

Erscheinungsort/Verlagspostamt: A-3100 St. Pölten, Pöb., zum ermäßigten Entgelt, CZ 022039034 M

UNI VER SUM

SPEZIAL

WWW.GEOLOGIE-IST-ALLES.AT

GEOLOGIE

Alles über die Erdwissenschaften in Österreich

GRUND-LAGE

Der Boden, auf dem wir stehen

LEBENS-MITTEL

Die Rohstoffe, die wir brauchen

WISSENSCHAFT & FORSCHUNG

Die neuesten Erkenntnisse der Geologie



€ 4,50

WWW.UNIVERSUM.CO.AT

HEBEN WIR DEN STEIN AUF

Warum man mit der Geologie die Welt entdecken kann



Liebe Leserin, lieber Leser! Man muss sie uns nicht erst in den Weg legen, wir begegnen ihnen auf Schritt und Tritt: Steine sind die natürlichste Annäherung an das, was Geologen fasziniert, im Land der Berge viele Österreicherinnen und Österreicher in der Freizeit unterhält und Kulturbeflissene vor Stephansdom und Staatsoper staunen lässt. Steine sind so selbstverständlich, dass kaum ein Gedanke daran verschwendet wird, wie steinig der Weg jedes einzelnen von uns ist – in dem Sinn nämlich: von der Geologie geprägt.

Wir sind steinreich und wissen es kaum. Der Blick in den Alltag verrät: „Alles ist Geologie“ (siehe die Reportage ab Seite 8) – vom Kaffeehaustisch über die Tankstelle bis zur Sandkiste können wir uns an das weite Feld der Geowissenschaften annähern und dabei entdecken, wie sehr sie unser Leben bestimmt.

Stein um Stein kommen wir dann zu Wissenschaft und Forschung: Im Wissen um die Evolution erklären wir die „Grund-Lage“: den geologischen Aufbau Österreichs, präsentieren bedeutende Rohstoffe wie Erdöl und ihre Gewinnung durch die OMV, beobachten, wie Geologen mit Naturgefahren umgehen, was unter dem Mikroskop zu sehen ist, wie Österreich vom Vulkanismus profitiert und warum man eigentlich riesige Riffe sieht, wo heute Berge stehen. Die Geowissenschaften sind ein Bereich voller Entdeckungen und mit einer ungeheuren Bandbreite. Einen Stein der Weisen können wir freilich nicht bieten, aber fundierte Information. In dem Sinn: spannende Lektüre!



GEOLOGIE IST ... Das Motto des „Internationalen Jahres des Planeten Erde“ vereint alle Aspekte der Geowissenschaften.

Stein um Stein kommen wir dann zu Wissenschaft und Forschung: Im Wissen um die Evolution erklären wir die „Grund-Lage“: den geologischen Aufbau Österreichs, präsentieren bedeutende Rohstoffe wie Erdöl und ihre Gewinnung durch die OMV, beobachten, wie Geologen mit Naturgefahren umgehen, was unter dem Mikroskop zu sehen ist, wie Österreich vom Vulkanismus profitiert und warum man eigentlich riesige Riffe sieht, wo heute Berge stehen. Die Geowissenschaften sind ein Bereich voller Entdeckungen und mit einer ungeheuren Bandbreite. Einen Stein der Weisen können wir freilich nicht bieten, aber fundierte Information. In dem Sinn: spannende Lektüre!

Jürgen Hatzenbichler | Chefredaktion
juergen.hatzenbichler@lwmedia.at

GEOLOGIE IST LEBEN

Warum wir unsere Passion mit Ihnen teilen wollen



Liebe Leserin, lieber Leser! Wir GeologInnen sind überzeugt, dass Geowissenschaften faszinierend sind. Wir wollen unsere Passion für die Erdwissenschaften jedoch mit anderen teilen. Wir meinen, dass die zahlreichen Aspekte der Erdwissenschaften für viele immer noch eine mehr oder weniger große Unbekannte sind. Zusammen mit dem Team des Universum Magazins haben wir auf 116 Seiten einen bunten Querschnitt zusammengestellt. Dieses Heft soll informieren wie auch faszinieren.

Sensationen und Katastrophen sind gut für geologische Schlagzeilen. Erdbeben, Funde von Dinosauriern, Unglücke in Bergbauen, Rutschungen, Vermurungen – das ist jedoch nur ein Aspekt der Geologie. Wir sehen sie breiter, nicht als Schlagzeile, sondern als Kontinuität, die unseren Alltag sichert. Geologie ist – wenn man die „geologische Brille“ aufsetzt – Motor und Grundlage des Lebens. Solange alles funktioniert, wird es kaum jemand hinterfragen. Unser Ziel ist es nicht, sentimental das Werden unserer Gebirge zu enträtseln, sondern aus den seit Jahrmillionen gültigen geologischen Prozessen zu lernen, um aus diesem Verständnis die Lebensgrundlagen und Ressourcen für kommende Generationen zu sichern. Geologie verstehen wir stets als Sammelbegriff für alle Bereiche der Erdwissenschaften.

Angewandte Fragestellungen von Tunnelbau über Rohstofffragen bis zur Trinkwasserversorgung sind hier ebenso inkludiert wie die Grundlagenforschung von Mineralogie bis Paläontologie, von Geophysik bis zu geologischer Kartierung. Geologie ist nicht nur Passion, Geologie verstehen wir als Auftrag für die Gesellschaft!

Angewandte Fragestellungen von Tunnelbau über Rohstofffragen bis zur Trinkwasserversorgung sind hier ebenso inkludiert wie die Grundlagenforschung von Mineralogie bis Paläontologie, von Geophysik bis zu geologischer Kartierung.

Geologie ist nicht nur Passion, Geologie verstehen wir als Auftrag für die Gesellschaft!

Thomas Hofmann | Fachliche Redaktion
thomas.hofmann@geologie.ac.at



COVER-FOTO:
L. LAMMERHUBER, INSERT:
GBA/I. WIMMER-FREY

UNIVERSUM INHALT



STEIN AUF STEIN Mineralische Rohstoffe als Lebensgrundlage SEITE 22

AKTUELL

06 Testimonials

48 Geologische Rekorde

Tiefer, älter, größer: Das Guinness-Buch der Geologie.

ROHSTOFF ERDÖL

30 Das Kreuz auf der Karte

Wie der Erdölgeologe zur perfekten Bohrstelle kommt.

38 Wo Gas war, kann wieder Gas sein

Wie mit unterirdischen Speichern der Bedarf gesichert wird.

40 Ab nach unten

Der Bohringenieur zeigt den Weg zum Ziel Erdöl.

44 Eine Geschichte mit Tiefgang

Die Höhepunkte der Erdölförderung in Niederösterreich.



ALLES IST GEOLOGIE Wo wir im Alltag überall der Geologie begegnen SEITE 8



DIE NATUR UND IHRE GEFAHREN

Wovor wir uns schützen können und womit wir leben müssen SEITE 70

SERVICE

102 Geologie zum Mitmachen

Studium, Museen, Bibliotheken und Bücher



GLÜCK AUF! Die modernen Methoden des Tunnelbaus SEITE 92



FORSCHUNG & WISSENSCHAFT

18 Die Geschichte des Lebens

Die Evolution im Schnelldurchlauf.

46 Der Goldrausch in den Tauern

Das Tauerngold zieht bis heute in seinen Bann.

50 Urzeitliche Badefreude

Auf den Spuren tropischer Riffe in den Alpen.

56 Abenteuer Geologie

Unterwegs in Schauhöhle, Museum und Schaubergwerk.

58 Österreichs Untergrund

Wie unser Land geologisch aufgebaut ist.

66 Zeitmaschine in die Erdgeschichte

Was winzige Fossilien zu berichten haben.

82 Anomalien - Echos aus der Unterwelt

Wo Wünschelrute und Wissenschaft zueinanderkommen.

86 Vom Urgestein zum Uhr-Gestein

Woher Geologen wissen, wie alt ein Gestein ist.

98 Das kühle Nass aus dem Untergrund

Über das Suchen und Finden von Wasservorkommen.

ESSAY

114 Die Zeit der Steine

Franzobel über unser Leben auf einem Stein.

UNIVERSUM MAGAZIN

Österreichs schönstes Magazin – Internet: www.universum.co.at
Redaktion Tel.: 01/585 57 57-0

Medieninhaber:

LW Werbe- und Verlagsgesellschaft m.b.H.,
Unternehmensbereich LW Media, Gutenbergstraße 12, A-3100 St. Pölten, Österreich

Geschäftsführer, Herausgeber: Erwin Goldfuss

Chefredakteure: Oliver Lehmann (DW 409),

Dr. Jürgen Hatzenbichler (geschäftsführend, DW 301),

Fachliche Redaktion: Mag. Thomas Hofmann (GBA)

Redaktion: Mag. Miriam Damev (DW 303), Mag. Ursel Nendzig (DW 302)

Fotoredaktion: Elke Bitter (DW 304)

Artdirection: Patrick Pürbauer Lektorat: Barbara Hofmann

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Ivo Filatsch, Eva-Maria Gruber,

Raimund Lang, Mag. Julia Kospach, Mag. Astrid Kuffner,

Peter A. Krobath, Mag. Petra Paumkirchner, Lisa Prechtl,

Dr. Arnulf Schiller, Mella Waldstein,

Thomas Hofer (Info-Grafik)

Verlagsleitung: Heidi Landstätter, Tel.: 0 27 42/801-13 75

E-Mail: heidi.landstaetter@lwmedia.at

Verlagsanzeigenleitung:

Alexandra Salvinetti,

Tel.: 01/585 57 57-406

E-Mail: alexandra.salvinetti@lwmedia.at

Produktionsleitung: Doris Eibensteiner

Marketing/Leserservice:

Sabrina Gutleiderer,

Tel.: 0 27 42/801-13 09

Aboservice: Petra Stockinger

Vertrieb: Morawa & Co, Wien

Druck: NP-Druck, A-3100 St. Pölten

Verlag: A-3100 St. Pölten, Gutenbergstr. 12

Tel.: ++43 (0)27 42/801 DW 13 09, Fax: DW 14 30, E-Mail: office@lwmedia.at

Redaktion: A-1060, Linke Wienzeile 40/23

Tel.: ++43 (0)1/585 57 57-0, Fax: DW -333

Einzelpreis: € 4,50

Schnupperabo: 3 Ausgaben € 7,90 (Ausland € 11,90)

Jahresabo: 10 Ausgaben € 39,90 (Ausland € 51,90)

Bildungsabo: 10 Ausgaben € 29,90 (Ausland € 39,90)

Zugabenabo: je 10 Ausgaben + Zugabe (Angebote auf S. 98),

Kündigung jeweils sechs Wochen vor Ablauf der Bezugsfrist
nur schriftlich (eingeschrieben) möglich.

Abohotline, Bestellungen: 0 27 42/801-16 00, Fax: DW -14 30

Nachbestellung von Ausgaben, älter als ein Jahr: € 7,-;

jede weitere Ausgabe: € 3,-

Erfüllungsort und Gerichtsstand: A-3100 St. Pölten, Österreich

Erscheinungsort, Verlagspostamt: A-3100 St. Pölten

Firmenbuch: LG St. Pölten, FN 121601 a

Copyright by

LW Werbe- und Verlagsgesellschaft m.b.H./NP Zeitschriften

Für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Datenträger oder Unterlagen
welcher Art auch immer übernimmt der Verlag keine Haftung. Eine Rücksendung
kann nur erfolgen, wenn ein ausreichend frankiertes Rücksendekouvert beiliegt.

Bei Leserbriefen besteht kein Recht auf Veröffentlichung,

die Redaktion behält sich Kürzungen vor.

Alle redaktionellen Beiträge sind nach bestem Wissen recherchiert, es wird jedoch
keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben übernommen.

ORF Universum Sendungsverantwortlicher

Dr. Walter Köhler

In Kooperation mit:

ORF



Auflage geprüft
und veröffentlicht:



GEOLOGIE-TESTIMONIALS



Johannes Hahn
Wissenschaftsminister

Die Geowissenschaften haben im „Raumschiff Erde“ eine tragende Rolle: Die Vielfalt der erdwissenschaftlichen Fachdisziplinen

deckt alle Bereiche des Lebens ab, auch wenn dies auf den ersten Blick nicht erkennbar ist. Die Bedeutung der Geowissenschaften als transdisziplinäre Wissenschaft reicht weit über den Bereich der Naturwissenschaften hinaus und schließt die problemlösungsorientierte Zusammenarbeit mit der Praxis ein. Glanzpunkte der Menschheitsgeschichte, etwa im Bereich der Architektur, sind geologische Monumente mit Ewigkeitswert.

Österreich gehört zu jenen Ländern, in denen ausgehend von der frühen Erkundung der Alpen die geologische Forschung im universitären wie auch im außeruniversitären Bereich nachhaltige Akzente und Meilensteine setzen konnte. So hat auch der an der Geologischen Bundesanstalt beheimatete Geologische Staatsdienst international einen hervorragenden Ruf. Doch es ist nicht alleine die Tradition, die unser Land auszeichnet. Heute sind zahlreiche Spitzenforscherinnen und Spitzenforscher in namhafte internationale Projekte eingebunden, die rund um den Erdball neben der Grundlagenforschung vor allem daran arbeiten, die Ressourcen von morgen zu sichern.

Die Geowissenschaften decken einen vielfältigen, spannenden und zukunftssträchtigen Bereich in unserer Gesellschaft ab. Sie eröffnen insbesondere auch jungen Menschen interessante Perspektiven für ein erstes „Hineinschnuppern“ in Wissenschaft und Forschung und im verantwortungsvollen Umgang mit unserem Planeten Erde.

www.bmwf.gv.at



Werner E. Piller
Österreichisches
Nationalkomitee
für Geowissenschaften

„Geologie ist alles“ – dies ist das Motto, unter dem die Österreichische Geologengesellschaft das Internationale Jahr des Planeten Erde im Herbst 2007 eröffnet hat. Diese scheinbar überhebliche und reduktionistische Formulierung sollte in erster Linie die Vielfalt in der Geologie zum Ausdruck bringen. Geologie ist dabei als eine besser bekannte Abkürzung für das weite Fachgebiet der Erdwissenschaften bzw. Geowissenschaften zu verstehen.

Um diese überragende, aber weithin nicht realisierte Bedeutung der Erdwissenschaften in das Bewusstsein der Menschen einfließen zu lassen, wurde das Jahr 2008 von der UNO als „International Year of Planet Earth“ (IYPE) proklamiert und von der UNESCO und der International Union of Geological Sciences (IUGS) zwischen 2007 und 2009 als Triennium ausgerufen.

Das Motto, unter dem das „Internationale Jahr“ steht, nämlich „Erdwissenschaften zum Nutzen der Menschheit“, soll insbesondere auf die gesellschaftliche Relevanz der Erdwissenschaften hinweisen.

Das vorliegende Heft ist ein österreichischer Beitrag zu einer verstärkten geologischen Bewusstseinsbildung in der Öffentlichkeit. In Vertretung aller österreichischen Geologinnen und Geologen hoffe ich, dass dieser Versuch erfolgreich ist, denn: Geologie ist einfach alles.

www.geologie-ist-alles.at

www.geologie-ist-alles.at





Peter Seifert
Geologische
Bundesanstalt

Die Geologische Bundesanstalt ist der Gesellschaft verpflichtet, sie dient den Menschen in

Österreich. Fachleute, Experten, Wissenschaftler neigen manchmal zur Forschung aus Eigeninteresse. Was wir hingegen tun, ist Dienst an den Menschen, nicht aus eigenem Auftrag, aber sehr wohl aus eigener Motivation.

Wir wollen die Geheimnisse der Natur aufdecken und wissen, dass wir dabei nie zu einem Ende kommen werden. Die Geowissenschaften liefern Grundlagen für „Lebens-Mittel“. Wir Menschen leben sozusagen jeden Tag in der Geologie: Vom Plastikbecher bis zum Motorrad, alle Produkte enthalten Rohstoffe. Wir verwenden Produkte, deren Rohstoffe durch Geologen erforscht wurden und dann als Produkte von Firmen umgesetzt werden.

Die Geowissenschaften in Österreich fokussieren ihre Arbeit in Zeiten von Budgetknappheit auf das Wichtigste und Mögliche.

Unsere Zukunftsgebiete für weitere Forschung werden dabei sein:

- Mineralische Rohstoffe
- Natürliche Risiken
- Regionale Grundwasservorkommen
- Nutzung der Geothermie als alternative Energieform.

www.geologie.ac.at

 Geologische Bundesanstalt



Christoph Spötl
Österreichische
Geologische
Gesellschaft

Geologen sind schon ein seltsames Volk: Sie tragen Steine mit sich herum, füh-

len sich im Hochgebirge mindestens so wohl wie unter der Erde, schlafen gemeinsam im Zelt, sind fasziniert, wenn die Erde bebt, jonglieren emotionslos mit Millionen von Jahren und versetzen dabei nicht nur Berge, sondern lassen ganze Ozeane werden und vergehen. Was ein wenig nach Indiana Jones klingen mag, hat knallharte Bedeutung für unsere Gesellschaft und ihre natürlichen Ressourcen: Die Erfahrung der Geologin, des Geologen ist unverzichtbar, wenn es um Fragen der Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser, Energie (Stichwort: Woher kommt das Erdöl?) und Rohstoffen (Erze, Kies, Sand, Ton - die Liste wäre lang) geht. Niemand will auf Sand bauen oder einen Tunnelleinsturz riskieren, zudem wird der Rat des Erdwissenschaftlers (ein anderer Begriff für Geologe) geschätzt, wenn ein Berg abzustürzen, ein Vulkan auszubrechen droht oder Hänge ins Rutschen kommen.

Ich möchte allen danken und gratulieren, die zur Entstehung dieses Sonderheftes ihren Beitrag geleistet haben und so einer interessierten Leserschaft dieses Berufsbild näherbringen.

www.geol-ges.at



Gerald Ganssen
European
Geosciences Union


Die Behandlung aktueller wissenschaftlicher Themen in Zeitungen ist wichtig. Für Wissen-

schaftler ist es wiederum wichtig, dass sie aus dem Elfenbeinturm kommen, dass sie lernen, Wissen in angemessener Form weiterzugeben. Und es ist eine Kunst, jene Verantwortung zu leben, die die Liebe zu einem Fach gibt. Gerade wenn Hobby und Beruf sich aus Leidenschaft treffen, heißt es für uns: der Natur verbunden sein und den Wert der Erde den Menschen vermitteln.

Geowissenschaft heißt Verantwortlichkeit. Dazu gehört auch die objektive Information statt der verkürzenden Sensationslust. Verantwortung heißt auch: Erziehen mit dem Wissen, das man hat, dafür die richtige Kommunikationsform erlernen und letztendlich Verantwortung vermitteln. In diesem Sinne wünsche ich diesem Heft viele Leser!

www.egu.eu





GEOLOGIE IM KAFFEEHAUS
Wohin man auch blickt - der Tisch, das Glas, die Tasse oder das Salz -, alles ist Geologie. Mit Ausnahme der zwei Gäste natürlich, die ein gemütliches Pläuschchen halten.

SALZ & PFEFFER
Pfeffer kommt aus Indien, Salz aus dem Salzkammergut. Unser Salz stammt aus einer sehr trockenen Periode, dem Perm, vor rund 255 Millionen Jahren.

WIENER WASSER
Dank des Geologen Eduard Suess beziehen die Wiener seit 1873 fast ausschließlich Hochquellenwasser aus den Kalkalpen.

KEIN MARMOR
Die roten Kaffeehaustischplatten („Ammonitico rosso“) entstanden in den Meeres-tiefen der Tethys vor rund 160 Millionen Jahren im Jura-Zeitalter.

NEUSILBER
Die Mischung aus Nickel-Kupfer-Zink heißt Alpaka und sieht Silber täuschend ähnlich. Alpaka wird auch in Bestecken verwendet.

