historischen Halden und Schlammteichablagerungen, woraus früher vernachlässigte Metalle extrahiert werden können. Verfahrenstechnik und Produktdesign können verbessert werden, um den Kreislauf durch Recycling und Prozessverluste zu minimieren (d. h. statt „von der Wiege bis zur Bahre“ zukünftig „von der Wiege wieder zur Wiege“). Auch Energieeffizienz und die Verringerung von Umweltschäden durch Ressourcennutzung befördern diesbezügliche Forschungen.

Nahrung für die wachsende Weltbevölkerung

Ohne Geologie gäbe es keine Landwirtschaft. Der Pflanzenanbau hängt von der guten Qualität des Ackerbodens ab (der aus verwittertem Gestein, organischer Substanz, Wasser und Luft besteht); dort können die Pflanzen wachsen. Sie brauchen auch geologische Nährstoffe, z. B. Mineralstoffe, die sie dem Boden entnehmen. Das globale Bevölkerungswachstum setzt die Nahrungsmittelproduktion unter Druck. Die Versorgung mit Dünger-Phosphat und -Kali kommt unter noch größeren Druck, da sich die Spannung zwischen Nahrung, Energie und Wasser-Sicherheit sowie dem Klimawandel vergrößert.

Der global große Bedarf an Düngemitteln hat zu großer Nachfrage geführt und zu beträchtlicher Besorgnis über die zukünftig sichere Versorgung mit Phosphat und Kali. Nur wenige Länder beliefern den Weltmarkt mit Phosphat, hauptsächlich China. Aber – anders als beim Kali – zieht die ständige Verwendung von Phosphor Umweltschäden nach sich, weil Phosphat vom Regen in die Gewässer ausgewaschen wird und dort Eutrophierung zur Folge hat.



Landwirtschaft in der Provinz La Rioja, Nordost-Spanien.

Bauen für die Zukunft

Verständnis vom geologischen Untergrund und davon, wie Bauwerke, Infrastruktur und Menschen mit ihrer geologischen Umwelt interagieren, ist im wahrsten Sinne des Wortes fundamental zur Gewährleistung der Sicherheit und des Wohlergehens der Bevölkerung. Es schafft wirtschaftliche Werte und hilft, Herausforderungen für unser tägliches Leben zu begegnen, die der Klimawandel mit sich bringt.

Die gebaute Umwelt

Die Ingenieurgeologie wendet geologische Prinzipien und Spezialkenntnisse im Rahmen der Geotechnik zusammen mit einschlägigen Ingenieurdisziplinen in einer großen Palette von Kontexten an. Das Baugewerbe beschäftigt eine große Zahl von Ingenieurgeologen, dazu Hydrogeologen, Umweltgeologen und andere, um die Beschaffenheit des Baugrundes in seinem geologischen Umfeld zu verstehen. Dabei ist es vor allem wichtig zu erkennen, welche Wechselwirkungen diese Rahmenbedingungen mit den Bauwerken haben können, den Gebäuden, Straßen, Bahnlinien, Dämmen, Tunneln, Pipelines und Leitungen aller Art. Ein wichtiger Aspekt sind dabei stets auch mögliche Einwirkungen durch Umweltveränderungen, die Sanierung von Umweltschäden und das Bewerten und Managen von Georisiken wie von Erdbeben über Rutschungen bis hin zu Quellungsproblemen infolge toniger Substrate.

Das Unterschätzen der Bedeutung solcher Arbeiten oder ihre unsachgemäße Ausführung ziehen in der Folge – vor allem bei

größeren Bauprojekten – leider immer wieder erhebliche Kostensteigerungen und Bauzeitüberschreitungen nach sich. Das Bewusstsein für und Erkennen von möglichen Problemen mit dem Baugrund und geologischen Bauraum sind unverzichtbar, um einerseits Gesundheit und Sicherheit der Bevölkerung zu gewährleisten und andererseits auch die Qualität der Bauausführung und seine Nutzungseignung sicherzustellen. Hohe professionelle Standards müssen von Geo-Fachleuten, Ingenieuren und allen Beteiligten stets garantiert werden, zum Nutzen der Bevölkerung. Denn geotechnische Risiken können alle gefährden, die beim Bauen involviert sind: Kunden (letztlich häufig öffentliche Auftraggeber), Planer, Konstrukteure und die Allgemeinheit.

Darüber hinaus spielen die Geowissenschaften auch eine wichtige Rolle bei der Fortentwicklung der Infrastruktur, wenn es um umweltverträglicheres, ressourcenschonenderes Wirtschaften geht, z. B. bei der Standortbestimmung für moderne Kraftwerke und Windenergieanlagen sowie bei der Abschätzung seismischer Risiken an Standorten besonders empfindlicher oder potenziell gefährlicher Anlagen.

Die Bedeutung der nationalen Geologischen Dienste

Ausgehend von Großbritannien, wo 1815 die erste geologische Landeskarte der Welt veröffentlicht wurde, wurden in den meisten Ländern der Welt staatliche Geologische Dienste als hoheitliche Behörden eingerichtet. In Deutschland sind das die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, www.bgr.bund) und die Geologischen Dienste der Bundesländer (heute meist mit Landesumweltbehörden zusammengeführt). Da die Anforderungen an die Kenntnisse über den geologischen Untergrund immer mehr zunehmen, ist die geologische Landesaufnahme eine der Kernaufgaben.

Diese geht auf die systematische geologische Kartierung seit dem 19. Jahrhundert zurück; in unterschiedlichen Maßstäben ist das gesamte Staatsgebiet flächig erfasst, dabei bilden die ca. 1.500 Einzelkarten des Werks „Geologische Karte 1:25:000“ den Kern (viele digital verfügbar) und machen Deutschland zu einem der geologisch am detailliertesten kartierten Länder der Welt. Sie sind ein Informationsarchiv von unschätzbarem Wert für lokale und regionale, territoriale Planungen aller Art. Das Portal OneGeologyEurope repräsentiert 20 nationale Geologische Dienste sowie ihren Dachverband EuroGeoSurveys und ist Teil der weltumspannenden OneGeology-Initiative. Die mehrsprachige Online-Plattform kann mit nur einer Lizenz genutzt werden: das 1:1.000.000-Kartenwerk ist fast komplett, und an einem 1:250.000-Kartenwerk wird gearbeitet. Dies sind auch Beiträge zur umfassenden INSPIRE-Direktive der EU, die räumliche Umweltdaten aller Art erfasst und zugänglich macht.