PORZELLAN

Dass man aus Ton Gefäße brennen kann, ist seit der Jungsteinzeit bekannt. Für Porzellan verwendet man Kaolin, ein Verwitterungsprodukt granitischer Gesteine.

EIERSCHALE

Kalk ist nicht nur in Knochen, sondern auch in Eierschalen enthalten, demnach müssen Hühner nicht nur Körnerfutter, sondern auch Kalkkörnchen aufpicken.

ALLES IST GEOLOGIE

Wir nehmen sie nicht wahr - und doch begleitet uns die Wissenschaft von der Erde tagtäglich. Der Grund und Boden, auf dem wir Häuser und Verkehrswege bauen, der Rohstoff, aus dem sie bestehen, der Bedarf an scheinbar belanglosen, schon vertrauten Dingen, die wir täglich verwenden - unser ganzes Leben ist Geologie.

EIN BERICHT VON MIRIAM DAMEV

STOSS- UND SCHLAGFEST

In der Automobilindustrie wird Einscheibensicherheitsglas eingesetzt. Es wird wie alle anderen Glasformen aus Quarzsand hergestellt, weist aber aufgrund chemischer Behandlungen eine höhere Beständigkeit auf.

HEAVY METAL

Neben Eisen und Stahl für die Karosserie, Aluminium für den Motor und Blei für die Batterie sind Kupfer für Kabel und Lichtmaschine in jedem Auto.

AUTOREIFEN

Die Beimengung von Silikat (Quarz) zu Kautschuk sorgt bei Reifen für besseren Grip bei Nässe und senkt den Rollwiderstand.

EINKAUFSKORB (IM AUTO)

Feinschmecker sind von der Geologie abhängig: Beim Märchfeldspargel kommt es ebenso wie bei Grünem Veltliner auf den Boden (Terroir) an. Entscheidend ist jeweils der geologische Untergrund.

ASPHALTMISCHUNGEN

Die Mischung von Bitumen, das aus Erdöl gewonnen wird, und Gesteinskörnungen ergibt Asphalt. Allerdings sind nur bestimmte Gesteine, wie Basalte, gut geeignet.

FOTO: R. HÜGEL



DAS SCHWARZE GOLD
 Heimisches Erdöl kommt vor allem aus dem Wiener Becken. Das Feld „Matzen“ im Weinviertel ist das größte zusammenhängende Erdölfeld Mitteleuropas.

VOM ROHÖL ZUM KUNSTSTOFF
 Plastik ist nur ein Begriff aus der vielfältigen Welt der Kunststoffe. Ob verpöntes PVC oder beliebte PET-Flaschen, am Beginn steht immer Rohöl.

GIB GUMMI
 Erdöl und Erdgas stellen heute die Rohstoffquellen für die Herstellung von Kunststoffen dar. Die ursprüngliche Entwicklung der Kunststoffe erfolgte allerdings völlig ohne Erdöl: Rohstoffbasis war damals Kohle.

GEOLOGIE IST ENERGIEVERSORGUNG
 Jährlich verbrauchen wir in Österreich etwa 12 Millionen Tonnen an Mineralölen. Dazu zählen Flüssiggas, Benzin, Gasöl, Heizöl und Bitumen.

Der Wecker klingelt. Zeit zum Aufstehen. Also raus aus dem warmen Bett und ab ins Bad: zum Duschen und Zähneputzen. Und während sich die Herren rasieren, sind die Damen mit ihrer Schönheit beschäftigt. Routiniert werden Wangen gepudert, Lippenstift und Lidschatten aufgetragen. Jetzt noch ein schneller Kaffee, bevor es ins Büro geht. Manche steigen dafür ins Auto, andere fahren mit der U-Bahn, dritte wiederum schwingen sich aufs Rad.

Alltag eben. Und wenn der funktioniert, fragt niemand nach dem Warum. Wir haben uns daran gewöhnt, dass alles, was wir brauchen, immer in ausreichender Menge zur Verfügung steht, ohne es zu hinterfragen. Oder wer beschäftigt sich schon ernsthaft mit der Frage, warum die Zahnpasta unsere Zähne sauber

macht oder woher das Puder ursprünglich stammt, mit dem die Damen ihrem Äußeren den letzten Schliff verpassen. „Pure Geologie“, sagt Mathias Harzhauser, Direktor der Geologischen Abteilung des Naturhistorischen Museums in Wien. So besteht unsere Zahncreme mitunter aus Schlämmkreide oder auch Marmorstaub, die den Abrieb erzeugen und so zusammen mit der Zahnbürste die Zahnoberfläche von Plaque und schädlichen Bakterien befreien. „Alle anderen Zusätze sind lediglich Hilfsmittel. Es ist der Stein und die reinigende Wirkung der Bürste, die vor der Bildung von Karies schützen.“ Das wussten übrigens auch schon die alten Ägypter: Sie verwendeten gemahlene Bimsstein, den sie mit Weinessig versetzten, damit der Atem frisch blieb.

Sitzt man bei Mathias Harzhauser, wird schnell klar: Geologie ist allgegen-

REICH AN WASSER

In Österreich stellt der Wasserverbrauch kein akutes Problem dar. Tatsächlich verbrauchen wir in Österreich nur drei Prozent des verfügbaren Angebots.

TIEF UNTER DER ERDE

Hinsetzen, Geschäft verrichten, Wasser runterlassen. Ehe das möglich ist, sind Ingenieur-, Hydro- und Baugeologen am Werk, die für das klaglose Funktionieren des Alltags arbeiten.

BEKLEIDUNG

Wenn man alles zusammenrechnet, braucht man für die Produktion von einem Kilogramm Baumwolle mindestens 7.000 Liter Wasser. Ein Fall für die Hydrogeologie und Nachhaltigkeit.



SPIEGLEIN, SPIEGLEIN ...
 Glas besteht in erster Linie aus Quarz, es kommt jedoch auf die reflektierende Metallschicht an, die aus Silber und Aluminium besteht.

SCHÖNHEIT MIT MINERALOGIE
 Grundlage von Puder ist Talk. In der Natur fühlt sich das weichste aller Mineralien seifig oder fettig an. Unter dem Begriff Speckstein schätzen es HobbykünstlerInnen für Schnitzereien.

KERAMIK IM BAD
 Die Sanitärtechnik deckt jene Bereiche ab, die der Hygiene und Gesundheit des Menschen dienen. Nicht zu den Keramiken zählen Badewanne und Duschtasse, da diese aus emailliertem Stahlblech oder heutzutage oft aus Acryl hergestellt sind.

MUNDHYGIENE MIT GEOLOGIE
 Wer Zahnbürste sagt, nimmt Erdöl in die Hand. Wer Zahnpasta verwendet, hat feinstes Marmorpulver, das als Scheuermittel dient, im Mund.

ROH(R)STOFFE
 Über und unter dem Waschtisch blitzt Chrom. Es glänzt, rostet nicht, ist anlaufbeständig und hart. Die weltgrößten Chromitvorkommen besitzt Südafrika.



PLASTIK IST DIE ZUKUNFT

Im Gegensatz zur direkten Energiegewinnung liefert Erdöl in Kunststoffen längerfristigen Nutzen: Die Produkte können meist recycelt oder durch Verbrennung kann das darin verarbeitete Erdöl letztlich zur Energiegewinnung eingesetzt werden.

SPIELEN MIT KUNSTSTOFF

Ob Kübel, Schaufel oder Sieb, sowohl der Kunststoff wie auch dessen Farben werden „künstlich“ aus dem Naturprodukt Erdöl hergestellt.

DIE KÖRNUNG MACHT'S AUS

Schon Kleinkinder wissen, dass Sand nicht gleich Sand ist. Ob Sandburg oder Straßenunterbau, es kommt auf den Feinanteil an; hier ist er notwendig, da unerwünscht.



EISEN ZUM KLETTERN & RUTSCHEN

Schaukel, Rutsche und Klettergerüst, Metallkonstruktionen wie der Eiffelturm benötigen Rostschutz. Dieser kommt aus dem Eisenglimmerbergbau Waldenstein in Kärnten.

VOM SANDABBAU ZUM BIOTOP

Wo Sand und Kies abgebaut werden, entsteht ein „Loch“ in der Landschaft. Anders betrachtet: Hier bekommt die Natur eine neue Chance; Frösche, Kröten und Bienenfresser freuen sich.

EINE SANDKISTENFREUNDSCHAFT

Mineralische Rohstoffe wie Sand, Kies und Ton sind Basis für unzählige Produkte des täglichen Lebens. Schon die Kleinsten üben sich darin, mit Sand zu „bauen“.

wärtig und unverzichtbar. Und: Der geologische Untergrund prägt unser Leben mehr, als es vielen Menschen bewusst ist. Wohin man auch blickt – unser Alltag besteht aus Stein. Ohne Gesteine, also ohne unseren festen Untergrund, könnten wir nicht existieren. Sie geben den Häusern und der gesamten Infrastruktur Halt und sind zudem Rohstoffe für alle Alltagsgegenstände.

Wenn wir nicht gerade mit dem Handy telefonieren, dessen Kunststoffgehäuse aus Erdöl stammt, würzen wir unsere Speisen mit dem Salz, das sich im Zuge der größten Klima-Umstellung und der damit verbundenen Austrocknung der Meere vor rund 255 Millionen Jahren bildete. Den kleinen Braunen im Kaffeehaus schlürfen wir aus Keramikhäferln, die nicht weniger als 25 Millionen Jahre alt sind. Und wer weiß schon, dass die typischen runden Kaffeehaustische, auf

DIE AUSSTELLUNG:

Eine neue Dauerausstellung im Naturhistorischen Museum widmet sich dem „System Erde“ und erklärt die überraschenden Zusammenhänge zwischen geologischen Kräften, dem Klima und dem Leben selbst, welche seit mehr als 4 Milliarden Jahren unseren Planeten prägen. Im Mittelpunkt steht die Erforschung der Austauschprozesse von Masse und Energie zwischen den interagierenden Sphären Biosphäre, Atmosphäre, Lithosphäre und Hydrosphäre. Erklärt wird der Blick auf das „System Erde“ anhand von Animationen und einer Vulkanpumpe, bei der die Besucher selbst eine Magmenkammer zur Explosion bringen können.

„Gaia-Sphäre - die Erde als System“, ab Juli im Kaisersaal des Naturhistorischen Museum Wien

denen wir ihn serviert bekommen, aus Kalken bestehen, die von einem Meeresboden stammen, der vor 190 Millionen Jahren das Tethys-Meer bedeckte?

Von der Wiege bis zur Bahre

Auch viele der großen Kulturstätten der Menschheit, seien es die Pyramiden von Gizeh, die Marmorstatue des David von Michelangelo in Florenz oder der Stephansdom in Wien – sie alle sind Stein gewordene Meeresablagerungen. Ganz abgesehen davon, dass Steine die Mineralstoffquelle für jede Pflanze und damit Grundlage unserer Nahrungsmittel sind. Und schließlich sind Kenntnisse der Geologie der Erde entscheidend, um zum Beispiel Naturkatastrophen vorhersagen oder zumindest in ihrer Wirkung mindern zu können. Um es kurz zu machen: Die

Geologie befasst sich mit der Grundlage unseres Lebens: der festen Erde.

„Die Geologie begleitet uns unser ganzes Leben“, sagt Mathias Harzhauser. „Wussten Sie, dass Babys mit Granit gefüttert werden?“ Zumindest im weitesten Sinne des Wortes. Denn aus verwittertem Granit entsteht unter anderem Kaolin, ein feines, weißes Gestein, das hauptsächlich bei der Papierherstellung und Porzellanbereitung gebraucht wird und in der Lebensmittelindustrie als Füll- oder Trennmittel unter der Nummer E

STADT, MENSCHEN, ROHSTOFFE

Der Blick vom Stephansdom zeigt viel Geologie. Der Steffl selbst ein Meisterwerk gotischer Steinmetzkunst, die Stadt ein Sammelpunkt der Rohstoffe.



DER STEIN DES STEFFL

Unglaublich, aber wahr: Der Stephansdom entstand bei subtropischem Klima! Der Stein des Doms, der helle Leithakalk, entstand vor 15 Millionen Jahren rund um das Leithagebirge, wo es auch Riffe gab.

KEIN GRÜNSPAN

Wo grüne Dächer sind, steckt Kupfer darunter. Die grünliche Farbe ist kein Grünspan, sondern Patina, die das Metall mehrere Jahrhunderte schützt.

AB INS WASSER

Wer mit der Rolltreppe zur U-Bahn fährt, quert zunächst eiszeitlichen Löss, dann alte Donauschotter, ehe er in den 10 Millionen Jahre alten Ablagerungen des Pannon-Sees quer durch die City fährt.

559 vorkommt. In geringen Mengen wird es auch dem Milchpulver zugesetzt.

„Gedenke Mensch, dass Du Staub bist und zu Staub zurückkehren wirst“, jene Worte des Priesters beim Spenden des Aschenkreuzes am Aschermittwoch haben auch in Wien einen realen Hintergrund. Bei der Frage nach der letzten Ruhestätte gibt es neben persönlichen Vorlieben und Argumenten für oder gegen einzelne Friedhöfe auch noch einen weiteren, wohl kaum in Betracht gezogenen Aspekt: die Geologie des Untergrundes. Denn auch

DAS ENDE IN DER ERDE

Experten sind sich nicht ganz einig, ob der Wiener Zentralfriedhof der grösste Friedhof Europas - oder möglicherweise sogar der weltgrösste ist.

hier gilt die Devise: Stein ist nicht gleich Stein. Je nachdem wo der Friedhof liegt, ist auch die Erdbeschaffenheit anders. So ist es kein Zufall, dass der Zentralfriedhof, welcher 1874 im Zuge der stetig wachsenden Einwohnerzahl Wiens - und somit auch der Zahl der Toten - erbaut wurde, ausgerechnet in Simmering liegt. Aufgrund einer vom Wiener Gemeinderat bei der k.k. geologischen Reichsanstalt in Auftrag gegebenen Studie verfügte das Gebiet über eine für einen Friedhof ideale Bodenbeschaffenheit. Der eigens beauftragte Geologe Dionysus Stur (1827-1893) verwies in seiner Studie auf die günstigen Eigenschaften des dort vorhandenen Lössbodens, der auf den Verwesungsprozess von Leichen im Vergleich zu anderen Bodenarten beschleunigend wirkt. Weiters wurde auf den Umstand hingewiesen, dass

Lössboden bequem zu bearbeiten ist und somit der Aushub von Gräbern schneller durchführbar sei. „Von der Wiege bis zur Bahre - das ganze Leben ist Geologie“, sagt Mathias Harzhauser zufrieden. „Sogar die Frage nach der letzten Ruhestätte wurde einem Geologen überlassen.“

Geologischer Alltag im Internet:

- Internationales Jahr des Planeten Erde: www.geologie-ist-alles.at
- Geologische Bundesanstalt: www.geologie.ac.at
- Fachverband der Mineralölindustrie: www.oil-gas.at
- Forum mineralische Rohstoffe: www.baustoffindustrie.at/forum
- voestalpine: www.voestalpine.com
- Alle Links zum Anklicken: www.universum.co.at



IN STEIN „VEREWIGT“

Wer zu Lebzeiten mit einem tollen Auto Aufsehen erregt, kann sich nach seinem Tod in Stein „verewigen“. Der Rolls Royce der Gesteine ist der blaue Granit Azul Bahia aus Brasilien.

LÖSS - NICHT NUR GUT FÜR WEINE

Wer am Zentralfriedhof begraben wird, ruht im Löss. Der rund 20.000 Jahre alte eiszeitliche Staub garantiert rasche Verwesung; obendrein lieben Totengräber das lockere Sediment.



EVOLUTION ZUR ARTBESTIMMUNG

Die Lobenlinie zeigt bei den Kopffüßern wie dem Nautilus (li.) und den Ammoniten (Mi. und re.) eine zunehmende Weiterentwicklung. Sie wird als Merkmal zur Bestimmung der Arten verwendet.

DIE GESCHICHTE DES LEBENS

EIN BERICHT VON MIRIAM DAMEV

Alles Leben auf der Erde entwickelt sich aus einem einzigen kleinen Organismus. Doch wo genau fing die Evolution an? Wie konnte sich das Leben in rund dreieinhalb Milliarden Jahren so weit entwickeln, dass schließlich der Mensch auf dem Planeten erscheinen konnte?

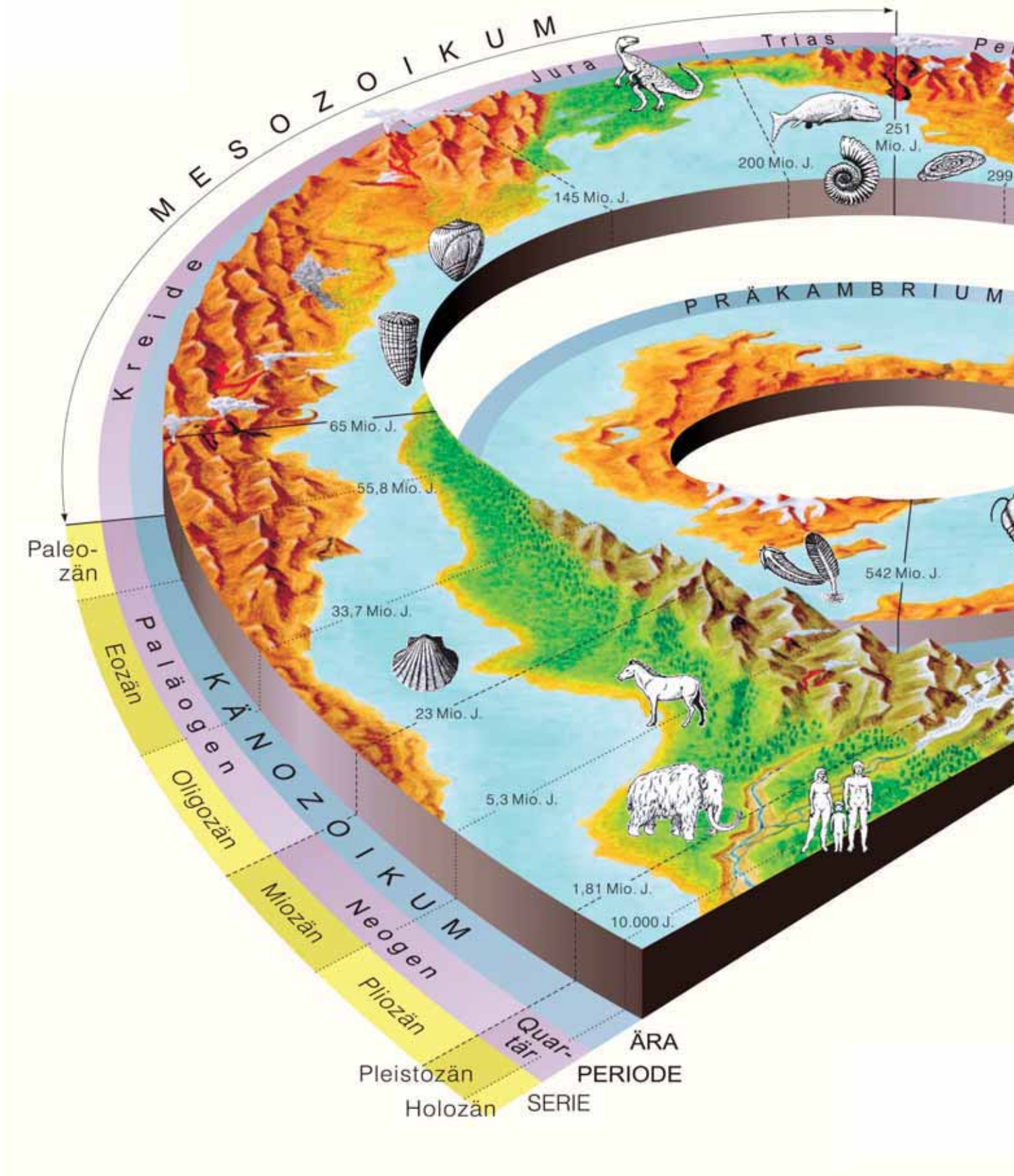
Kurz nach ihrer Bildung vor etwa 4,6 Milliarden Jahren leuchtete die Erde wie ein matter Stern und glühende Ozeane aus Magma brodelten an ihrer Oberfläche. Erst viel später, als weniger harsche Bedingungen herrschten und das geschmolzene Gestein zu einer Kruste erstarrte, konnte erstes Leben auf