Diese Datenarchive sind von großem praktischen Wert für Planer, Behörden, Industrie und alle, die auf exakte Kenntnisse über den Untergrund angewiesen sind. Z. B. nutzen Hydrogeologen, Geotechniker und andere solche geologischen Flächen- und Raumdaten ausgiebig, um Grundwassersysteme zu modellieren, damit die Versorgung mit sauberem Trinkwasser gewährleistet ist, Hochwässer besser beherrschbar werden und Abfalldeponien aller Art sicher angelegt werden können.



Bauen für die Zukunft

Geologie in der Stadt – Bauen für die Städte von morgen

Immer mehr Menschen leben in großen bis extrem großen und komplexen Städten. Die Mitarbeit von Geowissenschaftlern am Management der vielfältigen und oft konkurrierenden Nutzungen der Oberfläche und des Untergrundes wird in jedem Fall vermehrt wichtig sein, insbesondere wenn die Städte der Zukunft nachhaltiger sein sollen.



Baustelle des Crossrail-Bahnverkehrsprojektes an der Station Tottenham Court Road; London.

Raum ist wertvoll und teuer, und der Untergrund wird für Transport, Bauvorhaben, Versorgung und diverse Dienste genutzt. Die Versorgung mit Energie und Wasser und die Abfallentsorgung sind für große Städte besondere Herausforderungen – aber auch Chancen für Innovationen. Die gebaute Umwelt muss so gestaltet werden, dass die Energieeffizienz maximiert wird, und die Auswirkungen der Städte als „Wärmeinseln“ sind zu managen (und zu nutzen). Große Projekte der Transportinfrastruktur im Untergrund, wie U-Bahnen und Teile der S-Bahnen (aber auch Bahnhöfe u. ä.), sind technisch anspruchsvoll und bedürfen der Kenntnisse und Fertigkeiten einer Vielzahl von Ingenieuren und Wissenschaftlern inkl. Hydro- und Ingenieurgeologen. In dem Maße, in dem die Komplexität des Untergrundes besser verstanden wird und neue Technologien zum Einsatz kommen, wird es vielleicht sogar möglich (und nötig) sein, geologische Rohstoffe und Grundwasser in städtischen Arealen zu gewinnen – als ein Teil des sogenannten „Urban Mining“.

Umweltpolitik wird z. T. vom Ansatz der „Umwelt als Dienstleister“ (vgl. S. 13) bestimmt, nicht nur z. B. in Großbritannien. Es ist auch wichtig, daran zu erinnern, dass unsere Umwelt und die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Natur nicht nur auf ländliche Räume beschränkt sind. Der geologische Untergrund und allgemein die unbelebte Natur sind, sowohl in ländlichen als auch in städtischen Räumen, von ausschlaggebender Bedeutung.

Nutzung des Untergrundes

Geowissenschaftler und Geowissenschaftlerinnen sind an einem großen Spektrum von Nutzungen des Untergrundes beteiligt, so wie hier in dieser Info-Broschüre dargelegt. Diese Nutzungen umfassen die Gewinnung von Energie, Wasser und Mineralrohstoffen, das Potenzial des Porenraums von Gesteinen und künstlicher Hohlräume zur Speicherung von Gasen und Fluiden aller Art, die Deponierung von nicht-recyclebaren Abfällen und als Bauraum für Gebäudegründungen, Transportinfrastruktur und Leitungssystemen.

Wenn wir der Geosphäre als Teil unserer Umwelt immer mehr „Dienstleistungen“ für uns Menschen abverlangen, müssen wir diese sorgfältig planen. An jeden Teil des Untergrundes können unter Umständen verschiedene Nutzungsansprüche gestellt werden, in Konkurrenz oder nacheinander. Es mag zu Wettbewerb um den Untergrund kommen, für Ansprüche, die nicht miteinander kompatibel sind. Die Geowissenschaften können dabei wertvollen Rat geben; doch werden die Entscheidungen über die Nutzung unserer Geosphäre letztlich in der Politik und Wirtschaft getroffen.



Der Glacier-Express auf dem Landwasser-Viadukt, Schweiz.

Die jahrhundertlange industrielle und Siedlungsentwicklung in Europa hat bei Land, Wasser und Atmosphäre ihre Spuren hinterlassen. Verunreinigungen können sich ausbreiten und die im permanenten Austausch stehende Geosphäre, Atmosphäre und Hydrosphäre beeinflussen.

Die Qualität von Boden und Wasser

In Europa wurden in der Vergangenheit große Gebiete durch industrielle Tätigkeiten verunreinigt. Solche Altstandorte für Folgenutzungen herzurichten, erfordert Untersuchungsprogramme und Sanierungsmaßnahmen. Altstandorte können auf freiwilliger Basis von den Besitzern wieder nutzbar gemacht werden oder, was für die meisten der schwer verunreinigten Flächen gilt, durch gesetzliche Vorgaben.

Sanierungsmaßnahmen müssen künftige Umweltveränderungen berücksichtigen. In-situ-Sanierungsverfahren wie permeable reaktive Barrieren oder die Einkapselung von Kontaminationen können ihre Wirksamkeit verlieren, wenn verstärkte Erosion, Dürren oder Überschwemmungen zur Freisetzung von Schadstoffen führen.

Die Qualität von Boden und Wasser ist für eine sichere und dauerhafte Versorgung mit Nahrungsmitteln von großer Bedeutung. Der Boden wirkt darüber hinaus als wichtiger Speicher von atmosphärischem Kohlenstoff und trägt die Zeugnisse früherer und aktueller Klimaveränderungen in sich, wodurch er zu einem wichtigen Forschungsgegenstand für das Verständnis dieser Veränderungen geworden ist. Der Schutz und die Verbesserung der Flusssysteme, der Ozeane und des Trinkwassers hängen von der Kenntnis des Verhaltens und der gegenseitigen Beeinflussung von Wasser, Boden, Gestein und der Atmosphäre sowohl an der Oberfläche als auch im Untergrund ab.



Sanierung belasteter Böden im Hafen von Antwerpen, Belgien.
©Deme-Group

Sanierung von Grundwasser

Die geologischen Verhältnisse haben den größten Einfluss auf die Qualität von Grund- und Oberflächenwässern. Eine Sanierung von kontaminiertem Grundwasser kann auf vielfältige Weise erfolgen, einschließlich physischer Barrieren, chemischer Sanierungsverfahren und - für gewöhnlich die wirtschaftlichsten Verfahren - des Abbaus von Verunreinigungen auf natürlichem Wege. Bauliche Sanierungsansätze hängen von den Baugrundverhältnissen ab; der Einsatz absorbierender oder oxidierender Materialien erfordert die Kenntnis der Gesteins- und Wassergeochemie. Die Anwendung natürlicher Verfahren macht sich vorhandene physikalische, chemische und biologische Prozesse zu Nutze, um Verunreinigungen zu beheben, wenn sie in wässriger Lösung durch den Untergrund wandern. Ihre Anwendungsmöglichkeiten hängen von der Hydrogeologie und den chemischen Verhältnissen im Untergrund ab.

Um eine möglichst hohe Effizienz von Sanierungsarbeiten zu erreichen, bedarf es guter Kenntnisse der geologischen Verhältnisse; dies ist gleichzeitig eine Voraussetzung, um Zeit und Geld bei den baulichen Maßnahmen zu sparen.

Das industrielle Vermächtnis und seine Auswirkungen auf die Flächenbeschaffenheit

Sanierungsmaßnahmen und die Handhabung kontaminierter Flächen können aufwändig und teuer sein, besonders wenn es sich um wilde Ablagerungen und giftige Stoffe handelt. Geochemische Untersuchungen zeigen die Komplexität industrieller Bodenverunreinigungen, helfen aber auch, bessere Techniken zu entwickeln, den Verunreinigungen zu begegnen. Eine nachhaltige Sanierung kontaminierter Flächen in Europa erfordert innovative Ansätze auf Ingenieur- wie auf Managementseite zur sicheren Lagerung kontaminierter Materialien, fußend auf guten Kenntnissen des geologischen Untergrundes.



Beseitigung chemischer Abfälle; Wakefield, England.

Der Wert der Umwelt und ihr Schutz

Im Dienste der Umwelt stehende Politik und Unternehmensführung beruhen auf einer ganzheitlichen Betrachtung des Ökosystems und der Umweltbelange. Die Bedeutung der Geologie und der Geosphäre beim Umweltschutz und der Raumplanung wird allzu leicht übersehen. Dabei ist gerade die Geologie verantwortlich für die Beschaffenheit der Erdoberfläche, da sie im Austausch mit Atmosphäre und Hydrosphäre steht und entscheidenden Einfluss auf die Lebewelt hat.

Das Geosystem im Dienste des Menschen

Eine große Spannbreite von Nutzungsansprüchen an das Ökosystem hängt von der Geosphäre ab. Man kann von „Leistungen des Ökosystems“ sprechen, und wir erzielen dadurch gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen. Dazu gehören:

- lebenswichtige **Versorgungsleistungen**, wie die Versorgung mit Energie, Wasser und Mineralstoffen sowie der Boden an sich, auf dem und in dem unsere Städte und die komplette Infrastruktur errichtet sind;
- **Aufnahmefunktionen**, wie die potenzielle Speicherung radioaktiver Abfälle und von CO₂ sowie die natürliche Pufferfunktion, wenn sich CO₂ aus der Atmosphäre im Boden niederschlägt;
- **zusätzliche Funktionen**, die das Ökosystem unterstützen wie z. B. geochemische Kreisläufe oder die Auswirkungen der Geomorphologie auf die Bildung der verschiedenen Lebensräume und deren für die Biodiversität wesentlichen Austausch untereinander;
- Nutzungsrechte und Erholungsfunktionen von Landschaften sowie weitere **kulturelle Funktionen**

Europas reiches geologisches Erbe und die große Vielfalt sind von großer Bedeutung für Bildung und Erziehung, Tourismus und Lebensqualität. Es ist notwendig, dass die entsprechenden geologischen Stätten geschützt werden, zum Beispiel durch Maßnahmen auf nationaler Ebene zum Erhalt von wissenschaftlich bedeutsamen Standorten.

Die Pufferfunktionen von Geosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre sind von großem Wert für die Umwelt und werden erst ansatzmäßig verstanden. Das Vermögen natürlicher Systeme, Umweltveränderungen aufzufangen, steht teilweise in Zusammenhang mit der kritischen Menge an Schadstoffen, die diese Sphären absorbieren können. Ihre Beanspruchung nimmt zu, da der CO₂-Gehalt der Atmosphäre steigt, die globale Erwärmung zunimmt und die Ozeane aufgrund stärkerer CO₂-Aufnahme weiter versauern. Korallenriffe, die eine große Zahl an Tierarten in Ökosystemen in weltweit größter Biodiversität beherbergen, dienen gleichermaßen dem Tourismus, der Fischerei und dem Küstenschutz. Sie sind in besonderem Maße Veränderungen im Chemismus der Ozeane ausgeliefert. Ihr Zustand verschlechtert sich bereits jetzt rasend schnell.

Schutz von Meeren und Küsten

Vorhaben wie z. B. die Ausweisung Europäischer Meeresschutzzonen können zum Schutze bedrohter Küsten und mariner Gebiete beitragen. Aber sie neigen dazu, sich auf die Tier- und Pflanzenwelt - den biotischen Teil des Ökosystems - zu fokussieren. Dabei vernachlässigen sie die abiotischen Elemente und den Austausch zwischen Erdoberfläche und Untergrund mit dem Ozean und dessen Lebewelt. Wenn der Schutz bedrohter Arten und der Umwelt erfolgreich sein soll, ist eine ganzheitliche Betrachtung des marinen Ökosystems und der Umweltprozesse notwendig.

Während die Sedimente durch die Gezeiten und Strömungen aus den Flussmündungen transportiert werden, führen sie Schadstoffe mit sich, die mit der Meerwasserchemie in Verbindung treten. Fischerei kann den Meeresboden schädigen und das Ökosystem zerstören. Maßnahmen zum Küstenschutz können das Ablagerungsverhalten der Sedimente verändern. Der Nährstoffkreislauf als eine der zusätzlichen Funktionen ist vom geochemischen Austausch zwischen verschiedenen Teilen des marinen/fluvialen Systems abhängig: von den Gesteinen, den auflagernden Sedimenten, der Lebewelt, der Wassersäule und der Atmosphäre.