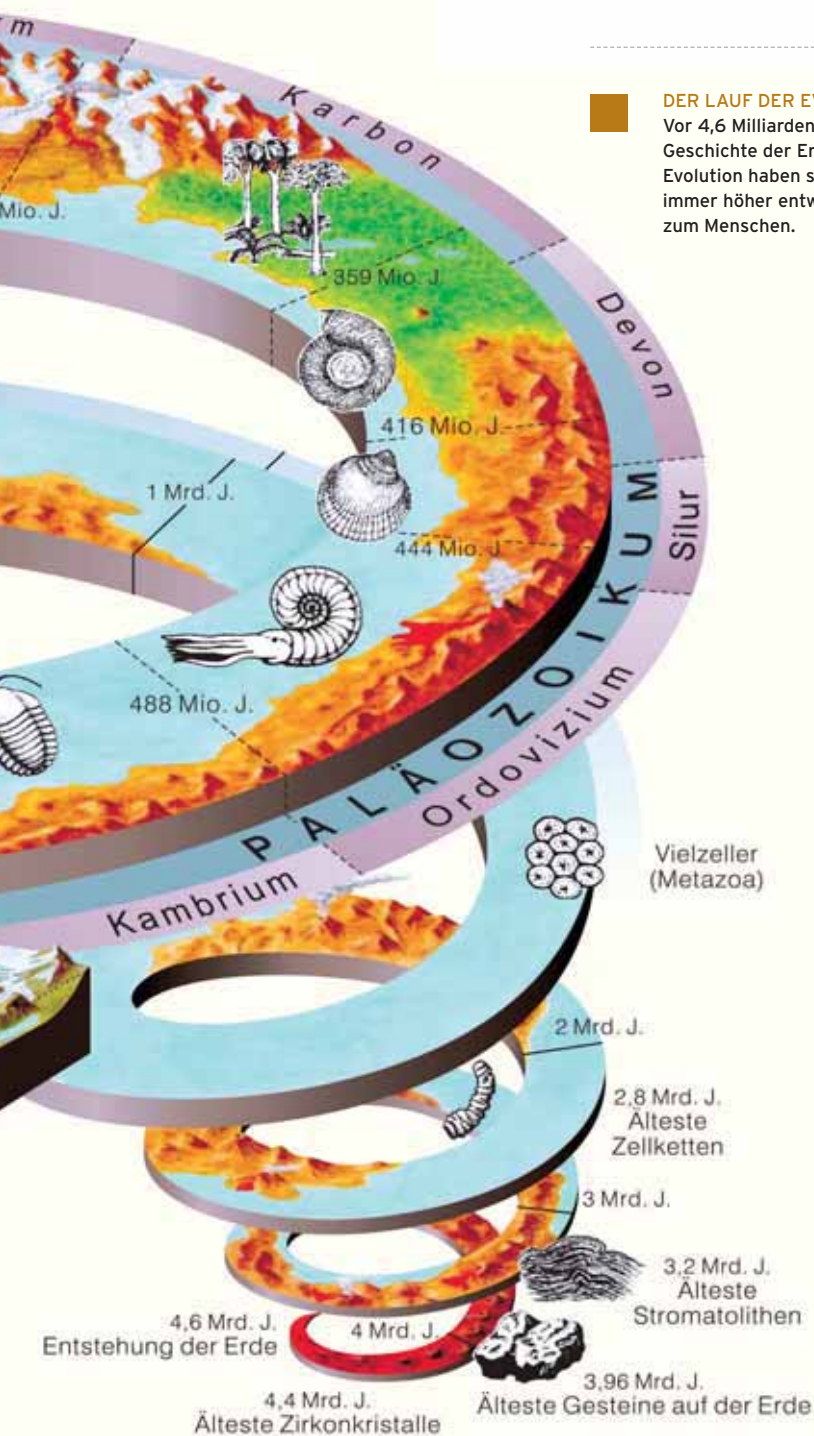
dem abgekühlten Planeten keimen. Das war vor circa 3,8 Milliarden Jahren, zu jener Zeit, in der die Kontinente entstanden und das Leben seine ersten Schritte machte. Irgendwo auf dem Meeresboden dürften sich die ersten organischen Verbindungen zu einem Organismus zusammengefügt haben. Bakterien waren die ersten Lebewesen, die mit

der Photosynthese freien Sauerstoff herzustellen begannen und so die Atmosphäre mit einer beträchtlichen Menge Sauerstoff anreicherten. Die Weichen für ein Leben auf der Erde waren somit gestellt.

Das Zeitalter sichtbaren Lebens gliedert sich in drei Perioden: das Paläozoikum (542 bis circa 251 Millionen Jahre), das Mesozoikum (251 bis etwa 65 Millionen Jahre) und das Känozoikum (65 Millionen Jahre bis in die Gegenwart). Die ersten Spuren stammen aus dem Kambrium. „Wir sprechen in diesem Zusammenhang auch von der ‚kambrischen Explosion der Organismenwelt‘“, erklärt Johann Hohenegger vom Institut für Paläontologie an der Universität Wien. „Schon nach kurzer Zeit fand man Schwämme, Vorformen der Mollusken und die ersten Brachiopoden (Armfüßer). Wenig später tauchen die ersten Trilobiten (Gliederfüßer) auf.“ Spielte sich bis dahin alles Leben im Wasser ab, wagten sich vor etwa 440 Millionen Jahren die ersten Pflanzen an Land. Nun war die Zeit gekommen, in der auch die Tiere ohne Probleme die Festlandmassen erobern konnten.

Während des Karbons, das durch ein tropisch-heißes Klima geprägt war, eroberten riesige Bäume und Farne die Landmassen und bildeten den idealen Lebensraum für Insekten und Amphibien. Gegen Ende des





DER LAUF DER EVOLUTION

Vor 4,6 Milliarden Jahren begann die Geschichte der Erde. Im Zuge der Evolution haben sich die Lebewesen immer höher entwickelt - bis hin zum Menschen.

Zeitalter der Dinosaurier, die sich rasant entwickelten und Körpergrößen von unglaublichen Ausmaßen erreichten. Auf der einen Seite waren da die Herden der Pflanzenfresser und auf der anderen die erfolgreichen riesigen Räuber, wie der Tyrannosaurus. Krokodile von bis zu 15 Meter Länge durchstreiften die Gegenden auf der Suche nach Nahrung.

Am Ende der Kreidezeit fand das wohl berühmteste Massenaussterben der Erdgeschichte statt. Infolge eines Asteroideneinschlags wurde ein Gutteil der urzeitlichen Tier- und Pflanzenwelt ausgelöscht. Gleichzeitig machte diese Katastrophe, die sich vor 65 Millionen Jahren abspielte, den Weg in ein neues Zeitalter frei: jenes der Säugetiere. „Während des Känozoikums spielte bei der Entwicklung des Lebens auch das Klima eine tragende Rolle“, erzählt Johann Hohenegger. „Stiegen die Temperaturen zunächst deutlich an, kam es knapp 20 Millionen Jahre später zu einem gewaltigen Temperatursturz. Die Polarmeere öffneten sich und mit ihnen strömten plötzlich kalte Wassermassen in den Atlantik.“ Bedingt durch die Abkühlung des globalen Klimas breiteten sich vor allem die Gräser gut aus und bildeten die Grundlage für ein neues Ökosystem, das Tiere wie Ratten, Mäuse, Schlangen, Frösche und Singvögel bevorzugte.


Auch die Primaten, Huftiere, Rüssel-tiere, Nagetiere nahmen in dieser Epoche ihren Anfang. Eine ganz besondere Entwicklung erlebten die Affen und ihre Verwandten. Bis in das Pliozän verbreiteten sich die Menschenaffen in Afrika und sogar in Eurasien. Mit der Zeit entwickelten sich aus den Menschenaffen die ersten Hominiden. Auch wenn sie schon aufrecht gehen konnten, erschienen die Homines erst vor circa 2,5 bis 2 Millionen Jahren. Diese Frühmenschen zeichneten sich durch eine große Gehirnmasse aus und waren die Ersten, die Werkzeuge benutzten. Vor ungefähr 1,6 Millionen Jahren schließlich verließ *Homo erectus* Afrika, um sich in anderen Erdteilen anzusiedeln. 🌐

Evolution im Internet:

- Darwin-Jahr: www.charles-darwin-jahr.at
- Darwins Werke: <http://darwin-online.org.uk>
- Alle Links zum Anklicken: www.universum.co.at

Karbons zeigen sich die ersten Reptilien, die durch optimierte Fortpflanzungstechniken nun vom Wasser unabhängig waren. Die entscheidende Epoche für die Entwicklung des Lebens war das Erdmittelalter, auch Mesozoikum genannt. Den Meeresboden eroberten neben Muscheln und Schnecken vor allem die Ammoniten. Erstmals vor etwa 440 Millionen Jahren aufgetreten, entpupp-

ten sie sich als äußerst erfolgreiche Räuber und erlebten im Trias- und Jurazeitalter ihre Blütezeit. Den Forschern dienen sie heute als Leitfossilien. „Das liegt daran, dass wir mithilfe der Ammoniten eine zeitliche Gliederung mit einer Genauigkeit von 100.000 Jahren machen können“, so Leo Krystyn vom Wiener Institut für Paläontologie. An Land ist das Mesozoikum eindeutig das



REKORDSTEINBRUCH
Der Steinbruch am Pfaffenberg in Bad Deutsch-Altenburg in Niederösterreich ist der größte Österreichs. Abgebaut werden rund 240 Millionen Jahre alte Dolomite.

STEIN AUF STEIN

EIN BERICHT VON EVA-MARIA GRUBER

Mineralische Rohstoffe sind die Grundlage nahezu aller Produkte der modernen Gesellschaft und ein Fundament der Wirtschaft. Österreich steuert allerdings auf einen Ressourcenmangel zu. Eine nachhaltig ausgerichtete Rohstoffpolitik soll die Verfügbarkeit für die kommenden Generationen sichern.

FOTO: M. SPILLUTTI

Ein Gedankenspiel zu Beginn: Werfen Sie einen Blick rund um die eigene Achse und raten Sie: Welcher der umliegenden Gegenstände besteht nicht aus Sand, Kies, Kalk, Ton, Eisen, Nickel, Wolfram oder ähnlichen mineralischen Rohstoffen oder braucht zu seiner Fertigung zumindest eine dieser Substanzen in Form von Werkzeug, Maschinen oder Industriegebäuden? Gar nicht so einfach, oder? Denn nahezu alles rund um uns herum basiert auf mineralischen Rohstoffen. Und ja, auch die Zahnpasta und den raffinierten Zucker gäbe es nicht, würde zu ihrer Produktion nicht Kalkstein zur Verfügung stehen. Wir alle nutzen diese Materialien täglich – vom Haus- und Straßenbau über die Glaserzeugung bis hin zu elektronischen Geräten wie Computer oder Handy.

Pro Jahr benötigt jeder Österreicher im Durchschnitt 12 Tonnen an mineralischen Rohstoffen – dazu zählen Baurohstoffe wie

Tone, Sand, Kies, Schotter oder Naturstein, aber auch Industriemineralien wie Kaolin oder Magnesit und Metallerze wie Eisen, Kupfer, Wolfram oder Molybdän. Rund 440 Tonnen an mineralischen Rohstoffen braucht man für den Bau eines Einfamilienhauses mit Keller. Ein Computer besteht aus etwa 30 Metallen – von Aluminium über Kupfer und Wolfram bis Zinn. Über eine Tonne Eisen und Stahl stecken in einem Mittelklassewagen. Für einen einzigen Kilometer Autobahn werden rund 160.000 Tonnen mineralische Rohstoffe verbaut. Auch Kosmetika und Medikamente sind zu einem großen Teil nicht ohne mineralische Rohstoffe herstellbar. Ein riesiger Bedarf also,

SCHWERER KILOMETER

Etwa 160.000 Tonnen mineralische Rohstoffe wie Kies, Zement und Stahl werden für einen Kilometer Autobahn benötigt.

der in Österreich von über 950 aktiven Sand- und Kiesgruben, rund 250 Steinbrüchen, aus größeren und kleineren Lagerstätten gedeckt wird, die jährlich weit mehr als 110 Millionen Tonnen Industrie- und Baurohstoffe gewinnen.

„Die wenigsten Menschen sind sich darüber im Klaren, wie viele Rohstoffe täglich verarbeitet werden und uns einen angenehmen Lebensstandard sichern“, erläutert Leopold Weber. Der Leiter der Abteilung Rohstoff- und Grundstoffpolitik im Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Familie und Jugend kämpft tagtäglich um ein besseres Bewusstsein für die immense Bedeutung mineralischer Rohstoffe. Die Rede ist von Rohstoffen, die nicht nachwachsen, die knapp werden und auch versiegen. „Weltweit steigt der Bedarf an diesen Stoffen“, sagt der Geologe. „Während allerdings in den beiden vergangenen Jahrzehnten die asiatischen Länder ihre Produktion an mine-





AUF DER BAUSTELLE

Chrom und Vanadium werden vor allem für Werkzeuge verwendet (li. o.). Die Putzindustrie benötigt besonders viel Sand, Kalk und Zement (li. u.).

METALLE IM ALLTAG

Silizium ist in Mikrochips (Mi. o.), veredelte mineralische Rohstoffe sind in Medikamenten und deren Verpackungen (Mi. u.) enthalten.

WELTVERBRAUCH

Das Wolfram der Glühwendeln kommt vielfach aus Mittersill (re. o.), zu den größten Kupfer-Verbrauchern weltweit zählen Japan und die EU (re. u.).

ralischen Rohstoffen mehr als verdoppelt haben, gehen die Abbauzahlen in der EU immer mehr zurück.“ Gleichzeitig zählt die EU aber nach Japan weltweit zu den größten Rohstoff-Verbrauchern. Und auch bei der Stahlproduktion ist die EU nach China der zweitgrößte Produzent.

Umgekehrt weist Europa bei vielen Rohstoffen eine Importabhängigkeit auf, deren Problematik aufgrund der spürbaren Angebotsverknappungen und der steigenden Rohstoffpreise immer mehr ins Bewusstsein

rückt. Zwei Drittel der importierten Rohstoffe – vor allem hochwertige Materialien wie Metall- und Energierohstoffe – stammen zudem aus instabilen, krisengebeutelten Ländern, die die Rohstoffsicherung zusätzlich erschweren. Die Folgen sind schwerwiegender, als dem Normalbürger klar ist: Denn an der Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen hängt nicht nur die Existenz zahlreicher wirtschaftlicher Branchen und der Zustand der Volkswirtschaft eines Landes, sondern auch die Bevölkerung mit ihrem ganz persönlichen täglichen Bedarf.

Lange Wertschöpfung

In Zahlen ausgedrückt bedeutet das für Österreich: „Mehr als 1 Milliarde Euro Produktion der Steinbrüche und Kiesgruben jährlich erzeugen rund 2,1 Milliarden Euro gesamtwirtschaftliche Produktion; d. h. mehr als die Hälfte ist echte Wertschöpfung“, fasst Robert Wasserbacher vom Forum mineralische Rohstoffe im Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreich zusammen. „Die Rohstoffwirtschaft sichert damit rund 14.600 Arbeitsplätze – rund 10.000 davon entfallen auf Wirtschaftsbereiche außerhalb der direkten Rohstoffproduktion.“ Und der Jurist ergänzt: „Nach der Versicherungs-, Lebens-

mittel- und Tourismusbranche gehört die Rohstoffgewinnung zum wichtigsten Produktionsmultiplikator des Landes“, so Wasserbacher. „Nach den Produktionsgruppen Kohle, Erdöl, Erdgas und Erze haben die mineralischen Rohstoffe die längste Wertschöpfungskette, was die große Bedeutung der mineralischen Rohstoffe für nachgelagerte Branchen belegt.“

Österreich ist dabei trotz Alpen, Flachland und Bergbautradition nicht unbedingt ein „Rohstoffland“. Kennzeichnend für die Alpenrepublik ist die Vielfalt an meist wirtschaftlich nicht bedeutenden Kleinlagerstätten. Von den ehemals tausenden untertägigen Bergbauen haben nur wenige große Bergbaue in spezifischen Rohstoffsegmenten überlebt. Bei den Rohstoffen Wolfram, Magnesit und Talk nimmt Österreich, obwohl es sonst im weltweiten Vergleich zu den kleineren Bergbauländern gehört, sogar eine bedeutende Rolle im Weltbergbau ein. So darf sich Österreich bei Magnesit zu den Hauptproduktionsländern in Europa zählen und liegt mit einer Förderung von 665.000 Tonnen im Jahre 2006 an sechster Stelle der Weltproduktion. Dazu kommt die Talkproduktion von 166.500 Tonnen des Jahres 2006, mit der Österreich der zehntgrößte Talkproduzent der Welt ist. Auch bei den



hochwertigen Metallerzen hält das Land bei der Spitze mit: Mit der Jahresförderung von rund 400.000 Tonnen im Jahr 2006 zählt der Wolframbergbau in Mittersill zu den größten der westlichen Welt. In der Rohstoffstatistik für das Jahr 2006 rangiert Österreich damit an dritter Stelle. Dazu kommt der Erzberg als Aushängeschild des heimischen Erzbergbaus und der Salzbergbau als wichtiger Rohstofflieferant.

Kies und Sand sind Mangelware

In Österreich an der Kippe zur Mangelware sind Baurohstoffe wie Sand, Kies und Schotter. Das mag zwar in einem Gebirgsland wie der Alpenrepublik überraschen, entspricht aber der Realität. „Fakt ist, dass in Österreich täglich eine Fläche von 20 Hektar für Bau- und Verkehrsflächen verloren geht“, so Weber. „Diese Bodenversiegelung erweist sich nicht nur für den Wasserhaushalt – im Hinblick auf die Aufnahmefähigkeit des Untergrundes – als negativ, sondern auch für die Rohstoffversorgung.“ Die Krux an der Sache: Straßen oder ähnliche infrastrukturelle Einrichtungen, die ihrerseits einen massiven Rohstoffbedarf

GRANITSTEINBRUCH

Im Steinbruch Hengl bei Limberg in Niederösterreich wird Granit (li.) gebrochen. Der dort vorkommende Maissaurer Granit ist 580 Millionen Jahre alt.

haben, machen jeden zukünftigen Abbau von Rohstoffen unmöglich. Somit ergibt sich ein doppelter Verlust.

Während Erze, Energierohstoffe und bestimmte hochwertige Industriemineralien aufgrund der hohen Rohstoffpreise international handelsfähig sind, müssen im Vergleich dazu niedrigpreisige Baurohstoffe wie Sand, Kies oder Bruchsteine im eigenen Land aufgebracht werden. Bereits ab Distanzen von mehr als 30 Kilometern übersteigen die Transportkosten den Rohstoffwert, es entsteht Schaden an der Umwelt und der Rohstoffverbrauch wird neuerlich angekurbelt. Nahversorgung ist daher angesagt – und da fangen die Schwierigkeiten an. Robert Wasserbacher konkretisiert das Problem: „Rund um Wien gibt es beispielsweise riesige Kieslagerstätten, die sukzessive zubetoniert werden“, so der Jurist. „Damit schneidet man sich den Zu-

gang zu qualitativ wertvollen Ressourcen ab, die künftig fehlen werden.“

Regionaler Abbau ist also gefragt. Keine einfache Angelegenheit, sieht man sich die Lagerstättenkarte mit der Verteilung adäquater Gewinnungsflächen für Baurohstoffe an. „Sowohl die groben als auch die feinen Lockergesteine kommen in unterschiedlichen geologischen Einheiten vor“, erklärt Maria Heinrich. „Ihre Entstehung steht vielfach in Zusammenhang mit der von der Klimarhythmik der Eiszeit geprägten erdgeschichtlichen Entwicklung. Aufgrund dieser Entstehungsgeschichte ergibt sich eine Konzentration der Vorkommen auf die auch sonst stark genutzten Niederungen wie entlang von Flussläufen im Alpenvorland oder in den Tälern der Alpinregion.“ Der Rohstoffabbau kommt also schlichtweg dem Siedlungsbau in die Quere.