Mont Saint-Michel und seine Bucht; Normandie, Nord-Frankreich. UNESCO-Welterbestätte wegen seiner Bedeutung für Kultur und Landschaft.

Georisiken

Georisiken, wie Erdbeben, Vulkanausbrüche, Hangrutschungen und Tsunamis, können verheerende Folgen für die Bevölkerung, für die Wirtschaft und ganz allgemein für die Erdoberfläche nach sich ziehen. Das Verständnis für solche Risiken und die effektive Information über potenzielle Gefahren, ihre Auswirkungen und Möglichkeiten zur Verringerung dieser Risiken kann entscheidend dazu beitragen, menschliches Leid zu verringern.

Erdbeben

Erdbeben stellen die größte Gefahr für Menschenleben, Infrastruktur, Wirtschaft und Gesellschaft dar - besonders in Süd- und Osteuropa. Die Auswirkungen von Erdbeben hängen nicht nur von ihrer Stärke (Magnitude) und Tiefe ab, sondern ebenso vom Menschen selbst - Bevölkerungsdichte, Entwicklungsstandard, Sicherheitsvorkehrungen und Training. So hat beispielsweise das Erdbeben 2010 auf Haiti weit mehr Menschenleben gefordert als andere, deutlich stärkere Beben. Ein großes Erdbeben in der Nähe einer Megacity in einem Entwicklungsland hat immer noch die größte zerstörerische Wirkung. Der beste Weg, um diese vom Menschen abhängenden Faktoren zu beseitigen, besteht in der Beseitigung der Armut sowie darin, Bildungsstand, Zivilschutz und Infrastruktur zu verbessern sowie Neubauten nach Sicherheitsstandards zu errichten. Nachträgliches Ertüchtigen von Gebäuden ist möglich, aber sehr viel teurer.

Angaben zur Erdbebenwahrscheinlichkeit in bestimmten Gebieten und bestimmten Zeiträumen haben sich in der letzten Dekade aufgrund geologischer Untersuchungen deutlich verbessert. Jedoch ist es zur Zeit nach wie vor nicht möglich, Voraussagen zu treffen, wann und wo genau sich Erdbeben ereignen werden; und die meisten Geologen bezweifeln, dass dies jemals möglich sein wird. Karten zur Erdbebengefährdung und Modellierung der Auswirkungen sind wesentliche Bestandteile für den Katastrophenschutz und die Schadensminderung. Das SHARE-Projekt (Seismic Hazard Harmonization in Europe) wurde ins Leben gerufen, um einheitliche Datenstandards und Vorgehensweisen zu entwickeln. Es wird die Entwicklung und den Austausch von Standards fördern, um Schäden durch Erdbeben zu verringern.

In vielen Teilen Europas haben sich bisher nur Erdbeben geringerer Stärke ereignet, jedoch sind weltweit gesehen die Gefahren durch Erdbeben für den internationalen Handel und die Entwicklungshilfe beträchtlich.



US-Präsident Barack Obama bei seinem Besuch in L'Aquila, Italien, nach dem Erdbeben 2009.

Weitere Georisiken

Dazu gehören vor allem Vulkanausbrüche, Tsunamis und Hangrutschungen. Vulkane und Tsunamis können auch weit entfernt von ihrem Ausgangspunkt erheblichen Schaden anrichten. Anhand geologischer Belege lässt sich nachweisen, dass in jüngerer geologischer Vergangenheit große Abschnitte der Küsten Europas Tsunamis ausgesetzt waren. Das kann jederzeit wieder geschehen.

Andere Georisiken sind weniger dramatisch. So können Tonschichten anschwellen oder schrumpfen; durch Lösungs- und Einsturzvorgänge im Untergrund können Dolinen (Senkungstrichter) oder Erdfallschächte entstehen und dadurch Schäden an Gebäuden oder der Infrastruktur auslösen, ebenso wie instabiler Baugrund. Solche "leisen Risiken" fordern meist zwar kaum Menschenleben, können aber erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen haben.



Karst-Erdfall im Distrikt Biržai, Litauen.

Auch der Mensch ist Auslöser von Georisiken, sogenannten anthropogenen Georisiken. Dazu gehören Bodenverunreinigungen, Müllablagerungen oder die Gewinnung von Mineralien. Menschliche Aktivitäten können andere Risiken verschärfen, wie z. B. Hochwasser einschl. Grundwasserflutungen. Geologen spielen eine entscheidende Rolle bei der Anlage von Hochwasserschutzanlagen, dem Verständnis und der Handhabung natürlicher Schutzsysteme sowie bei einer effektiven Landnutzung.

Hangrutschungen

Hangrutschungen aller Größenordnungen kommen überall in Europa und sehr häufig vor. Sie haben die verschiedensten Ursachen, wie z. B. Starkregen, Bodenerosion, andere geogene Ursachen (z. B. Erdbeben) und Eingriffe durch den Menschen wie Bergbau, Waldrodung oder Wechsel in der Landnutzung. Hangrutschungen haben enorme Auswirkungen auf die Infrastruktur und die Wirtschaft und fordern auch Todesopfer. Sie sind zudem für ca. 15 % der weltweit auftretenden Tsunamis verantwortlich.

Die klimatischen Veränderungen führen aller Wahrscheinlichkeit nach zu verstärkt auftretenden Hangrutschungen, z. B. aufgrund zunehmender extremer Wetterereignisse. Dieser Prozess hat schon begonnen.

Vulkane

Auf der Erde sind schätzungsweise 500 Mio. Menschen direkt von Vulkanausbrüchen bedroht. Frühere Vulkanausbrüche haben fruchtbare Böden geschaffen, auf dem sich viele Städte entwickelt haben. Aktive Vulkane, die sehr viele Menschen bedrohen, sind z. B. der Vesuv bei Neapel und der Popocatepetl nahe Mexiko-Stadt.

Es sollten alle Anstrengungen unternommen werden, um die Opferzahlen bei Vulkanausbrüchen zu minimieren. Dabei ist die Zahl der Verluste an Menschenleben durch



Der Vulkan Vesuv bei Neapel, Italien.

Vulkanausbrüche (ca. 300.000 Tote in den letzten 200 Jahren) im Vergleich zu anderen Naturkatastrophen sogar relativ gering. Nichtsdestoweniger können der wirtschaftliche Schaden, die Zerstörung der Infrastruktur und die sozialen Auswirkungen beträchtlich sein.

Vulkane können auch Siedlungen in großer Entfernung bedrohen, wo man die Gefahr nach dem Motto "aus dem Auge aus dem Sinn" für gering hält. Die moderne globalisierte Welt ist äußerst anfällig gegenüber den Gefahren von Vulkanausbrüchen, was zu großen Forschungsanstrengungen hinsichtlich der zeitlichen Abstände von Ausbrüchen und deren Umweltauswirkungen geführt hat.

Vulkanische Aschen

Der Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull auf Island im Jahre 2010 war der wirtschaftlich folgenschwerste Naturereignis nach dem 2. Weltkrieg. Es führte zu einer weitgehenden Unterbrechung des des Luftverkehrs in großen Teilen Nord- und Westeuropas. Die Regierungen und die Fluggesellschaften mussten die öffentliche Sicherheit schützen, sahen sich aber gleichzeitig Forderungen ausgesetzt, wegen der wirtschaftlichen Schäden den Flugverkehr so schnell wie möglich wieder zuzulassen. Zusammen mit Meteorologen arbeiteten Geowissenschaftler daran, die Auswirkungen der Aschewolken auf das Wettersystem zu verstehen, erhoben die notwendigen Daten und berieten die Entscheidungsträger.

Viele Vulkane, auf Island, in Italien und anderswo, können ähnliche Probleme hervorrufen, möglicherweise in noch größerem Ausmaß. Die Hauptflugrouten, insbesondere die über die Polarregion, wurden auf ihre Nähe zu aktiven und schlafenden Vulkanen untersucht. Dies ist z. B. auch wichtig, um das Risiko abzuschätzen, das von Vulkanen an der Westküste Nordamerikas, besonders auf den Aleuten, ausgeht.

Um möglichst frühzeitig vor einem Ausbruch zu warnen, sind Vulkane wie der Mount St. Helens oder der Vesuv von einem dichten Netz seismischer Bodenmessenanlagen umgeben. Weltweit fehlen bei vielen Vulkanen aber derartige Monitorsysteme, so dass ein Ausbruch nahezu ohne Vorwarnung erfolgen kann.

Klimaveränderungen

Es gibt zahlreiche geologische Nachweise von früheren Klimaveränderungen auf der Erde. Die Kenntnis über diese Vorgänge in der Vergangenheit sind von großer Bedeutung für das Verständnis, wie der künftige Klimawandel ablaufen könnte und welche Auswirkungen der Ausstoß z. B. von CO₂ durch den Menschen haben kann.

Geologische Nachweise früherer Klimaveränderungen

Fossilien und Sedimentablagerungen beweisen, dass die Erde während der letzten 200 Millionen Jahre vielen Klimaschwankungen ausgesetzt war. Über sehr unterschiedliche Zeiträume war es deutlich kälter oder deutlich wärmer als heute. Zyklische Klimaveränderungen werden durch Faktoren wie Schwankungen der Erdumlaufbahn oder der Sonnenaktivität hervorgerufen. Es gibt aber auch Beispiele für schnelle Klimaveränderungen, die mit dem Anstieg von Kohlenstoff in der Atmosphäre einhergehen, wie das Temperaturmaximum in der Zeit des Paläozän-Eozän (PETM) vor 55 Millionen Jahren.

Die Spuren vergangener Klimaänderungen finden sich in einem breiten Spektrum geologischer Ablagerungen, wie Meeressedimenten, Ablagerungen in Seen, Eisschichten, fossilen Korallen, Tropfsteinen und fossilen Baumringen. Fortschritte bei den Feldbeobachtungen, den Labortechniken und in der numerischen Modellierung ermöglichen es den Geowissenschaften mit zunehmender Genauigkeit nachzuweisen, wie in der Vergangenheit die Klimaveränderungen abliefen. Die erworbenen grundlegenden Erkenntnisse über die Vergangenheit erlauben eine fundierte Abschätzung der möglichen Veränderungen in der Zukunft.



Schmelzwasserseen am Rand des grönländischen Eisschildes.

Lehren für die Zukunft

Aufgrund der Zeugnisse aus der Vergangenheit sind die Geowissenschaftler zunehmend davon überzeugt, dass CO₂ das Klima in großem Maße beeinflusst. Die Beobachtungen bestätigen das zugrundeliegende physikalische Prinzip, dass die Zufuhr von Treibhausgasen wie CO₂ (aber auch z. B. Methan und u. U. selbst Wasserdampf) in die Atmosphäre einen Anstieg der Temperatur verursacht. Die Beobachtungen bestätigen ebenfalls, dass dies höhere Meeresspiegel zur Folge hat, die Versauerung des Ozeans beschleunigt, den Sauerstoffgehalt des Meerwassers verringert und bedeutende Wetterumschwünge mit sich bringt.

Das Leben auf der Erde hat in der geologischen Vergangenheit große Klimaschwankungen ausgehalten, diese haben jedoch mehrfach zu Massensterben mit großen Verlusten an Arten geführt. Schon ein relativ geringer Anstieg der globalen Temperatur von nur wenigen Graden wird enorme Auswirkungen auf die menschliche Gesellschaft haben.

Die genauen Gründe für schnelle Klimawechsel in der Vergangenheit werden intensiv erforscht. Es ist sehr wahrscheinlich, dass derartige Ereignisse durch geologische Vorgänge verursacht wurden, z. B. durch eine Zeit anhaltender vulkanischer Tätigkeiten. Der rasante Anstieg des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre der letzten Jahrzehnte kann aber nicht auf geologische Vorgänge zurückgeführt werden. Seit 1750 sind mehr als 500 Milliarden Tonnen CO₂ aufgrund menschlicher Tätigkeiten zusätzlich in die Atmosphäre gelangt (insgesamt über 1.850 Milliarden Tonnen CO₂). Von diesem zusätzlichen CO₂ stammen ca. 65 % aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, und bei dem momentanen Anstieg kann der CO₂-Gehalt der Atmosphäre gegen Ende des Jahrhunderts 600 ppm (parts per million) erreichen - ein Wert, den es in den letzten 24 Millionen Jahren nicht mehr gegeben hat.

Die Geowissenschaften müssen eine wichtige Rolle spielen, nicht nur um klimatische Veränderungen besser zu verstehen, sondern auch um CO₂-Emissionen zu reduzieren (z. B. durch Entwicklung der CCS-Technologie oder alternativer Energien) und die notwendigen Anpassungen an künftige klimatische Verhältnisse vorzunehmen.