Kies ist nicht gleich Kies

Speziell bei den Kies, so die Leiterin der Fachabteilung Rohstoffgeologie an der Geologischen Bundesanstalt, sei eine Kollision mit ihrer Funktion als Porengrundwasserträger und den Grundwassererschließungen

von Bedeutung. „Deshalb ist es besonders wichtig, die Verteilung der Lockergesteinseinheiten und ihrer Qualitäten zu kennen, um Konflikte mit anderen Nutzungsansprüchen vorausschauend zu vermeiden“, fügt die Expertin für Baurohstoffe hinzu. „Denn nicht jeder Kies hat dieselben Eigenschaften und eignet sich gleich gut für die Nutzung als Baustoff“, führt Heinrich aus. „Zudem variiert auch die Menge an Roh-

stoffvorkommen von Gegend zu Gegend.“ Streicht man also die qualitativ weniger interessanten Lagerstätten weg, bleibt pro Bundesland eine überschaubare Zahl potenzieller Lagerstätten übrig. Das sind solche Bereiche, die weder bereits baugewidmet noch geschützte Grundwasserträger oder Naturschutzgebiet sind.

Nur mehr eine Frage der Zeit ist es, bis in den kommenden Jahren in bestimmten Regionen Österreichs die Baurohstoffe derart verknappen, dass sie künftig nur mehr über große Distanzen geliefert werden können. Wirtschaftlich und ökologisch also untragbar. „Die Nutzung der Ressourcen muss daher auf Nachhaltigkeit ausgerichtet sein, um auch in 50, 100 Jahren noch Sicherheit im Bereich der Nahversorgung mit Baurohstoffen bieten zu können“, resümiert Leopold Weber. „Und dies rufft nach einer konsequenten Rohstoffpolitik.“ Neben der Sicherung der Rohstoffversorgung aus Drittstaaten haben vor allem der Schutz und die Nutzung des heimischen Rohstoffpotenzials

eine zentrale Rolle – dessen ist sich auch der österreichische Gesetzgeber in den letzten zehn Jahren bewusst geworden.

Nachhaltiger Rohstoffplan

Mit der Entwicklung eines „Rohstoffplans“ beschreitet Österreich nun einen Pionierweg. „Sinn und Zweck dieses Rohstoffplans ist es, fachlich fundiert, in objektiver Weise und im Vorfeld der Unternehmen potenzielle Rohstoffgebiete zu identifizieren und diese nach sorgfältiger Konfliktbereinigung und Interessenabwägung mit Natur- und Umweltschutz, dem Grundwasserschutz und anderen berechtigten Ansprüchen an den Naturraum in der Raumordnung so zu sichern, dass diese Vorkommen auch künftig widerspruchsfrei genutzt werden können“, fasst Leopold Weber, Koordinator des Großprojekts, zusammen. Im Klartext: Auf Basis eines gemeinsam mit der Geologischen Bundesanstalt erstellten Lagerstättenplans für alle Bundesländer sucht das Wirtschaftsministerium die Kooperation mit den

BASIS FÜR KERAMIK

Der Stoober Ton (li. o.) ist die Grundlage für die keramische Industrie des Töpferdorfes Stooß im Burgenland.

BUNTE VIELFALT

Die bunten Pitzenbergschotter (li. u.) bei Münzkirchen in Oberösterreich sind besonders quarzreich.

WAS SIND MINERALISCHE ROHSTOFFE?

Dazu zählen Sand, Kies, Granit, Kalkstein, Dolomit, Mergel, Lehm und Ton, Schiefer und Gneis, und Industriemineralien wie Talk, Kaolin oder Gips aber auch die „klassischen“ Erze.

BAUROHSTOFFE

Die Gruppe umfasst eine Reihe von Fest- und Lockergesteinen, die wegen ihrer physikalisch-technischen Eigenschaften im Hoch-, Tief- und Verkehrswegebau verwendet werden. Mit einer jährlichen Gesamtproduktion von etwa 110 Millionen Tonnen sind sie mengenmäßig die bedeutendste Gruppe der festen mineralischen Rohstoffe in Österreich. Ihre Gewinnung erfolgt meist in obertägigen Kiesgruben und Steinbrüchen und spiegelt eine regionale Nutzungsstruktur wieder.

SAND & KIES

Im Jahr 2007 wurden in der Alpenrepublik mehr als 70 Millionen Tonnen Kies und Sand abgebaut. Qualitativ hochwertige sandige Kiese liegen vorwiegend in den quartären Terras-

sen der Donau und der Schmelzwasserzuflüsse im Alpenvorland und am Alpenostrand. Auch in den ehemals vergletscherten Regionen sind mächtige Kies-Sandlagerstätten zu finden. Stellenweise werden auch Hangschuttvorkommen in den Gebirgsregionen und postglaziale bis rezente Kiessande entlang der Bäche und Flüsse in allen geologischen Einheiten genutzt.

NATURSTEIN

Natursteine sind Basis für die Gestaltung unserer Häuser: Steinplatten für Wände und Böden, in Bad und Küche. Randleisten für Gehsteige erhöhen die Sicherheit, Blöcke und Platten verschönern unsere Städte und Dörfer. Gebrochenes Gestein wird als Splitt für die Straßendeckschicht verwendet und erhöht die Verkehrssicherheit. Als Baustoff im Beton und Asphalt ist es notwendiger Bestandteil für Straßen, Autobahnen, Kanäle, Wasserleitungen und Kraftwerke. Mehr als 40 Millionen Tonnen Natursteine werden pro Jahr gewonnen und in Österreich verbaut.

WOLFRAM

Mit der Jahresbeförderung von rund 435.000 Tonnen im Jahr 2007 zählt der Wolframbergbau in Mittersill zu den größten der Welt.

MAGNESIT

Bei Magnesit gehört Österreich zu den Hauptproduktionsländern in Europa und liegt mit einer Förderung von 811.560 Tonnen im Jahre 2007 an sechster Stelle der Weltproduktion.

TALK

Österreich ist der weltweit zehntgrößte Talkproduzent. Im Jahr 2007 waren es 153.400 Tonnen.

SALZ

Österreich zählt zu den 25 wichtigsten Salzproduktionsländern der Welt. In Bad Ischl, Hallstatt und Altaussee werden jährlich mehr als drei Millionen Kubikmeter Salzsole gewonnen.

EISENGLIMMER

Die Gewinnung von Eisenglimmer bedeutet für Österreich im globalen Wettbewerb ein interessantes Nischensegment. Es findet sich unter anderem in Korrosionsschutzfarben wieder.



zuständigen Abteilungen in den Landesregierungen, um jene „letzten“ Flecken unverbauter, bracher Ressourcenflächen für einen künftigen Abbau zu sichern. „Ziel ist eine Art Absichtserklärung, ein Staatsvertrag zur Rohstoffsicherung, zwischen Bund und Ländern“, resümiert Weber.

In einer ersten Phase wurden die wesentlichen Fakten auf Basis von geologisch-rohstoffwirtschaftlichen Daten in Karten dokumentiert. In einer zweiten Phase sucht der Bund derzeit die Kooperation mit den Raumplanungsabteilungen der Länder, um jene Gebiete innerhalb der Planungsregionen auszuloten, wo eine konfliktarme Rohstoffgewinnung möglich ist. Der österreichische Rohstoffplan hat bereits EU-weit Schule gemacht: Der EU-Rat befürwortet im Zuge der „Raw Materials Initiative“ den Ansatz sogar als „best practice“-Modell eines nachhaltigen Ressourcenmanagements.

Stadt als künftiges Bergwerk

Eine innovative Lösung zur Ressourcen-Sicherung ist auch das Rohstoff-Recycling. „Künftig wird es immer wichtiger werden, auch die anfallenden ‚Rohstoff-Reste‘ adäquat wiederzuverwerten“, so Maria Heinrich. Unter dem Begriff „Urban Mining“

URBAN MINING

Baustelle Praterstern in Wien: Durch selektives Recycling können bei jedem Abbruch wertvolle Rohstoffe, Metalle und Beton wiederverwendet werden.

zeichnen sich auch erste Initiativen ab. In aktuellen abfallwirtschaftlichen Studien wird das Potenzial des Rohstofflagers Stadt erhoben und die Frage „Die Stadt – das Bergwerk der Zukunft?“ gestellt. „In unseren Metropolen liegen riesige Rohstoffressour-

WERTVOLLE NATURSTEINE

Der Engelsberger Marmor am Wiener Südbahnhof ist ein unwiederbringliches Dekorgestein, welches unbedingt gesichert werden muss.



cen. Wenn wir konsequent die Materialien erneuerter Straßenläufe und abgerissener Wohnhäuser ebenso wie jene Stoffe aus elektronischem Müll recyceln, tragen wir einen wesentlichen Teil zur nachhaltigen Rohstoffnutzung bei“, erläutert die Geologin.

Eines ihrer „Herzensprojekte“ spricht sie damit auch an: „Am Wiener Südbahnhof, der demnächst zugunsten des Hauptbahnhof-Neubaus abgerissen werden soll, findet sich ein wertvoller geologischer Schatz“, so Heinrich. „Die große Bahnhofshalle ist dort mit hochwertigen Naturstein-Dekorplatten aus hellbeigem Travertin sowie roten, weiß geaderten Kalksteinen – dem so genannten Engelsberger Marmor aus den Fischauer Bergen in Niederösterreich – verkleidet. Diese Natursteine sollen nun der Abrissbirne zum Opfer fallen.“ In einer groß angelegten Initiative will Heinrich die Platten retten. „Diese Natursteine sind ziemlich wertvoll und teuer“, so die Expertin. „Der Engelsberger Marmor – ein historisch bedeutsames Bau- und Dekorgestein – stammt aus einem stillgelegten Steinbruch, der inzwischen unter Schutz steht.“ Im Sinne der Nachhaltigkeit wäre die Sicherung der Platten also ein Vorzeigemodell für aktives „Urban Mining“.

DIE WELT DER ROHSTOFFE - IN ZAHLEN, DATEN UND FAKTEN

Wussten Sie, dass ...

... jeder Österreicher im Jahr durchschnittlich 12 Tonnen mineralische Rohstoffe benötigt? Österreichs Bedarf an mineralischen Rohstoffen liegt bei über 100 Millionen Tonnen pro Jahr!

Wussten Sie, dass ...

... ein 70-jähriger Mensch im Laufe seines Lebens über 1.000 Tonnen mineralische Rohstoffe benötigt. Ein Großteil entfällt auf Baurohstoffe wie Sand, Kies oder Bruchsteine.

Wussten Sie, dass ...

... dass die rund 950 aktiven Sand- und Kiesgruben und rund 250 Steinbrüche in Österreich zirka 65.000 Arbeitsplätze sichern? In der Bauwirtschaft sind es über 250.000 Arbeitsplätze, die durch Rohstoffgewinnung gesichert werden.

Wussten Sie, dass ...

... ein Computer aus 30 Metallen besteht? Von Aluminium über Kupfer und Wolfram bis Zinn. In den letzten 50 Jahren hat sich der Verbrauch an Kupfer und Eisen weltweit verdoppelt, jener von Aluminium verdreifacht. Der Verbrauch von Molybdän hat sich um 500 Prozent erhöht.

Wussten Sie, dass ...

... die Rohstoffindustrie einer der wichtigsten Produktionsmultiplikatoren des Landes ist? Nach Kohle, Erdöl, Erdgas und Erze haben mineralische Rohstoffe die längste Wertschöpfungskette.

Wussten Sie, dass ...

... ein Mittelklassewagen aus rund 1.020 Kilogramm Eisen und Stahl (Karosserie), 230 Kilogramm Gummi (Kalkmehl und Quarz) und Kunst-

stoffen (Erdölprodukte), 65 Kilogramm Aluminium (Motor), 35 Kilogramm Glas (aus Quarzsand, Feldspat, Dolomit,...), 12 Kilogramm Kupfer (Lichtmaschine, Verkabelung), 11 Kilogramm Blei (Batterie) und 9 Kilogramm Zink (Korrosionsschutz) besteht? In einem Kilometer Autobahn stecken rund 160.000 Tonnen mineralischer Rohstoffe.

Wussten Sie, dass ...

... ein Einfamilienhaus im Schnitt 440 Tonnen mineralischer Rohstoffe verbraucht? In einem Gründerzeithaus mit 100-Quadratmeter Wohnfläche finden sich 1.300 Kilogramm Metalle. In unseren heutigen Wohnbauten wird auf derselben Fläche die fünffache Menge an Metallen verbaut.

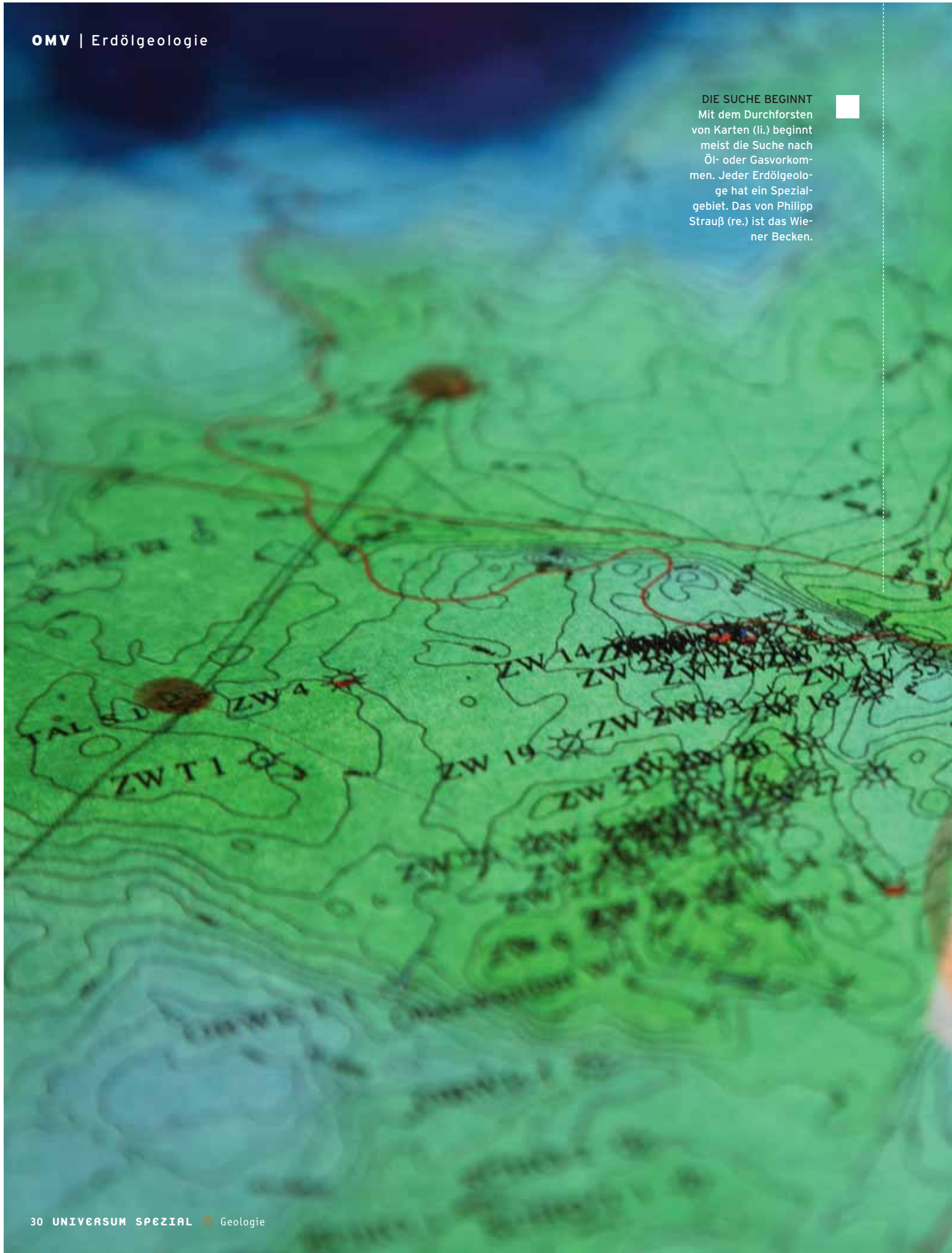
Forum mineralische Rohstoffe:

www.baustoffindustrie.at/forum

ILLU: GBA/APCD - WIEN 3



DIE SUCHE BEGINNT
Mit dem Durchforsten von Karten (li.) beginnt meist die Suche nach Öl- oder Gasvorkommen. Jeder Erdölgeologe hat ein Spezialgebiet. Das von Philipp Strauß (re.) ist das Wiener Becken.





DAS KREUZ AUF DER KARTE

EIN BERICHT VON URSEL NENDZIG

Viele Rädchen müssen ineinander greifen, um die Förderung von Erdöl und Erdgas zu bewerkstelligen. Ein Erdölgeologe ist unter anderem dafür zuständig, die Stelle auf der Landkarte zu markieren, an der nach Öl gebohrt werden soll. Damit trägt er eine ganz schöne Verantwortung. Wenn er richtig liegt, bedeutet es den Fund eines neuen Öl- oder Gasfeldes. Und wenn nicht?



Auf einem Leuchttisch breitet er die Landkarte aus. Sie ist bunt, orange-gelb die Erhebungen, grün die Senken. Das Wiener Becken. Der Geologe tippt mit dem Finger auf eine orangefarbene Fläche: der Spannberger Rücken. „Hier würde man mit hoher Wahrscheinlichkeit anfangen nach Öl zu suchen, wenn man das Wiener Becken nicht kennt“, so der Erdölgeologe. Ein Hügel bedeutet immer die Chance auf eine „Trap“, eine Falle, in der Öl und Gas wie unter einer umgedrehten Tasse eingeschlossen sein könnten. Deswegen wird zuerst nach Erhebungen gesucht. „Unter dieser hier ist aber leider kein Reservoir, kein Erdöl oder -gas eingeschlossen.“ Lagerstätten sind also nicht zwingend unter der höchsten Struktur.

Philipp Strauß ist Geologe. Im Dienste der OMV sucht er nach Öl- und Gasvorkommen im Wiener Becken. „Erdölgeologen“, so nennen er und seine Kollegen sich, auch wenn es sich dabei lediglich um einen Teilbereich der Erdwissenschaften

handelt. Zum Erdölgeologen wird man eigentlich erst durch praktische Erfahrung. Die Feinheiten von Bohren und Seismik lernt ein Geologe vor allem durch die Arbeit. Als Assistent eines erfahrenen Kollegen beginnt üblicherweise, was beim Bestimmen des Ortes, an dem gebohrt wird, endet. Kurse, das Besuchen der Bohrplätze, das Durchführen erster Projekte – es kann Jahre dauern, fit dafür zu werden, ein Kreuz auf die Karte zu zeichnen und damit jene Stelle zu markieren, an der gebohrt werden soll. Weltweit sind es etwa fünfzig Geologen, die in neunzehn Ländern im Auftrag der OMV nach Erdöl und Erdgas suchen.

Wie alles beginnt

Ein Projekt beginnt für einen Erdölgeologen beim Eintritt des Unternehmens in ein neues Land oder Gebiet mit einer so genannten Geländekampagne. Die kann bis zu zwei Jahre dauern. In dieser Zeit wird das Land bis ins kleinste Detail analysiert – eine Menge Gelände-, Schreib-

BOTEN AUS DER TIEFE

Sie geben Auskunft über das, was dort unten vorherrscht: Handstücke aus Aufschlüssen, ein Stück Bohrkern (Mi.) und Bohrklein (in den Plastikbehältern).

tisch- und Archivarbeit. Aus der Kartierung des Geländes kommen die lithologischen Informationen, also Informationen über die vorliegenden Gesteinsarten. Am Ende entsteht eine geologische Karte. Diese Karten – so auch jene, die am Leuchtpult liegt – zeigen die Ausdehnung, Höhe und dementsprechend die Lithologie.

Unerlässlich für diese Arbeit sind seismische Daten. Auf dem Bildschirm von Philipp Strauß flackert ein grau-schwarz verwischtes Bild und verdeutlicht die Gesteinsschichten, es erinnert an ein Ultraschallbild. Mit dem Mauszeiger kann es gedreht werden und entpuppt sich als Quader: ein 3-D-Seismik-Block. Er zeigt einen Teil des Wiener Beckens, unter anderem auch den Spannberger Rücken.



NICHT OBERFLÄCHLICH
Die Karten (u.) können nur die Oberfläche darstellen. Eine dreidimensionale Seismik (o., auf dem Computerbildschirm) ermöglicht den Blick in die Tiefe.

Bekommen hat der Geologe diese Daten von den Kollegen aus der Geophysik, die mit ausgefeilten Methoden den Untergrund durchleuchtet haben. Mittels Sprengung oder durch Spezialfahrzeuge für Vibroseismik wurde an der Erdoberfläche eine Vibration angeregt. Die breitet sich in den Gesteinen des Untergrundes mit charakteristischen Geschwindigkeiten aus. Ähnlich dem Echo von Schallwellen an Felswänden wird eine seismische Welle an den Grenzflächen zwischen einzelnen Gesteinsschichten reflektiert. Geophone registrieren die Reflexion seismischer Wellen an der Erdoberfläche. Die elektrischen Signale der Geophone werden digitalisiert, auf Datenträgern (Magnetbändern, Cartridges oder CDs) aufgezeichnet und können später mit speziellen Computersystemen weiter bearbeitet werden.

Werden die Geophone auf einer Linie angebracht, ergibt sich ein Querschnitt, geschieht es in einem Raster (üblich sind etwa alle 25 Meter ein Datenpunkt), ergibt das eine dreidimensionale Seismik (siehe

Kasten). Hunderte Rasterpunkte sind nötig, um dazwischen eine vernünftige Karte aufziehen zu können, die Antworten auf einige Fragen liefern soll: Wo könnte eine Lagerstätte sein? Was ist in der Lagerstätte? Wo ist ihre Oberkante, Unterkante? Handelt es sich um einen ganzen Block oder nur eine Lage?

Im Wiener Becken schaffen es die Geophysiker, pro Saison ganze 250 Quadratkilometer Fläche in Seismikblöcken darzustellen und den Erdölgeologen Material zu liefern. Sie müssen dabei allerdings auf den Fruchtwechsel der Bauern Rücksicht nehmen, weswegen es nicht immer so schnell geht wie gewünscht.

Ein Block mit Charakter

Der Seismik-Block stellt nicht nur räumliche Details sondern auch die Art des Sedimentes dar. Jede Schicht reflektiert den Schall in einer für sie charakteristischen Weise und liefert die Grundlage dafür, herauszulesen, was dort unten zu erwarten ist. Schotter, Sand, Flussläufe





SENDEN UND AUFNEHMEN
 Lastwagen mit Schwingmaschinen (gr. Bild) verursachen Wellen, die reflektiert und von auf Kabeln befestigten Geophonen (u.) aufgenommen werden.

sind für einen Geologen aus der grauschattierten Aufnahme zu erkennen. Was für Außenstehende nur nach einem schön geschwungenen, mäanderartigen Muster aussieht, deutet für den Geologen eventuell auf einen ehemaligen Fluss hin und ist damit besonders interessant – denn hier könnte Sand abgelagert worden sein. Und dieser ist bekannt dafür, ein Reservoir, also ein speicherfähiges Gestein, zu sein.

So wird jeder einzelne Seismik-Block, der von der Geophysik geliefert wird, durchgearbeitet. Schicht für Schicht, Horizont für Horizont. „Pro Seismik-Block haben wir zwei bis drei Neufunde“, sagt Erdölgeologe Philipp Strauß und meint damit die Entdeckung bisher unerschlossener Öl- oder Gasvorkommen. Die erste dreidimensionale Seismik gab es übrigens schon vor über dreißig Jahren, 1975, sogar digital. Für die damalige Zeit eine unglaubliche Computerleistung.

1994 wurden die ersten 3-D-Seismik-Aufnahmen im Wiener Becken gemacht. Gebiete von fast 2.000 Quadratkilome-



tern wurden seither übermessen. Um die Informationen über ein Gebiet möglichst konzentriert zusammenhalten zu können, kümmert sich idealerweise immer derselbe kleine Kreis an Erdölgeologen um eine Gegend. Im Fall des Wiener Beckens (eines der erdölreichsten Gebiete Mitteleuropas, aus dem Österreich mehr als ein

Zehntel seines Bedarfs fördert) sind es bei der OMV rund zehn Geologen. Diese bearbeiten die drei „Stockwerke“ des Wiener Beckens: das Neogen (den obersten Stock); das Autochthon (unterster Stock); am mittleren, den Kalkalpen, arbeitet Philipp Strauß gemeinsam mit drei weiteren Geologen.

Vielversprechendes Becken

Das Gebiet des Wiener Beckens hat sich in der Zwischenzeit als vielversprechendes Gebiet für Öl- und Gaslagerstätten herausgestellt – nicht nur im Untergrund. Denn ein Erdölgeologe erkennt bereits an der Erdoberfläche Kohlenwasserstoff-höfliche Sedimentbecken. Bleibt nur noch die Frage offen, in welcher der darunter liegenden Gesteinsschichten eventuell Öl vorkommen könnte. Denn eigentlich kann so gut wie jedes Gestein ein Reservoirgestein darstellen. Das macht die Entscheidung, die vor dem Erdölgeologen liegt – ob und an welcher Stelle eine Probebohrung, also ein Test, durchgeführt werden soll oder nicht –, umso schwieriger.



SEISMIK - DIE ERDE ABHORCHEN

Bei der Exploration, der Suche nach Erdöl und Erdgas, ist die Seismik eine zentrale Methode. Vor allem die Reflexionsseismik spielt eine große Rolle – für diese werden weltweit so gut wie alle finanziellen Mittel ausgegeben, die in geophysikalische Messungen investiert werden.

So weit, so gut – doch wie genau funktioniert eine solche Messung? Den Anfang macht eine Vibration, eine seismische Welle, die an der Erdoberfläche angeregt wird. Durch Sprengung oder durch ein Spezialfahrzeug für Vibroseismik werden diese Wellen erzeugt und in die Erde geschickt. Je nach Gesteinsart im Untergrund breiten sich die Wellen mit unterschiedlichen, charakteristischen Geschwindigkeiten aus. An den Grenzflächen zwischen den Gesteinsschichten wird die seismische Welle dann reflektiert und zurückgeworfen – ganz ähnlich dem Echo von Schallwellen an Felswänden.

An der Erdoberfläche werden die seismischen Wellen mit Geophonen registriert, die mit einer Spule und einem federnd gelagerten Magnetkern die elastischen Schwingungen der Vibration in elektrische Schwingungen (also Strom) umwandeln.

Die durch die Geophone empfangenen elektrischen Signale werden in der Messelektronik digitalisiert, also in einen Binärcode übertragen, um sie auf Datenträgern speichern und später bearbeiten zu können.

Im Falle einer zweidimensionalen Seismik erfolgen die Messungen entlang einer Linie – mit einer Schnittdarstellung des Untergrundes als Ergebnis. Will man ein räumliches Bild erhalten,

muss die dreidimensionale Seismik zum Einsatz kommen. In diesem Fall werden die Geophone flächig in einer Art Netzstruktur ausgelegt.

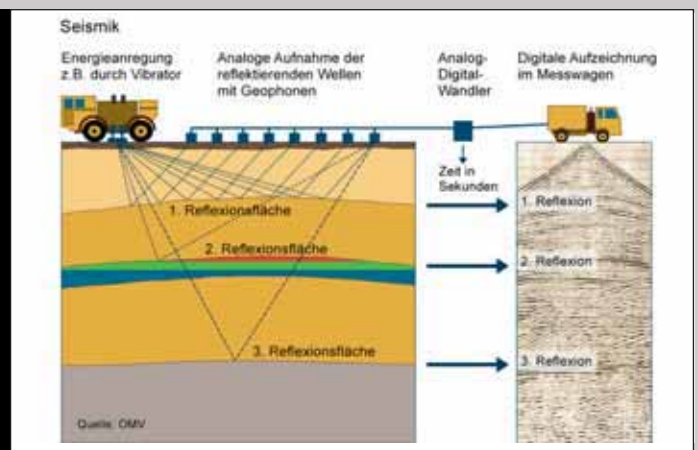
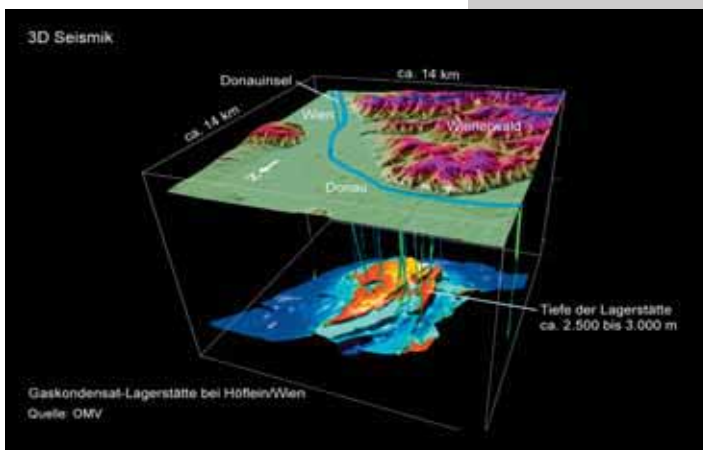
Die gespeicherten Rohdaten werden in der seismischen Datenverarbeitung zu einem möglichst genauen und detaillierten Bild des Untergrundes verarbeitet. Durch komplizierte Filter, verschiedene Korrekturen und Abbildungsmethoden werden Störsignale unterdrückt und Reflexionssignale verstärkt. Die Ergebnisse ermöglichen dem Fachmann einen Einblick in den Aufbau der Gesteinsschichten bis in einige tausend Meter Tiefe.

Das Endergebnis: ein physikalisches Bild des Untergrundes. Darin sind auch nichtseismische Informationen einbezogen, wie Oberflächengeologie, regionalgeologische Daten, Luft- und Satellitenbilddatenauswertungen oder Bohrungsdaten.

Offshore, auf hoher See, laufen seismische Messungen nicht viel anders ab. Der größte Unterschied ist, dass sich statt Fahrzeugen Spezialschiffe mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 bis 20 km/h entlang vorgegebener Linien fortbewegen und Vorrichtungen mit „Airguns“ (Stahlzylinder, die komprimierte Luft schlagartig ins Wasser abgeben können) und „Streamern“ (bis zu 8 km lange Kabeln, an denen Hydrophone, die den Geophonen entsprechen, angebracht sind) in einer Tiefe von circa 6-10 m hinter sich herziehen. Während der Akquisitionsphase zieht das Seismikboot die Airguns und mehrere parallel angeordnete Streamer in einem vorgegebenen Gebiet entlang eines gedachten Gitternetzes, wobei etwa alle 10 Sekunden eine Druckwelle ausgelöst wird.

SO FUNKTIONIERT'S

Um eine dreidimensionale Seismik wie die der Gaslagerstätte bei Höflein (u. li.) zu erhalten, werden von Vibratoren erzeugte Wellen, die sich an Gesteinsschichten brechen, von Geophonen aufgenommen (u. re.). Das Verfahren funktioniert ähnlich wie ein Echo.



VULKANOLOGIE

Was macht eine Vulkanologin bei der OMV? Martina Halmer schmunzelt. Vulkane haben es ihr aber auch angetan, ihre Doktorarbeit beschäftigte sich mit vulkanischen Gasen, bzw. den Abgabemengen von vulkanischen Gasen in die Erdatmosphäre. Sie reiste als Forscherin immer auf den Spuren der Vulkane: Chile, USA, Island, La Réunion ... Und landete schließlich nach einigen Umwegen im Geschäftsbereich Exploration & Production der OMV, sucht nun in Nordeuropa und Nordafrika nach Stellen, an denen sich nicht Vulkane, jedoch Erdöllagerstätten befinden könnten.

Die nicht zu bändigende Naturgewalt ist es, die sie fasziniert. Dass es zwar Forschungserfolge gibt, aber trotzdem noch viele Faktoren unverstanden und ungeklärt sind, sowohl bei den Vulkanen als auch bei der Suche nach Kohlenwasserstoffen.

Die Gegend um die Riegersburg (Steiermark) hat es Martina Halmer angetan, ein Gebiet, in dem es von Vulkanen nur so wimmelt. Rund vierzig erloschene Vulkane, die alle zwischen zwei und zehn Millionen Jahre alt sind. Geologisch gesehen relativ jung also. Einer davon dürfte einst die Größe des Ätnas gehabt haben, wurde im Laufe der Erdgeschichte allerdings zusedimentiert. Heute ragen nur noch rund dreihundert Meter heraus. Doch damals waren die Vulkane explosiv und produzierten über einen Zeitraum von Millionen von Jahren hinweg Tonnen an Lavagestein. Dieser Tatsache ist es auch zu verdanken, dass die Oststeiermark einen so guten Wein hervorbringt. Denn die vulkanische Erde ist eine besonders fruchtbare.

Aufgrund dieser Tatsache haben im Laufe der Jahre viele Menschen, die, von fruchtbaren Bö-

den angezogen um die Vulkane siedelten, ihr Leben verloren. Das prominenteste Beispiel hierfür ist das Städtchen Pompeji, am Fuße des Vulkans Vesuv im Golf von Neapel gelegen. Überrumpelt von einem Ausbruch wurde die gesamte Stadt blitzartig von einer meterhohen Ascheschicht bedeckt. Die meisten Menschen kamen durch einen schnellen Erstickungstod ums Leben.

Italien ist noch heute ein Mekka für Vulkanologen und Vulkanbegeisterte. In den Vulkan-Observatorien stehen die dicht besiedelten Vulkane des Mittelmeerraumes unter ständiger Beobachtung, um die Gefahr eines erneuten Ausbruchs rechtzeitig zu erkennen und im Notfall die dort lebende Bevölkerung zu evakuieren bzw. vorzuwarnen.

Bei Martina Halmers Suche nach Erdöl können Vulkane zum Glück kein Hindernis sein. Es kann zwar vorkommen, dass Vulkanite (vulkanisches Gestein) in der Nähe von Öllagerstätten vorhanden sind. Diese Schichten sind jedoch längst abgekühlt und haben nur geringen Einfluss auf die Erdölsuche bzw. -förderung. Auch bei der Arbeit offshore, auf offener See, spielen die Vulkane nur eine untergeordnete Rolle. Dort treten sie hauptsächlich an der Mittelnaht des Atlantiks auf, somit an jenen Orten, wo es ohnehin keinen Anlass zu bohren gibt. Martina Halmer befindet sich dennoch in der glücklichen Lage, beide Teilaspekte der Geologie zum einen als Beruf (Explorationsgeologie) auszuüben und zum anderen ihre Leidenschaft für Vulkane weiterhin ausleben zu können.



LABORARBEITEN

Durch Analyse von Flüssigproben (Wasser, Öl) aus dem Gestein ergeben sich Informationen über Inhalt und Größe von Lagerstätten.

Eine Entscheidung muss trotzdem gefällt werden, so ist das eben, nach allem Recherchieren in Karten, Querschnitten und Seismik-Blöcken muss schließlich jener Punkt, die „Target Location“, definiert werden, an dem die Bohrung abgeteuft, also in die Tiefe des Erdreichs geschickt wird. An diesem Punkt wird das geologische Projekt in die Tat umgesetzt. Der Erdölgeologe entwickelt sein Projekt und schlägt es dem Management vor. Es wird die zu erwartende Menge Kohlenwasserstoffe berechnet, die Komplexität der Bohrung und damit entstehende Kosten werden berücksichtigt – und viele andere Überlegungen miteinbezogen, die über die Wirtschaftlichkeit entscheiden.

Gibt es aus geologischer und wirtschaftlicher Richtung ein „Ja“, baut sich innerhalb kürzester Zeit eine beeindruckende Infrastruktur, fast eine kleine Stadt, rund um das Bohrloch auf. Vor Beginn der Bohrung erstellt der Erdölgeologe dafür eine sogenannte „well prognosis“. In diesem



Dokument sind alle geologischen Eigenheiten des Untergrundes zusammengefasst, auf die man während der Bohrung treffen wird: Wechsel der Gesteinsschichten, die Lage des vermuteten Ölfeldes. Nach dieser Karte instruiert der Erdölgeologe die Bohringenieurere.

Gebohrt wird rund um die Uhr, sieben Tage die Woche, drei bis vier Monate am Stück, bis ein Bohrloch von bis zu sechs Kilometer Tiefe entsteht. In dieser Zeit hat der Geologe lange Arbeitstage zu bewältigen. Um 8.30 Uhr gibt es das erste, manchmal um 20.30 das letzte Update über den Verlauf der Bohrung. In der Zeit der Bohrung ist auch an ruhigen Schlaf nicht zu denken, denn: Sobald eine Abweichung von der „well prognosis“ auftaucht, läutet das Telefon.

Im Normalfall weicht die Karte tatsächlich ein bisschen von der Realität ab. Eine exakte Prognose basierend auf Karten und Datensätzen ist schwierig. Auch die Wahrscheinlichkeit, tatsächlich ein Ölfeld aufge-

spürt zu haben, spricht gegen den Erdölgeologen: Die Erfolgsquote der Bohrungen liegt weltweit nur bei rund 20 Prozent, die OMV liefert meist noch bessere Zahlen. Das bedeutet, und das ist die gute Nachricht: Es wird immer noch Öl gefunden.

Unter ständiger Beobachtung

Während eine Bohrung läuft, wird ständig neu bewertet. Zu diesem Zweck wird das Bohrklein, das Gestein, welches der Bohrmeißel aufbricht, analysiert. Dies geschieht in regelmäßigen Abständen zwischen einem und zehn Metern. Das Klein wird hunderte Meter nach oben ans Tageslicht transportiert, um zu zeigen, wie die Wirklichkeit mit der Prognose übereinstimmt, in welcher Gesteinsschicht sich die Bohrung tatsächlich gerade befindet. Um genauere Kenntnis über ein Reservoir zu erlangen, werden auch Kerne gezogen. Eine solche Kernentnahme ist nicht im Vorbeigehen zu erledigen, sondern dauert bis zu einer Woche. Die Bohrung muss an-

gehalten werden, das Bohrloch stabilisiert und der Kern heraufgeholt. Auch das gehört zu den Aufgaben eines Erdölgeologen: zu bestimmen, wo und wann ein Kern entnommen wird.

Bringt die Bohrung kein Ergebnis, spricht keinen Hinweis auf ein Reservoir, kann man damit rechnen, dass der ganze Gesteinskörper, der angebohrt wurde, kein Öl oder Gas enthält. Er kann also abgehakt werden – fürs Erste zumindest.