Das Anthropozän

Menschliche Eingriffe haben dramatische Auswirkungen auf die Landschaft, die Erdoberfläche und das gesamte System Erde, indem sie erhebliche atmosphärische, chemische, physikalische und biologische Veränderungen antreiben. Sind diese Einflüsse bedeutend und anhaltend genug, um gar zu einer neuen geologischen Epoche zu führen - dem Anthropozän?

Veränderungen durch den Menschen

Die Internationale Stratigraphische Kommission (ICS), welche die internationale geologische Zeitskala und die weltweiten Standards zur Klassifizierung der geologischen Zeiteinteilung festlegt, hat kürzlich die Einführung einer neuen geologischen Epoche diskutiert - das "menschliche Zeitalter" oder Anthropozän. Damit soll das Ausmaß des menschlichen Einflusses auf den Planeten Erde gewürdigt werden. Einige Stratigraphen wollen das Anthropozän mit der Industriellen Revolution beginnen lassen. Dem liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass die 1.850 Milliarden Tonnen CO₂, die die Menschheit seit dieser Zeit in die Atmosphäre freigesetzt hat, geologische Zeiträume überdauern werden. Andere setzen den Beginn des spürbaren menschlichen Einflusses auf die Erde wesentlich früher an, und zwar mit der Entwicklung von Landwirtschaft und sesshaften Kulturen vor 8.000 Jahren. Welche Zeit man auch wählen mag, die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft ist auf verschiedene Weise für bedeutsame Veränderungen auf der Erdoberfläche verantwortlich, z. B. durch Landwirtschaft, Bauwerke, Kanalisierung von Flüssen, Rodungen, Gründung und Wachstum von Städten sowie die Industrialisierung.

Durch Verunreinigungen haben wir auf der Erdoberfläche, in den Ozeanen und Flusssystemen und im Untergrund dauerhafte Spuren hinterlassen. Ein eindrucksvolles Beispiel ist die Verunreinigung mit Blei, das ursprünglich bei Schmelzprozessen, bei der Metallherstellung und bei Verbrennungsprozessen seit griechisch-römischer Zeit freigesetzt worden ist, und nun selbst an weit entfernten Stellen wie im Polareis und in Torfmooren nachgewiesen werden kann. Zusammen mit der weitverbreiteten Verbrennung fossiler Brennstoffe führte die industrielle Revolution zu beträchtlichen Umweltverschmutzungen durch Bergbau und Hüttenwesen ebenso wie durch andere industrielle Aktivitäten und die Müllablagerung (sowie lokal auch durch die Landwirtschaft).

Viele Forscher untersuchen das Ausmaß und die Verbreitung des menschengemachten Einflusses auf die Landnutzung und die Prozesse des Systems Erde und deren geologische



Luftverschmutzung: Rauch aus einem Fabrikschornstein.

Signifikanz. Diese kombinierten Einflüsse auf die Chemie, Biologie, Geomorphologie, den Untergrund, die Ozeane und die Atmosphäre können helfen, das Anthropozän mit seiner einzigartigen Umweltcharakteristik abzugrenzen.

Was macht das aus?

Unabhängig von der Entscheidung des ICS, ob das Anthropozän der Definition einer neuen geologischen Zeiteinheit entspricht oder nicht, hat der Begriff schnell innerhalb und außerhalb der Geologie weite Verbreitung gefunden. Er steht für die Idee, dass die zusammengenommenen Einflüsse des Menschen auf den Planeten Erde, einschließlich des Klimawandels (aber nicht beschränkt darauf), über einen geologischen Zeitraum hinweg nachwirken. Dies kann helfen, unsere Antworten auf diese Veränderungen zu konzipieren.

Die Zukunft

Durch das Wachstum der Erdbevölkerung, die im Jahre 2045 die 9-Milliarden-Grenze erreicht haben wird, wächst der Druck auf die Ressourcen, auf die Umwelt und den oberflächennahen Untergrund, insbesondere in den bebauten Gebieten, wo die Inanspruchnahme des Untergrundes hoch und die Infrastruktur komplex ist. Das Leben im Anthropozän stellt nie dagewesene Herausforderungen an Gesellschaften und Regierungen überall auf der Welt.

Über Geowissenschaften reden: Zeit, Unsicherheiten und Risiken

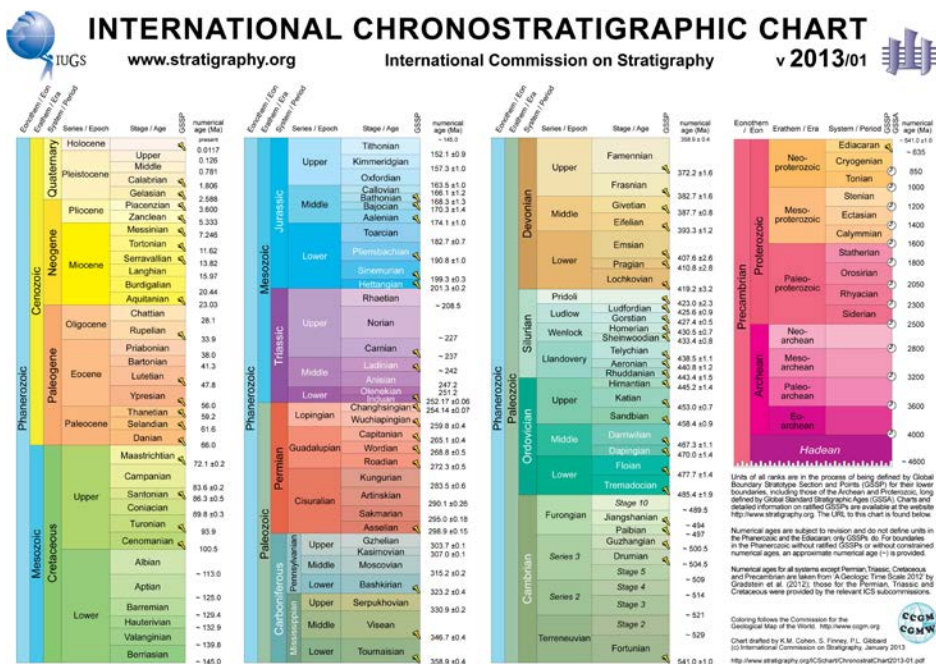
Geologische Themen finden immer stärker Niederschlag im täglichen Leben der Menschen in ganz Europa - und die professionellen Geowissenschaftler haben zu lernen, ihre Wissenschaft besser zu vermitteln, um weite Bevölkerungskreise in die Lage zu versetzen, informiert an der Debatte teilzuhaben.