Denn zur Arbeit eines Erdölgeologen gehört auch das fast schon detektivartige Ermitteln. Manchmal wurde ein Gebiet von Anfang an falsch eingestuft. Deswegen werden bereits erhobene Daten immer und immer wieder durchleuchtet. Werden alte Karten noch mal herausgeholt und studiert, werden seismische Daten neu bewertet und an anderen Stellen Querschnitte erstellt, werden schon pensionierte Geologen zu ihren Erfahrungen befragt. Auch das Lager, in dem die Bohrkern aufbewahrt werden, ist ein Fundus

FOTOS: OMV, S. KNITTEL, ILLUS: OMV



OBJEKT DER BEGIERDE

Dieser Bohrkern besteht aus ölhaltigem Gestein – ein Volltreffer. Im Bohrkernlager wartet er darauf, für moderne Analysemethoden zur Verfügung zu stehen.

für neue Erkenntnisse. Dank fortschreitender Analysemethoden können einem Bohrkern Informationen entlockt werden, die all die Jahrzehnte zuvor anders interpretiert oder übersehen worden sind. Die Erdölgeologen lernen ständig aus dem bestehenden Datenvolumen. So wurde etwa das Gasfeld Strasshof, einst als unergiebig beurteilt, quasi wiederentdeckt.

Dort zeigte sich übrigens auch, dass es selbst für hartgesottene Geologen immer noch Überraschungen geben kann: Bei der Vorbereitung zur Grabung stießen die Geologen auf Reste eines keltischen Dorfes. 🌐



WO GAS WAR, KANN WIEDER GAS SEIN

Ist eine Öl- oder Gaslagerstätte am Ende ihres Förderlebens angelangt, kann Erdgas mit hohem Druck in das Speichergestein eingepresst werden. So haucht die OMV erschöpften Lagerstätten neues Leben ein. Und leistet einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit Österreichs.

EIN BERICHT VON URSEL NENDZIG

Viele scheinbar selbstverständliche Dinge zeigen ihren wahren Wert erst dann, wenn sie plötzlich nicht mehr vorhanden sind. Heizung aufdrehen, Gasherd anwerfen, warmes Wasser aus der Leitung – das alles funktioniert normalerweise ganz einwandfrei. Doch was, wenn das scheinbar selbstverständliche Erdgas einmal nicht mehr wie gewohnt zur Verfügung steht? So geschehen, als Anfang dieses Jahres der Gasimport nach Österreich plötzlich massiv eingeschränkt worden war. Viele Fragen stellten sich wie aus dem Nichts: Was bedeutet das für uns? Werden wir nicht mehr heizen können? Wie lange wird der Stopp dauern? Wie viel Gas brauchen wir? Und vor allem: Wie viel haben wir noch?

Noch während uns diese Fragen beschäftigten, gab es einige Antworten und Reaktionen von Seiten der OMV. Die Versorgung mit Erdgas war nicht gefährdet, denn: Die Gasspeicher waren voll. Wer sich jetzt eine große Halle vorstellte, in der das Gas gelagert wird, lag gründlich daneben. Denn das Gas wird, für uns unsichtbar, tief unter der Erdoberfläche gespeichert. Johann Glantschnig ist Leiter der Gasspeicher bei der OMV Austria (E&P) und klärt ein paar Fakten rund um die Vorräte unter der Erde. „Ehemalige Gas- und Öllagerstätten, die bereits ausgefördert sind, werden als Speicher für Erdgas genutzt“, sagt er. Das Gas wird in das Reservoirgestein wieder hineingepresst. „Denn wo Gas war, kann wieder Gas sein.“ Im Prinzip funktioniert

der technische Ablauf des Speicherns von Erdgas in zwei Schritten: dem Einpressen von Gas in die Lagerstätten und der Entnahme von Gas.

Der Hauptgrund für die Speicherung liegt nicht in einem so seltenen und unwahrscheinlichen Fall wie einem Lieferengpass. Vielmehr liegt dem die ungleiche Verteilung des Bedarfs zugrunde. Denn in der warmen Jahreszeit wird von den Haushalten naturgemäß weniger, in der kalten mehr Erdgas gebraucht. „Um diese Schiefelage auszugleichen, nutzen wir die Speicher.“ Da sowohl die Förderung als auch Lieferung über die Pipelines das ganze Jahr über gleichmäßig läuft, wird im Winter importiertes Erdgas mit einem Druck von bis zu 120 Bar in die unterirdischen Speicher gepresst. Im Sommer

AB NACH UNTEN

Um das Erdöl an die Oberfläche zu bekommen, muss erst einmal ein Loch her. Dafür, dass dieses an der richtigen Stelle in der Tiefe ankommt, sorgt der Bohringenieur. Der rechnet, plant, überwacht und korrigiert. Und schließlich dreht, brummt und rattert es am Bohrplatz. Ein Rundgang mit Tiefenwirkung.

VON URSEL NENDZIG

Das Rapsfeld steht in voller Blüte. Am Rand des gelben Meeres eine Kiesfläche, hundert mal fünfzig Meter. In ihrer Mitte ragt ein Turm schwindelerregend in die Höhe, man muss den Kopf weit in den Nacken legen, um seine Spitze gegen den strahlend blauen Himmel sehen zu können. Es brummt und klopft, rattert und quietscht. Hier zieht der Kran, ganz oben im Turm, eine mächtige Kette hoch. Dort rollt einer ein dickes Stahlseil zusammen. Ein Filter wird gereinigt, da hinten. Männer in Overalls laufen die Metalltreppen hinauf und hinunter. Lastwagen kommen und fahren wieder, Container sind zu einer Art Bürogebäude aufgestapelt. Inmitten des Geschehens behält OMV-Mitarbeiter Uwe Hellner die Übersicht, gerade bespricht er sich mit seinem Kollegen Erhard Luckner, dem OMV-Vertreter – seinem Ansprechpartner hier am Bohrplatz. Der so genann-





MÄCHTIGER TURM

Je länger die Teile des Bohrgestänges (li.), desto höher muss der Turm (ganz o.) sein, erklärt Uwe Hellner (o., ganz re.). Erhard Luckner ist sein erster Ansprechpartner, Gábor ist für den Zement zuständig (o., von li. nach re.).

te „Company Man“ ist dafür verantwortlich, dass das Projekt gemäß Bohrprogramm umgesetzt wird. Er ist der Mittler zwischen OMV und den für den Konzern arbeitenden Kontraktoren vor Ort. Er achtet auf die Verwendung der richtigen Werkzeuge, koordiniert die Servicefirmen, nimmt logistische Aufgaben wahr und behält auch bei schwierigen Arbeitsschritten stets die Übersicht.

Doch zurück zum Anfang. Uwe Hellner ist Bohringenieur und der Kopf hinter der Bohrung, die gerade im Gange ist. „Gänsersdorf 4“ ist ihr Name und sie wird 1.700 Meter tief in die Erde reichen, eine Explorationsbohrung. Mit ihr soll eine Schicht im Untergrund auf Ölführung untersucht werden. Dafür bekommt der

Bohringenieur von der Geologie ein „Target“, einen definierten Zielpunkt irgendwo tief unter der Erde. Nun ist es an ihm, festzulegen, wie dieses Ziel schnell, kosteneffizient und sicher erreicht werden soll. Ausgehend von Teufe und Durchmesser des Endpunktes berechnet er den Verlauf der Bohrung und geht dabei „von unten nach oben“ vor. Er bestimmt, welcher Bohrer für welche Gesteinsschicht verwendet wird. Er legt den Verlauf des Bohrpfad im Untergrund fest. Er errechnet – immer die Voraussagen der Geologen im Blick – die Geschwindigkeit, mit der die Bohrung abgeteuft wird. Diese schwankt mit der Gesteinsart – Granit wird langsamer durchbohrt als Sand oder Ton. „Der Geschwindigkeitsrekord“, sagt Uwe Hellner, „wurde erst vor kurzem gebrochen: 1.019 Meter an einem einzigen Tag.“

Das Ziel im Visier

Der Bohringenieur bestimmt schlussendlich auch den genauen Platz, von dem aus das „Target“ anvisiert werden soll. Geböhrt wird nämlich meistens nicht von direkt senkrecht darüber. Eine Bohrung ein oder zwei Kilometer vom Startpunkt entfernt zu landen ist für die OMV überhaupt kein Problem und auch keine Seltenheit. „Weltweit gibt es mittlerweile viele Bohrungen, die bei einer vertikalen Teufe von zwei Kilometern eine horizontale Abweichung von zehn Kilometern aufweisen“ erzählt Uwe Hellner. „Die OMV kann das jedoch besonders gut.“

Ist die ideale Stelle für den Start der Bohrung gefunden, treten die Bohrplatzbauer auf den Plan. Sie sind für die Struktur der Bohrung an der Oberfläche zuständig: Verhandlungen mit den Pächtern führen, einen Platz schottern und Fundamente für die Bohranlage installieren. Die Bohranlage selbst, mit dem charakteristischen Turm und all den Treppen, den mächtigen Stromgeneratoren, Winden und Maschinen, ist mobil und kann innerhalb einer Woche an jenen Ort gebracht



STABILISIERUNG
Durch die blauen Leitungen fließt Beton ins Bohrloch (o.). Die ersten 400 Meter sind gebohrt, jetzt wird ein Rohr einzementiert.

DIE HAND AM BOHRER
Im Fahrstand (li.) sitzt der „Driller“. Er ist derjenige, der bohrt. Dazu hat er Bildschirme, Anzeigen und einen Joystick.

KONTROLLGANG
Der Arbeiter eilt die Metallstiege des Bohrturms hinauf. Der Zement, der wieder nach oben dringt, muss kontrolliert werden (u.).

werden, an dem sie gebraucht wird. Um dann von all jenen bevölkert zu werden, die rund um die Bohrung arbeiten.

Das sind ganz schön viele. Vierzig Mann etwa umfasst die Mannschaft rund ums Bohrloch, fünfzehn davon sind im Schnitt anwesend, 24 Stunden am Tag sind Leute vor Ort. Einer davon sitzt im Fahrstand auf der Bohrplattform, neun Meter über dem Boden. Über Treppen gelangt er zu seinem Arbeitsplatz, der wie das Cockpit eines Flugzeuges anmutet. Bildschirme zu seiner rechten und linken, Knöpfe, Armaturen, ein Joystick. Ein Fenster gibt den Blick auf den Antrieb des Bohrers preis, ähnlich einer Bohrmaschine für den Hausgebrauch – nur viele Dimensionen größer.

„Er ist Driller, derjenige, der bohrt“, sagt Uwe Hellner und begrüßt ihn auf Englisch. „Wir arbeiten in einem internationalen Geschäft“, erklärt er. Davon zeugen nicht nur die Ausdrücke „Driller“ („Bohrer“), oder „Rig Floor“ („Arbeitsbühne“), auf dem wir uns befinden, das „Monkey Board“ weit über uns im Turm,

in dem das Gestänge beim Ausbau abgestellt wird, sondern auch die Bezeichnungen der Instrumente und Maschinen, wie „Iron Roughneck“, übersetzt „eiserner Bohrarbeiter“. Diese Vorrichtung dient dem Ver- und Entschrauben des Bohrgestänges. In knapp dreißig Meter langen Teilen – drei Stangen zu je zehn Metern sind zu einem Zug zusammengeschaubt – stehen sie in der Ecke und sehen nicht nur mächtig, massiv und unbeweglich aus, sondern fühlen sich auch genauso an. Doch sie sind extrem biegsam. „Im Vergleich zu ihrer Masse sind sie etwa so elastisch wie ein Haar“ erklärt einer der Arbeiter, wie alle mit Helm, Schutzanzug, Schutzbrille und Sicherheitsschuhen bekleidet – Sicherheit geht vor.

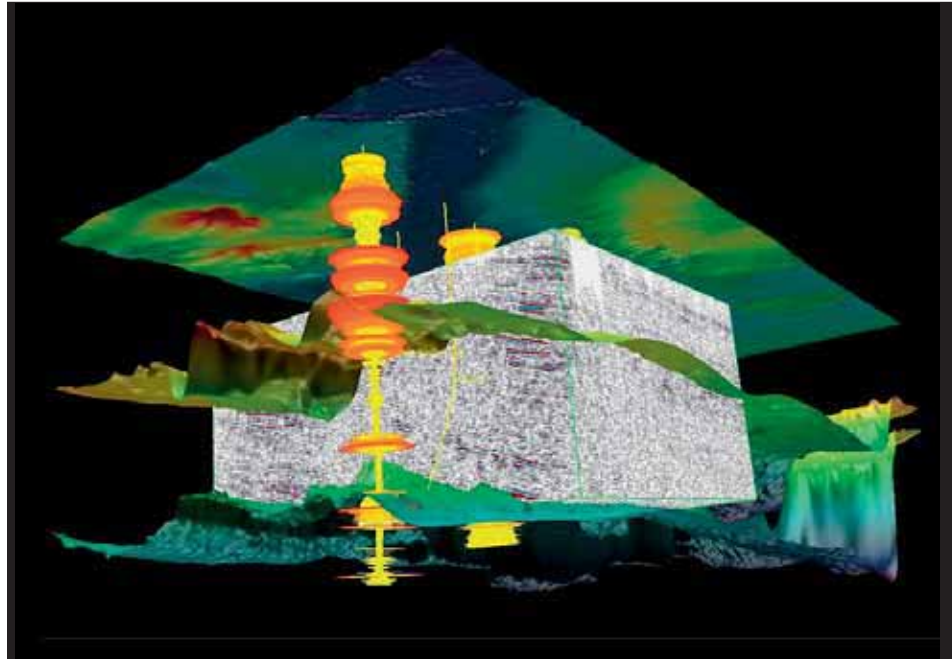
Das Loch wird stabilisiert

Im Moment befindet sich kein Bohrgestänge in der Bohrung, trotzdem herrscht höchste Geschäftigkeit. „Wir haben jetzt die ersten 400 Meter gebohrt und zur Stabilisierung ein Metallrohr eingebracht“, erklärt Uwe Hellner. „Dieses wird jetzt zur



WEGE IN DIE TIEFE

Eine Bohrung auf ihrem Weg durch die verschiedenen Gesteinsschichten. Die gelbe Linie in der Mitte zeigt eine abgelenkte Bohrung.



Verankerung im Gebirge zementiert.“ Mehr als zwanzig Kubikmeter Zement sind es, die dazu gerade durch die Leitungen gepumpt werden und die in der Bohrung befindliche Spülung zurück an die Oberfläche drängen. Die Spülung, die beim Abteufen in einem Kreislauf durch die Bohrung gepumpt wird, bringt das erbohrte Gestein mit herauf. Sie besteht aus Wasser und Zusätzen wie Bentonit, Kaliumkarbonat und Polymeren, um die Dichte, das Fließverhalten oder die Tragfähigkeit des Wassers zu verändern. Ein Spülungsingenieur prüft diese Eigenschaften durch Messungen regelmäßig, deren Ergebnisse dem Bohringenieur jeden Morgen im Spülungsbericht vorliegen.

„Das klingt jetzt vielleicht so, als wäre der Bohringenieur die wichtigste Person bei einer Bohrung“, sagt Uwe Hellner. „Das stimmt aber nicht. Wir sind ein Team.“ Dazu gehören sie alle, Bohrarbeiter, Schichtführer, Spülungs- und Zementationsingenieure oder auch der Company Man. „Wir“, und damit meint Uwe Hellner alle Beteiligten, „sind 24 Stunden am Tag, 365 Tage im Jahr flexibel. Denn wir müssen eingreifen, wenn plötzlich Probleme auftreten oder die Bohrung langsamer fortschreitet als geplant.“ Trotz aller Vorbereitung – eine hundertprozentige Sicherheit, wann die Bohrung auf welche Gesteinsschichten stoßen wird, gibt es nicht. Uwe Hellner sagt es mit einem alten Spruch der Bergleute: „Vor der Hacke ist es duster.“ Und vor dem Bohrmeißel einer Explorationsbohrung, die geologisches Neuland betritt, eben auch.

Uwe Hellner plant derzeit schon sein nächstes Projekt, eine tiefe Bohrung in der

Slowakei. Auch wenn der Bohringenieur schon einige Routine an den Tag legt, gibt es für ihn immer wieder Überraschungen. „Keine Bohrung ist wie die andere“, sagt er. Auch das Hoffen und Bangen, ob eine Bohrung fruchtig sein wird oder nicht, erfasst ihn jedes Mal aufs Neue. Das ganze Team freut sich, wenn mit einer Bohrung Öl oder Gas gefunden werden. „Schließlich ist die Bohrung unser aller Baby!“

MIT MEISSEL UND MANN

Erhard Luckner (li.) und Uwe Hellner (re.) begutachten den Meißel: Die drei Rollen sind mit Zähnen bestückt. Er hält ca. 10 Bohrungen.





PUMPENBOCK MIT UMLAUT

Der Pumpenbock trägt noch das „Ö“ der „Österreichischen Mineralölverwaltung“ – er stammt aus den Siebzigerjahren.

EINE GESCHICHTE MIT TIEFGANG

Die Geschichte der OMV ist mit der Geschichte der österreichischen Öl- und Gasexploration eng verknüpft. Und diese Geschichte wiederum spielt hauptsächlich in Niederösterreich. Denn hier wird durch die OMV als größter Arbeitgeber der Marchfeld-Region die bei weitem größte Menge Kohlenwasserstoff in Österreich produziert. Eine kurze Reise in großen Schritten durch die Zeit und in die Tiefe.

Die eigentliche Geschichte begann 1913, als der Bauer Medlen im slowakischen Gbely Austritte von Erdgas auf seinem Feld bemerkte. Er baute sich eine eigene kleine Förderanlage, ganz rustikal, und leitete das Gas in sein Haus, zum Heizen. Eine Gasexplosion lenkte die Aufmerksamkeit auf das Gebiet, das bis heute für überraschende Öl- und Gasfunde zu haben ist.

Ein Jahr nach Medlens Abenteuer wurde die erste Bohrung abgeteuft, 164 Meter. Damals galt die Annahme als gesichert, dass Öl oder Gas nur dort zu finden ist, wo man es auch sieht. Es hieß damals, man

könne jeden Liter Erdöl trinken, der im Wiener Becken gefunden werde – so sicher war man, dass kaum etwas zu holen sein würde. Die Einlösung dieses Versprechens hätte viele Millionen Liter Öl im Kaffeebecher beschert.

Öl-Boom am Steinberg

Es dauerte zwei Jahrzehnte bis zum Beginn der wirtschaftlichen Förderung in Niederösterreich. Damals, ab 1925, noch ohne das Hilfsmittel der Seismik, kartierte Erdöl-pionier Karl Friedl das Steinberggebiet bei Zistersdorf und vermutete dort eine „Falle“ oder „Trap“: eine Hochzone mit Absenkung an einem Bruch, prädestiniert dafür, Erdöl und Erdgas ansammeln zu können. Die ersten Bohrungen, die diese „Falle“ treffen sollten, verliefen mit wenig Erfolg. Erst die Bohrung „Gösting 2“ stieß in 926 Meter Tiefe auf einen Öl führenden Sand. Die Bohrung war mehr als ein einmaliger Erfolgstreffer. Entlang des Steinbergbruches wurden viele Fallen wie auf einer Perlenkette aufgefädelt entdeckt, es folgten Bohrungen in Gaiselberg, Zistersdorf, Plattwald, Altlichtenwart und Mühlberg, später Pirawarth, Hochleiten und Erdpress.

Einige Jahre nach dem „Boom“ entlang des Steinbergbruches im nördlichen Wiener Becken wurde im zentralen Wiener Becken, einst als aussichtslos abgestempelt, Matzen entdeckt. Es sollte sich als größtes zusammenhängendes Öl- und Gasfeld Mitteleuropas entpuppen. Bis es so weit war, wurde es erst einmal verkannt. Denn bereits zwischen 1915 und 1917 gab es eine Bohrung, bis knapp über 1.000 Meter tief. Damit lag sie direkt über dem Feld, aber nicht tief genug: Über 1.700 Meter reichte dreißig Jahre später, 1949, die erste erfolgreiche Bohrung „Matzen 3“, die auf den Matzener Sand, Träger der Hauptlagerstätte Matzen, stieß.