Z. B. bei den Entscheidungen, an Land Schiefergas oder andere Kohlenwasserstoffe zu fördern, Wasser in den Untergrund zu verpressen, um geothermische Energie zu gewinnen oder die Lagerung von Kohlenstoff oder radioaktiven Abfällen im Untergrund, kommen auf die Geowissenschaften entscheidende Fragen zu. Diesen stehen die Kommunen in ganz Europa gegenüber, wenn der künftige Bedarf an Ressourcen gedeckt, das Wirtschaftswachstum gesichert sowie technische Risiken und ihre sozialen Auswirkungen verstanden werden sollen. Und nicht zuletzt sollen Gesetze und Regulierungen die Öffentlichkeit und die Umwelt schützen sowie den Wohlstand sichern. Die Anwendung dieser Technologien wird komplexe wissenschaftliche und technische Herausforderungen mit sich bringen; gleichzeitig stellt der geologische Untergrund für die meisten Leute ein unbekanntes Gebiet dar. Wenn sich eine informierte Öffentlichkeit an Debatten und Entscheidungen über solche Technologien beteiligen soll, müssen die professionellen Geowissenschaftler effektive Strategien entwickeln, wie ihr Wissen kommuniziert werden kann und was sie tun. Und sie müssen verstehen, was die Öffentlichkeit weiß (oder nicht weiß) und worüber sie besorgt ist.

Mit einigen der grundlegenden und etablierten Ideen und Erkenntnissen der Geowissenschaften (die diese als erwiesen betrachten mögen) sind die meisten Menschen nicht vertraut. Geologen betrachten möglicherweise ihre Kenntnisse über die unglaublich langen Zeiträume als einen bevorzugten Zugang zum Verständnis des Planeten Erde und der Prozesse, die seine Oberfläche geformt haben. Aber dies mag sie ebenso dazu verleiten, die Zeitvorstellung bei Nichtgeologen falsch einzuschätzen.

Für die meisten Menschen sind beispielsweise 100.000 Jahre eine sehr lange Zeit, lang genug, um der Geosphäre zu vertrauen, radioaktive Abfälle sicher zu bewahren - aber für Geologen ist das ein sehr kurzer Zeitraum. Dies führt eher zu einem geringeren als zu einem wachsenden Vertrauen in die Expertise und das professionelle Urteil von Geologen, die über radioaktive Endlagerung ein Gutachten abgeben. Es sei denn, sie bemühen sich, die Sichtweise und die Besorgnis der Öffentlichkeit zu verstehen.

Ähnlich verhält es sich dabei, wie die Geowissenschaftler mit Messunsicherheiten und unvollständigen Daten umgehen - sie mögen die Fähigkeit dazu sogar als Kernelement ihrer Expertise betrachten. Dabei ist es wesentlich, offen und effektiv zu kommunizieren, wie Geowissenschaftler unvollständige Daten handhaben, wie sie Wege suchen, Ungenauigkeiten auszugleichen und Wahrscheinlichkeiten abzuschätzen, beispielsweise bei natürlichen Ressourcen oder der Einschätzung von Georisiken. Denn es ist wichtig, die besonnene Herangehensweise der Geowissenschaften als wertvolle Eigenheit und nicht als schlichte Unkenntnis zu betrachten.



Die Internationale Geologische Zeittafel.
©International Commission on Stratigraphy

Geologie für die Zukunft

Um die Ressourcen für eine wachsende Weltbevölkerung sicherzustellen, die nach höheren Lebensstandards strebt, steht die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts vor völlig neuen Herausforderungen. Gleichzeitig muss sie einen nachhaltigen Umgang mit der Erde lernen. Gut ausgebildete Geowissenschaftler und eine starke Forschungsbasis liefern das Rüstzeug, sich diesen Herausforderungen zu stellen. Darüber hinaus ist dies notwendig, wenn Europa global wettbewerbsfähig bleiben will.

Bildung

Die Geowissenschaften haben eine zentrale Bedeutung für das Leben der Menschen. In den meisten Ländern Europas gehört Geologie aber nicht zu den Kernfächern der Schulcurricula. Es ist daher notwendig, junge Leute mit den wichtigsten erdwissenschaftlichen Vorgängen und Konzepten über andere Hauptfächer (Chemie, Physik, Biologie, Geografie) vertraut zu machen. Dadurch werden sie in die Lage versetzt, sich an der Lösung der Daseinsprobleme der Menschheit im 21. Jahrhundert zu beteiligen. Dies muss im Schulunterricht in ganz Europa Berücksichtigung finden. Alle Studenten müssen über das gleiche Grundwissen in den Erdwissenschaften verfügen, damit sie ihrer fundamentalen Aufgabe bei der Bewältigung der anstehenden Herausforderungen gerecht werden können. Ebenso ist eine gute Berufsberatung von Bedeutung, damit die Studenten die ganze Bandbreite einer beruflichen Laufbahn in den Geowissenschaften kennenlernen.

Die Studieninhalte in Geologie und in den übrigen Erdwissenschaften während des ersten Studienabschnitts stellen die ersten Schritte in der Ausbildung des künftigen professionellen Geowissenschaftlers dar und verhelfen zu einer gründlichen wissenschaftlichen Basis. Arbeitgeber aus vielen Industriebereichen suchen nach Bewerbern mit einem zweiten Studienabschluss (MSc) mit einer Spezialisierung z. B. in Erdölgeologie, Ingenieurgeologie, Hydrogeologie oder Geophysik. Diese Studienfächer verfügen häufig über eine strenge Ausrichtung auf den Beruf. Ein Promotionsstudium spielt ebenso eine wichtige Rolle, sowohl als Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Laufbahn als auch, um als gut ausgebildeter Spezialist auf Promotionsniveau bestimmten Industriebereichen zur Verfügung zu stehen. Es ist wichtig, dass die Länder in Europa eine gute Ausstattung in der geowissenschaftlichen Ausbildung auf allen Stufen sicherstellen, um ökonomisch wettbewerbsfähig zu bleiben, die Leistungsfähigkeit eines Landes zu stärken und so den künftigen Herausforderungen gewachsen zu sein.