Lange beschäftigten sich Geologen und Bohrleute mit der Füllung des Wiener Beckens, die bis ca. 3.000 Meter hinabreicht. Es vergingen weitere zehn Jahre, bis der kalkalpine Untergrund des Wiener Beckens in den Mittelpunkt des Interesses rückte. Eine Bohrung, die eigentlich das Neogen (die jüngere Schicht der Ablagerungen im Wiener Becken) bis zum Untergrund erschließen sollte, brachte aus diesem einen Dolomit zutage, hartes, dichtes und damit vermeintlich uninteressantes Gestein. Den damals diensthabenden Geologen war aber aus den USA



GELEBTE GESCHICHTE

Geologen-Legende Godfrid Wessely war über dreißig Jahre (1959 bis 1992) bei der OMV und erlebte zahlreiche Meilensteine der Ölförderung mit.

MEILENSTEINE: ÖL UND GAS IM WIENER BECKEN UND DEN ALPEN NIEDERÖSTERREICHS

1913-1914 Gasexplosion in Gbely, 1914 erster Ölfund in 164 Meter Tiefe. **1915-1917** Erste Tiefbohrung „Raggendorf 1“ mit 1.070 Meter Endtiefe. **1934** Bohrung „Gösting 2“, erste wirtschaftliche Ölförderung. **1941** Entdeckung der Struktur Aderklaa an der Basis des Baden. **1949** Die Bohrung „Matzen 3“ trifft auf das Ölfeld Matzen, Hauptlagerstätte im 16. Torthonizont, in 1.742 Meter Tiefe. **1952** Das große Erdgasfeld Zwerndorf im neogenen Zwerndorfer Sand wird entdeckt. **1957** Entdeckung des Öl- und Gasfeldes Pirawath. **1959** Entdeckung von Sauergas in Aderklaa Tief ab 2.640 Meter Tiefe. **1960** Eine Bohrung trifft die Gaslagerstätte Baumgarten in der Dachsteinformation ab 2.530 Meter Tiefe. **1962** Die Bohrung „Schönkirchen Tief 2“ entdeckt die gleichnamige Öllagerstätte in 2.900 Meter Tiefe im Trias-Hauptdolomit. **1965** Im Fenster von Urmansau wird die erste Tiefbohrung in den Kalkalpen abgeteuft (zahlreiche Ölsuren). Erste Bestätigung weiter alpiner Deckenüberschiebungen durch die Bohrung „Urmansau 1“. **1968** „Schönkirchen Tief 32“ trifft auf die Gaslagerstätte Schönkirchen Übertief innerhalb des kalkalpinen Beckenuntergrundes mit bis zu 6.000 Meter Tiefe. **1971** Die Erschließung der Gas- und Öllagerstätte Reyersdorf im Hauptdolomit (3.000-3.500 Meter). **1977** Entdeckung der Gaslagerstätte Gänserndorf Übertief in bis zu 5.800 Meter Tiefe. **1977-1985** Die Bohrungen „Zistersdorf Übertief 1a“ (Endtiefe 7.544 Meter) und „2a“ (Endtiefe: 8.553 Meter) und „Aderklaa Übertief 1a“ (Endtiefe: 6.630 Meter) weisen das autochthone Mesozoikum im nördlichen Wiener Becken unter dem alpinen Deckenbau nach. **1980** trifft die Bohrung „Zistersdorf Übertief 1a“ in 7.544 Meter Tiefe auf Gas. **1978** „Bernsdorf 1“ ist die tiefste Bohrung in den niederösterreichischen Kalkalpen: 6.028 Meter im Beckenuntergrund. **1982-1984** Die Bohrung „Maustrenk Übertief a“ mit über 6.500 Meter Endtiefe deckt das bis dato tiefste Ölvorkommen im Wiener Becken auf. **Ab 1980** Bohrungen unter 3.000 Meter finden in den Alpen das Gaskondensatfeld Höflein unter mächtigen Flyschabfolgen aus Ablagerungen des Dogger des autochthonen Mesozoikums. **2002** Das Ölvorkommen in den Neogensanden von Erdpress wird gefunden. **2005** Durch Neuinterpretation der Struktur Reyersdorf (auf Grund einer neueren seismischen 3-D-Messung) wird Strasshof entdeckt, ebenso das Gasvorkommen im Hauptdolomit von Ebental Tief 1. **Ab 2005** Exploration auf das Feld Strasshof bis in 6.019 Meter Tiefe. **2008** Fertigstellung der Obertageeinrichtungen und Erweiterung der Kapazitäten für Gasaufbereitung in Ebenthal und Strasshof.

schon bekannt, dass in diesem Gestein Gas sein könnte. Und so brachte ein Test in der Bohrung „Aderklaa 78“ tatsächlich so viel Gas, dass selbst der letzte Zweifler staunen musste. Geologe Godfrid Wessely trat 1959 in die ÖMV ein und erlebte den Beginn der tiefen Bohrungen im kalkalpinen Beckenuntergrund mit. Die bis dato tiefste Bohrung mit über 2.600 Metern traf das Feld Aderklaa und war der erste Fund im Dolomit. Ein scheinbar unmögliches Ereignis wurde wahr. Der Startschuss zu weiteren tiefen und über-tiefen Bohrungen war gelegt.

Jede Bohrung neues Wissen

Über fünf Jahre hinweg trafen drei übertiefe Bohrungen den Körper Schönkirchen Übertief – ohne dass die Geologen sich auf seismische Daten berufen hätten können. „Allein die Vorstellungen, die sich aus Beobachtungen der Oberfläche ableiteten, standen zur Verfügung“, erinnert sich Godfrid Wessely. Heute sind durch die Möglichkeit einer dreidimensionalen Seismik Zonengrenzen, Gesteinsarten, Speicher oder Abdichtungen theoretisch auch ohne Bohrung erfassbar. Und doch: „Endgültige Klarheit über den Untergrund kann man nur durch eine Bohrung erlangen.“

Ende der Siebzigerjahre begann die Zeit der ultratiefen Bohrungen. „Aderklaa Ultratief 1a“ erreichte 6.630 Meter. „Zistersdorf Übertief 1a“ hatte bei 7.544 Metern einen Gaskick, gemäß dem eine Tagesförderung von gar 1,3 Millionen Kubikmeter reinen Methans zu erwarten gewesen wäre“, erinnert sich der Geologe. „Die Bohrung musste allerdings aufgegeben und abgedichtet werden.“ Die daneben angesetzte Ersatzbohrung „Zistersdorf Übertief 2a“ erreichte eine Endtiefe von stolzen 8.553 Metern, konnte aber die anscheinend steil gelagerte Gaszone nicht antreffen. Der besonders hohe Überdruck in der Formation und die 240 °C erreichende Temperatur waren eine hohe Herausforderung für die Bohrtechniker. Die Bohrung wies ein über 900 Meter mächtiges Muttergestein nach, was den Untergrund des Wiener Beckens weiterhin äußerst prospektiv macht, dies bei allerdings hohen Bohrkosten.

Bis heute ist das Wiener Becken nicht ausgereizt. Mit dreidimensionalen Seismikdaten kann man immer noch große Lagerstätten finden. Die jungen Geologen seien jetzt gefragt, sagt Godfrid Wessely, der 1992 in den Ruhestand wechselte. Denn: „Die haben noch genug zu tun.“

WIE ALLES BEGANN

Die Bohrung „Gösting 2“ markierte 1934 den Beginn der wirtschaftlichen Ölförderung in Österreich.



Stolz zeigt der zwölfjährige Jakob seinen Goldfund, den er eigenhändig aus der Fleiß bei Heiligenblut gewaschen hat. Zimperlich darf man als Goldwäscher nicht sein. Mit einer Goldwaschpfanne ausgestattet hat er drei Stunden lang im eiskalten Gebirgsbach die Sande gewaschen.

Jakob ist einer von vielen, die jährlich privat oder in eigens von den „Goldwaschorten“ der Hohen Tauern, wie Heiligenblut oder Rauris, angebotenen Kursen dem Goldwaschen frönen, das jahrhundertlang von den Bauern als Nebengewerbe betrieben wurde. Das Waschgold entsteht aus den primären Goldvorkommen, dem „Gesteinsgold“. Mit der Zeit verwittern die Begleitminerale, das chemisch widerstandsfähigere Metall wird aus dem Gestein freigesetzt

und von den Bächen und Flüssen abtransportiert. Es setzt sich als feiner Staub, als Blättchen, Körner und nur selten als Nuggets in den Gewässersanden ab. Was nur wenige wissen: Das rare Donaugold ist im Grunde von den Alpenflüssen mitgeführtes Tauerngold.

Doch wie kam eigentlich das Gold in die Alpen? „Es ist ein Produkt der alpinen Regionalmetamorphose vor rund 30 Millionen Jahren, bei der auch unsere Alpen entstanden sind“, weiß der Salzburger Geologe Werner Paar, der gemeinsam mit zwei Kollegen 2006 die Monografie „Das Buch des Tauerngoldes“ herausbrachte. 300 bis 400 °C heiße, aus den Erdtiefen aufsteigende Lösungen, angereichert mit Metallen aus den Nebengesteinen, stiegen durch Störungen und Klüfte in höhere Gebirgszonen auf, kühlten ab und reicher-

ten sich in Hohlräumen an. Ihr Metallgehalt wurde ausgefällt. Der Geologe spricht von Erzgängen.

Mit Schlegel und Eisen

Nach der Bildung der alpinen Goldvorkommen wurden die primären Golderze in den oberflächlichen Bereichen durch Wasser, Sauerstoff und Kohlendioxid verändert, sie wurden oxidiert. Die häufigsten sulfidischen Begleiter des gelblich glänzenden Metalls, Pyrit und Arsenkies, wurden in braunen Limonit und grünen Skorodit umgewandelt. Sie lassen sich heute noch dort finden, wo Golderze an der Oberfläche sichtbar sind. Bei diesem Verwitterungsprozess kam es zu einer ergebnisreichen Anreicherung des Edelmetalls, sodass die Ausbisszonen der Erzgänge im Goldbergbau besonders gefragt waren.

DER GOLDDRAUSCH IN DEN TAUERN

EIN BERICHT VON PETRA PAUMKIRCHNER

Das legendäre Tauerngold zieht die Menschen seit alters her in seinen Bann. Schon die Römer zog das Gold in die Ostalpen. Im 14. und 16. Jahrhundert erlebte der Goldbergbau seine Blütezeit. 30 Gewerken und 2.000 Knappen waren im Bergbau beschäftigt. Heute ist das Goldwaschen abenteuerliche Touristen- und Laienattraktion.



ECHTES GOLD
„Goldblech“ - 2 Zentimeter groß - kommt als gediegenes Gold in Quarzdrusen vor (Fundort: Altenberg im Lungau).

REICHTUM HINTER FELSEN
Knappe vor dem Stolleneingang zum Bergwerk Rotgülden (Salzburg/Lungau): Hier wurden einst Gold, Silber und auch Arsen abgebaut.

GOLDWASCHEN
in den Tauern (li.), der Spaß ist immer dabei. Wer besonders eifrig ist, wird mit ein paar Bröserln echtem Gold belohnt.

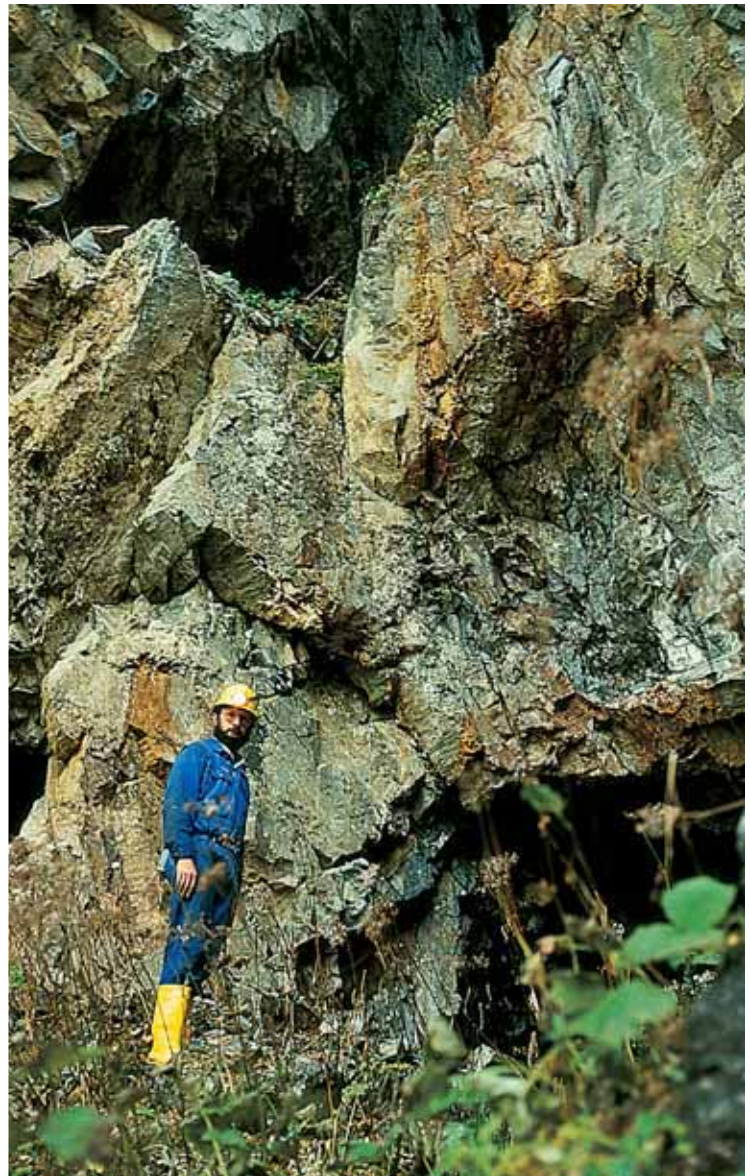


FOTO: W. PAAR, D. ZUPANC, J. BURGSTALLER

Schon Römer und Kelten waren der Aura des Aurums der Ostalpen verfallen. Ab dem 12. Jahrhundert wurde das Tauerngold zu einem der wichtigsten Münzmetalle im alpenländischen Zahlungsverkehr. Die erste Hochblüte des Tauerngoldbergbaus war in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts. Es werden Jahreserträge von 50 Kilogramm Gold angenommen. Die österreichischen Herzöge besaßen schon vor der Goldenen Bulle von 1356 das Bergregal. Sie verpachteten die Bergbaurechte an Gewerken. Bis zur Einführung des Schießpulvers arbeiteten die Knappen mit den Insignien des Bergbaus, mit Schlegel und Eisen. 5.650 Meter Stollen wurden auf diese Weise im Hohen Goldberg erschlossen. Aus einer Bergordnung aus dem Jahre 1532 geht hervor, dass die Knappen wöchentlich 44 Stunden

arbeiteten. In hoch gelegenen Gruben versahen sie von Dienstag bis Freitag Dienst, um am Samstag ins Tal hinabzusteigen, den Sonntag bei der Familie zu verbringen und am Montag 3.000 Meter wieder aufzusteigen.

Im 16. Jahrhundert boomte der Goldbergbau erneut. Das Geschäft war in der Hand einiger weniger, die immer reicher wurden, während die Knappschaft verarmte. Eine der angesehensten Gewerkefamilien dieser Zeit waren die Weitmoser.

Im 17. Jahrhundert kommt es zum Verfall der Bergwerke. Einerseits war der Vorstoß der Gletscher, die die Mundlöcher der Stollen vereisten, daran schuld, andererseits begannen die Golderträge zu versiegen. Die „Neue Welt“ eröffnete viel reichhaltigere Goldlagerstätten. Trotz einiger Wiederbelebungsversuche, zum Bei-

spiel durch Ignaz Rojacher im 19. Jahrhundert in Rauris, der auf der Pariser Weltausstellung vorgestellte technische Neuerungen im Bergbau einführte, war dem Goldabbau in Österreich ein Ende gesetzt.

Heute zeugt der Tauerngold-Erlebnispfad mit Knappenhäusern, wasserbetriebenen Schrägaufzügen, Mundlöchern und Abraumhalden vom Goldrausch längst vergangener Zeiten. Und noch so mancher wird in den Gebirgsflüssen sein Glück als Goldwäscher versuchen. Glück auf! 🌐

Gold im Internet:

- Goldwaschen: www.goldwaschen.at
- Goldgräber: www.goldgraeberdorf-heiligenblut.at
- Alle Links zum An klicken: www.universum.co.at

DIE REKORDE DER GEOLOGIE

Größter, Ältester, Höchster, Tiefster - in den Erdwissenschaften wimmelt es nur so von Superlativen. Wir haben uns auf die Suche nach österreichischen Rekordhaltern gemacht. Und sind fündig geworden: Hier sind die Gewinner.



STEINALT

Das älteste Gestein Österreichs dürfte der Dobra-Gneis im niederösterreichischen Waldviertel sein, ein heller, feinkörniger Gneis. Dieser Teil des Granit- und Gneishochlandes ist bereits 1,38 Milliarden Jahre alt, erklärt Rocky Austria Online (www.geologie.ac.at/RockyAustria/rocky_austria.htm).



MINERAL MIT GESCHICHTE

Noch älter als der Dobra-Gneis sind die winzigen Zirkone, die mit 3,4 Milliarden Jahren ältesten Mineralkörnchen Österreichs. Entdeckt wurden sie im niederösterreichischen Drosendorf. Die Zirkone sind

heute in einem Quarzit enthalten. Dieser entstand bei großem Druck und hoher Temperatur im Inneren der Erdkruste. „Der Quarzit in Drosendorf geht auf mehr als 600 Millionen Jahre alte Meeresablagerungen zurück“, weiß Mineraloge Friedrich Finger von der Universität Salzburg. Er war einst ein Sandstrand, in dem die uralten Körnchen überdauert haben.



DER RIESE AUS DEM OZEAN

Als höchster Berg überragt der Großglockner mit einer Höhe von 3.798 Metern alle anderen Gipfel in Österreich. „Der Großglockner besteht aus Ozeanbodengesteinen und ist ein Teil der tektonisch tiefsten Gesteine des Alpenkörpers“, erläutert Geologe Franz Neubauer von der Universität Salzburg. „Die höchsten Berge eines Gebirges kommen dabei fast immer in der Zentralzone vor, und auch der Großglockner ragt in der Zentralzone, dem Tauernfenster, auf.“ Besonders interessant sind die Ozeangesteine: „Diese sind metamorphe Basalte, Tonsteine und Mergel. Gebildet wurden sie vor 170 bis 100 Millionen Jahren“, so Neubauer.



ÖSTERREICHS TIEFSTES LOCH

Diese Bohrkern (Bild) sind das tiefste Stück Österreichs. Ihre Geschichte: Bei der OMV-Übertiefbohrung (ÜT) „Zistersdorf 1“ kollabierte Ende der 1970er-Jahre bei der Bohrung im niederösterreichischen Zistersdorf in einer Tiefe von 7.544 Metern das Bohrloch. Daraufhin wurde die Ersatzbohrung „Zistersdorf ÜT2a“ angesetzt, die am 31. Mai 1985 die Rekordtiefe von 8.553 Metern erreichte.



EISENSPAT-REKORD AM ERZBERG

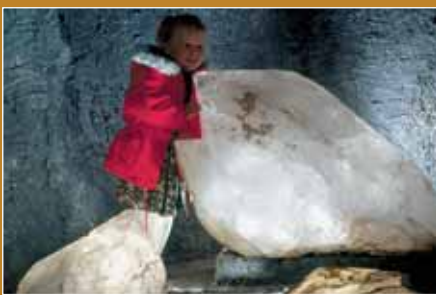
Im Jahr 2009 wird die 250-millionste Tonne Erz am steirischen Erzberg gewonnen. Ein Rekord, weil sich dort die größte Lagerstät-

te von Eisenspat in den Ostalpen befindet. „Eisenspat oder Siderit ist ein karbonatisches Eisenerz, das sich optimal zur Herstellung von Eisen im Hochofenprozess eignet“, erläutert Leopold Weber vom Wirtschaftsministerium. Auf einer Fläche von 210 Hektar werden am Erzberg rund zwei Millionen Tonnen Erz abgebaut, wofür in Summe 6,6 Millionen Tonnen Gestein notwendig sind.