Forschung

Wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit und unsere Fähigkeit, die künftigen Aufgaben zu meistern, erfordern es ebenso, die Grundlagen der geowissenschaftlichen Forschung in Europa dauerhaft zu sichern. Dabei ist es von Bedeutung, sowohl hervorragende Grundlagenforschung als auch die angewandte Forschung beizubehalten. Dies dient nicht zuletzt dazu, dass die Gesellschaft so gut wie möglich vorbereitet ist, auch heute noch unbekanntes zu begegnen, aber auch künftigen, heute noch

Berufliche Standards zum Wohle der Öffentlichkeit

Die European Federation of Geologists (EFG) verleiht zusammen mit ihren Mitgliedsorganisationen (nationale, geologisch ausgerichtete Berufsverbände) die professionelle Bezeichnung "European Geologist" (EurGeol). Dieser Titel richtet sich an Praktiker mit hohem Ausbildungsgrad, beruflicher Kompetenz und der Verpflichtung zu beruflicher Ethik und stetiger beruflicher Fortbildung (continuing professional development, CPD). Viele Mitgliedsverbände vergeben darüber hinaus auf nationaler Ebene eigene professionelle Berufstitel. Diese Titel werden sowohl vom Inhaber als auch von Auftraggebern geschätzt; sie zeigen, dass die individuelle Arbeit, von der oftmals die öffentliche Sicherheit und das öffentliche Wohlergehen abhängen, auf kompetenter, professioneller und ethischer Basis durchgeführt wird.

Die Akkreditierung von BSc- und MSc-Studiengängen stellt sicher, dass die Studierenden Kernkompetenzen und -kenntnisse erlangen, ganz im Sinne von Auftraggebern und der Öffentlichkeit. Die Akkreditierungsverfahren unterscheiden sich in den einzelnen Ländern und können von Berufsverbänden bzw. -kammern, von Regierungseinrichtungen oder externen Agenturen durchgeführt werden. Das von der EU-Kommission finanzierte Euro-Ages-Projekt entwickelte einen gemeinsamen Rahmen für die Inhalte geowissenschaftlicher Ausbildung und Kriterien für die Akkreditierung, um die Vergleichbarkeit bei den einzelnen Systemen zu erleichtern.



FÉDÉRATION EUROPÉENNE DES GÉOLOGUES
EUROPEAN FEDERATION OF GEOLOGISTS
FEDERACIÓN EUROPEA DE GEÓLOGOS

unbekannten Risiken und Notsituationen. Um die Forschungsbasis zu erhalten und weiter zu entwickeln, ist es erforderlich, die ganze Kette des Fachkönnens zu überprüfen und in eine dauerhafte Forschungsbasis zu investieren, damit junge Forscher eine sichere Karriere vor Augen haben.



FÉDÉRATION EUROPÉENNE DES GÉOLOGUES
EUROPEAN FEDERATION OF GEOLOGISTS
FEDERACIÓN EUROPEA DE GEÓLOGOS



The
Geological
Society

servicing science & profession

Diese Schrift wurde von der Geological Society of London (GSL) erstellt, zusammen mit der European Federation of Geologists (EFG) und dem Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler (BDG).

Für weitere Informationen gibt es diese Links:

BDG Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler e.V.	www.geoberuf.de
BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	www.bgr.bund.de
EFG European Federation of Geologists	www.eurogeologists.eu

Positionspapiere, Artikel, audio-visuelle Darstellungen und vieles mehr zu den Themen dieser Broschüre finden sich online im Portal "Geology for Society" der Geological Society of London unter: www.geolsoc.org.uk/geology-for-society.

- Frankfurter Börse - Own work. Licensed under CC BY-SA 4.0 via Wikimedia Commons
- Probenstück eines Bänder-Eisenerzes; Krivoj Rog, Ukraine - Banded iron formation". Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons
- Abwasserbehandlungssystem - Fine Bubble Retrievable Grid" by C Tharp - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons
- Kölnbrein-Sperre und Pumpspeicher-Kraftwerk; Kärnten, Österreich - Verbund malta" by Verbund. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons
- Landwirtschaft in der Provinz La Rioja, Nordost-Spanien - Tractor, La Rioja, Spain" by Raúl Hernández González. Licensed under CC BY 2.0 via Wikimedia Commons
- Baustelle des Crossrail-Bahnverkehrsprojektes an der Station Tottenham Court Road; London - London Astoria site September 2009 CB" by carlbob. Licensed under CC BY 2.0 via Wikimedia Commons
- Der Glacier-Express auf dem Landwasser-Viadukt, Schweiz - CH Landwasser 2" by Daniel Schwen - Own work. Licensed under CC BY-SA 2.5 via Wikimedia Commons
- Beseitigung chemischer Abfälle; Wakefield, bei Leeds, England - A big job - geograph.org.uk - 663806" by David Pickersgill. Licensed under CC BY-SA 2.0 via Wikimedia Commons
- Mont Saint-Michel und seine Bucht; Normandie, Nord-Frankreich. UNESCO-Welterbestätte wegen seiner Bedeutung für Kultur und Landschaft - MtStMichel avion". Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons
- US-Präsident Barack Obama bei seinem Besuch in L'Aquila, Italien, nach dem Erdbeben 2009 - President Barack Obama tour earthquake damage in L'Aquila, Italy - Wednesday, July 8, 2009" by The Official White House Photostream - P070809CK-0208. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons
- Karst-Erdfall im Distrikt Biržai, Litauen - Geology duobė" by Vilensija - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons
- Schmelzwasserseen am Rand des grönländischen Eisschildes - Greenland melt pond 2 (7637755560)" by NASA ICE - Greenland melt pond 2Uploaded by russavia. Licensed under CC BY 2.0 via Wikimedia Commons
- Luftverschmutzung; Rauch aus einem Fabrikschornstein - Air pollution smoke rising from plant tower" by U.S. Fish and Wildlife Service. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons

Titelbild: Lichter Europas. © NPA Satellite Mapping; CGG. Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung, Abdruck oder sonstige Übertragung der Abbildungen nur mit schriftlicher Genehmigung. NPA ist eine Einrichtung der Geological Society of London, seit 1972 spezialisiert auf Satellitenaufnahmen, die Exploration von Ressourcen, Umwelt und Risiken. Siehe npa.cgg.com.