DIE GRÖSSTE FOSSILE PERLE



Im Naturhistorischen Museum in Wien ist die größte fossile Perle einer Miesmuschel mit einem stolzen Alter von 16,5 Millionen Jahren zu sehen. Der Fund der 45 Millimeter großen Perle im Korneuburger Becken ist eine Sensation. „Fossile Perlen sind begehrte Highlights bei paläontologischen Grabungen“, erzählt der Paläontologe Mathias Harzhauser vom Naturhistorischen Museum. „Sogar der ursprüngliche Seidenglanz dieses Stücks ist teilweise erhalten.“



DER GRÖSSTE BERGKRISTALL

Der bis heute größte bekannte Bergkristall des alpinen Raums hat ein Gewicht von 618 Kilogramm und lässt sich von Groß und Klein im Haus der Natur in Salzburg bewundern. Die Riesenbergkristalle des Stubachtals in Salzburg sind eine besondere Attraktion. „Im Jahr 1965 wurde in einer 1,5 Meter hohen Kluft im Amphibolit der bisher größte Bergkristallfund der Alpen mit einem Gesamtgewicht von über 2.000 Kilogramm gemacht“, erzählt Erd-

wissenschaftler Karl Forcher, Leiter der paläontologischen Arbeitsgruppe im Haus der Natur in Salzburg.



DER GRÖSSTE BERGSTURZ DER OSTALPEN

Heute ist es bewiesen: Der mehrere 100 Meter hohe Riegel aus grobblockigen Gneisen im mittleren Ötztal in Tirol besteht aus Bergsturzmaterial. „Mit 3.200 Millionen Kubikmetern stellt dieser Gneisschutt die größte fossile Massenbewegung in den Ostalpen dar.“ Damit lässt der Geologe Christoph Prager vom Kompetenzzentrum AlpS in Innsbruck keine Zweifel an der wahren Natur der mächtigen Ablagerungen, die bei Köfels und Umhausen die Landschaft prägen. Die Kraft der frei werdenden Energie war derart groß, dass sich an Gleitbahnen sogar Gesteinsaufschmelzungen, so genannter Bimsstein, bildete. Im 19. Jahrhundert glaubt man an einen Vulkan, später vermutet man gar einen Meteoriteneinschlag. „Im Grunde war es eine riesige Felsgleitung mit dem Volumen von umgerechnet 1.200 Cheops-Pyramiden“, so Prager. Das Ganze passierte vor rund 9.800 Jahren.



DER GRÖSSTE AMETHYSTGANG

In Maissau – zwischen Wald- und Weinviertel in Niederösterreich – befindet sich im Maissauer Granit (580 Millionen Jahre) der

längste Amethystgang der Welt, der frei besichtigt werden kann. Der gebänderte Maissauer Amethyst ist eine Rarität, die vor 280 Millionen Jahren im Granit entstand.

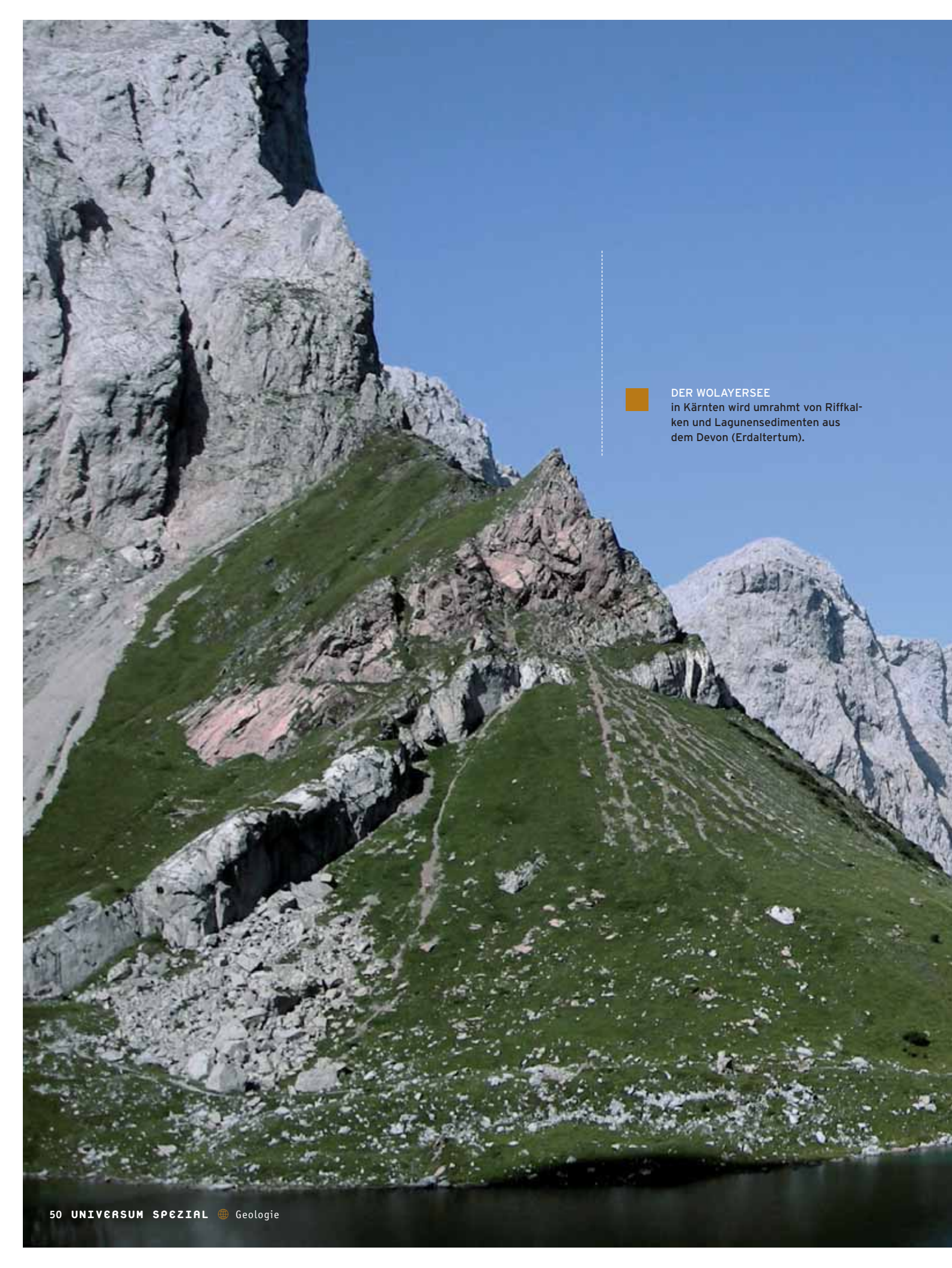
DIE LÄNGSTE HÖHLE



„Die längste Höhle Österreichs ist das Schönberg-Höhleensystem im westlichen Toten Gebirge“, erzählt Rudolf Pavuza, Höhlenexperte am Naturhistorischen Museum Wien. Mit derzeit 128 Kilometer vermessenen Höhlengängen findet man diese in der Liste der längsten Höhlen der Erde immerhin an zwölfter Stelle. „Unterirdisch quert man die Landesgrenze zwischen Oberösterreich und der Steiermark und zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt dieses Höhleensystems liegen über 1.000 Meter Höhendifferenz“, so Pavuza.

WUSSTEN SIE, DASS ...

- ... in Österreich eine der größten Wolf- ramerzlagerstätten der Welt liegt?
- ... in Österreich Salzsole aus der tiefsten Bohrlochsonde der Welt gefördert wird?
- ... sich in Matzen in Niederösterreich das größte mitteleuropäische Ölfeld befindet?
- ... man bei Kitzbühel die ältesten Mikro- fossilien, rund 480 Millionen Jahre alte Acritarchen, fand?
- ... dass sich im ehemaligen Gipsberg- werk Hinterbrühl, der heutigen See- grotte, der größte unterirdische See Europas befindet?



DER WOLAYERSEE
in Kärnten wird umrahmt von Rifffal-
ken und Lagunensedimenten aus
dem Devon (Erdaltertum).

URZEITLICHE BADEFREUDE

EIN BERICHT VON JULIA KOSPACH

Heute Berg, vor Millionen Jahren Meer. Österreich ist besonders reich an fossilen Riffen, gebildet durch Organismen einer längst vergangenen Zeit. Ein kleiner Streifzug durch Spuren tropischer Flachmeere in die heutigen alpinen Bergwelten.



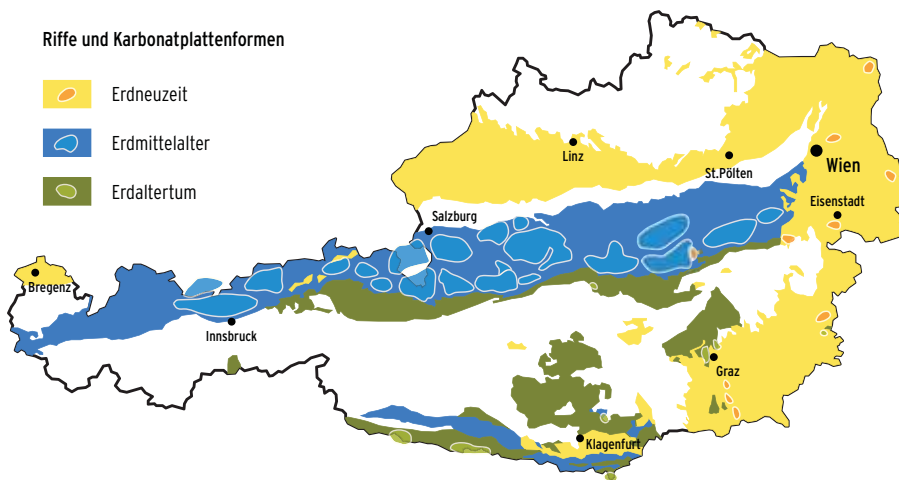


RIFF-REKONSTRUKTION

Korallen, Orthoceren (Verwandte der heutigen Tintenfische) und Seelilien bevölkerten das Devon (vor 417 bis 354 Mio. Jahren).

Riffe und Karbonatplattenformen

- Erdneuzeit
- Erdmittelalter
- Erdaltertum



VERTEILUNG DER RIFFE

Die meisten Riffe Österreichs befinden sich in den Nördlichen Kalkalpen und stammen aus dem Erdmittelalter (Mesozoikum).

Es mag uns Laien so scheinen, als wäre das ewige Eis am Dachstein immer schon da gewesen. Kommt man hingegen aus den Erdwissenschaften und hat daher stets ganze Erdzeitalter von Millionen und Abermillionen Jahren im Blick, dann kann sich der Blick auf den Dachstein durchaus auch ganz anders darstellen: „Das Dachsteinplateau ist die Lagune, die Dachsteinsüdwand stellt den Lagunenkalk dar und der Gosaukamm sind die dazugehörigen Riffe“, sagt Werner Piller, Vorstand des Instituts für Erdwissenschaften der Universität Graz.

Lagunen und Riffe in den Zentralalpen, inmitten des alpinen Österreich? Packt die Badehosen ein und ab ins bacherlwarne Tropenmeer? Tatsächlich ist justament Österreich ganz besonders reich mit Riffen gesegnet, erklärt der in Graz tätige Geologe und Paläontologe Thomas Suttner: „Was fossile Riffe angeht, steht Österreich mit den Häufigkeiten an Riffvorkommen quer durch die Zeit weltweit an vorderster

WELT BEKANNT

Die Steinplatte in Tirol gehört weltweit zu den am besten erhaltenen und untersuchten Riffen der jüngsten Trias.

VIelfALT IN ROT

Die roten Kalke der Steinbrüche in Adnet in Salzburg zeigen die bunte Vielfalt von Rifforganismen der jüngsten Trias (200 Mio. Jahre).

Front.“ Quer durch das Phanerozoikum – also das so genannte Zeitalter des sichtbaren Lebens, das die gesamten letzten 550 Millionen Jahre umfasst, aus denen überhaupt fossile Überreste von hartteiltragenden Organismen dokumentiert sind – kann Österreich mit fossilen Riffen aufwarten. Die Geologen verzeichnen rund 40 Punkte in Österreich, an denen Riffe oder Riffschutt von ehemaligen Riffkörpern zu sehen sind. Diese Obertagsaufschlüsse, an denen die fossilen Sedimente zutage treten, können künstlich in Form von Steinbrüchen oder natürlich sein.

Das Zeitalter des sichtbaren Lebens gliedert sich seinerseits in drei Perioden: das Erdaltertum Paläozoikum (ca. 542 – 251 Mio. Jahre), das Erdmittelalter Mesozoikum (ca. 251 – 65 Mio. Jahre) und die Erdneuzeit Känozoikum (ca. 65 Mio. Jahre – heute). Riffentwicklungsphasen finden sich in allen drei Perioden.

Wie kam Österreich zu seinen Riffen? Dazu muss man einen weiten Blick zurück tun: Im Paläozoikum lag das, was später das Gebiet des heutigen Österreich werden sollte, auf der Südhalbkugel, und zwar etwa 60 Breitengrade südlich des Äquators. Es war Teil des Großkontinents Gondwana. Im Lauf der Jahrtausende bewegte sich diese rotierende Riesenscholle im Zuge der Kontinentaldrift immer weiter gen Norden. An genau jener Nahtstelle, an der schließlich die afrikanische an die europäische Landmasse prallte, wölbten

DES KAISERS GRAB

Am Grab von Friedrich III. im Wiener Stephansdom befinden sich büschelförmige Korallen aus den Adneten Steinbrüchen.





GESCHICHTETE KALKE
Der massive Bergstock des Gosaukamms (OÖ) besteht aus Dachsteinriffkalk der jüngeren Trias vor ca. 210 Mio. Jahren.



IM LEITHAGEBIRGE
Der Steinbruch Fenk (Burgenland) erschließt eines der imposantesten Riffe des mittleren Miozäns (vor 15 Mio. Jahren).

sich die Alpen auf. „Meeresablagerungen, die ursprünglich an anderen Plätzen der Erde abgelagert worden waren, wurden zusammengeschieben, aufgrund der Gebirgsaufaltung gehoben und ans Tageslicht transportiert“, erläutert Thomas Suttner. Das heißt: Österreichs fossile Riffe sind Ablagerungen aus dem Meer, die weite Strecken gereist sind und nicht dort entstanden, wo sie heute zu sehen sind. Sie stammen zwar aus dem Meer, nur das Meer, aus dem sie stammen, lag zur Zeit ihrer Entstehung deutlich südlicher als heute. Nicht nur aufgrund der südlicheren Lage herrschten deutlich höhere Temperaturen, auch das globale Klima während dieser Zeit (dem Devon, bekannt als Zeitalter der Fische) insgesamt war wärmer.

Urzeitliche Klimaschwankungen

Die paläozoischen Riffe, also die erdgeschichtlich ältesten, beschränken sich auf die Südalpen – vor allem die Karnischen Alpen und die Karawanken – und auf ein paar Teile der Steiermark und des Burgenlands, namentlich das so genannte Grazer

Paläozoikum und das Paläozoikum des südlichen Burgenlands. Thomas Suttner, Experte für die Erforschung paläozoischer Riffe: „Von den paläozoischen Riffen ist aufgrund diverser mechanischer und chemischer Prozesse zumeist nicht mehr viel des ursprünglichen Riffverbandes übrig. Nur mehr der Riffschutt jener Riffe ist fossil erhalten.“ Auch er erlaubt aber tragfähige Rückschlüsse: In den Karnischen Alpen und den Karawanken etwa findet man sehr mächtige Kalkablagerungen, die von riffbildenden Organismen aufgebaut wurden. Vor allem waren es schwammähnliche Gebilde, die im Flachwasser des Devon (416 – 359 Mio. Jahre) ihre Blütezeit hatten und danach ausstarben, sowie Runzelkorallen, deren Kalkskelett aus Kalzit besteht.

An den Funden des Erdaltertums lässt sich bereits ablesen, was auch für spätere Riffbildungsphasen wesentlich bleibt: Meeresspiegel- und Temperaturschwankungen sowie Änderungen in der Meerwasserchemie nehmen entschieden Einfluss auf das Riffwachstum sowie auf die Zusammensetzung der verschiedenen

Riffgemeinschaften. Das ist es auch, was die Forscher interessiert: Welche Organismen haben die Riffe gebaut? Mit wem waren sie vergesellschaftet und welche Rolle spielten Umgebungsveränderungen? Ein großes Aussterbeereignis spielte sich zum Beispiel an der Grenze zwischen Paläozoikum und Mesozoikum ab: Die ursprünglich vorherrschenden riffbildenden Korallentypen des Erdaltertums, deren Kalkskelette aus Kalzit bestanden, starben aus und wurden von neuen Typen aus Aragonit abgelöst, die in ihrer Mineralstruktur etwas anders aufgebaut waren. „Dieser neue Rifftypus hat sich am Beginn des Mesozoikums, in der Trias, entwickelt. Bis heute sind sie die hauptriffbildenden Korallen“, sagt Werner Piller und fügt an: „Österreichs Trias-Riffe sind weltweit die bedeutendsten.“ Hohe Wand, Schneeberg, Rax, Hochschwab und Ötscher, Totes Gebirge, Dachstein und Gosaukamm, Hochkönig, Tennengebirge bis hinein zur Nordkette: Die gesamten Nördlichen Kalkalpen von Innsbruck bis knapp vor Eisenstadt und zwei Punkte um Wien stellen Riffbil-



ABTAUCHEN ZUR ERDGESCHICHTE

Heutige Riffe im Roten Meer oder auf den Bahamas zeigen jene Organismenvielfalt, die einst ganze Bergstöcke aufbaute.

dungen aus dem Mesozoikum dar. Es handelt sich um Riffe und Lagunen, die gehoben wurden und in einigen Bereichen in ihren Zusammenhängen sehr schön erhalten sind. Obwohl verwittert, sind sie tektonisch nicht zerstört. Besonders spektakuläre und gut erhaltene Riffe sind die Steinplatte an der Grenze zwischen Tirol und Salzburg und der Steinbruch Adnet südlich von Salzburg. „Man geht davon aus, dass die Vorgänge, die heute in einem Riff herrschen, auch schon damals, vor 200 Millionen Jahren, geherrscht haben“, sagt Bernd Kaufmann vom Institut für Erdwissenschaften der Uni Graz, der die Erforschung triadischer Riffe ins Zentrum seiner wissenschaftlichen Arbeit gestellt hat. Riffe wie Adnet sind auch deswegen so aufsehenerregend, weil dort mitunter fächerförmige Korallenstöcke von ein bis zwei Meter Durchmesser freiliegen. Es finden sich Nachweise für ein hoch differenziertes Wasserökosystem aus Algen, Schwämmen und Muscheln, die in einem tropischen Flachmeer mit weit über 20 Grad Celsius entstanden sind. Nur unter solchen Bedin-

gungen können Korallen überhaupt wachsen. Sie brauchen es warm. Deshalb befindet sich ein Großteil aller heutigen Korallenriffe auch in der Nähe des Äquators.

Wer Riffe baut

Auch im Känozoikum, der Erdneuzeit, bildeten sich Riffe. Mathias Harzhauser, Leiter der geologisch-paläontologischen Abteilung des Naturhistorischen Museums Wien (NHMW), erklärt, wie man sich die Situation im Miozän vor 23 bis 10 Millionen Jahren vorzustellen hat: „Die Alpen sind schon gut entwickelt, aber die Steiermark, das Wiener Becken und die Eisenstädter Gegend sind von Meer bedeckt. Es finden sehr viele geodynamische Prozesse statt. In dieser Zeit haben wir auch das letzte Klimaoptimum, sprich, es ist schön warm und die Lage ist noch deutlich südlicher als heute.“ Die Riffflächen, die in dieser bewegten Periode der Erdgeschichte entstehen, sind klein und isoliert. Sie entstehen im flachen Wasser der Meere und sind ständig bedroht von Temperaturschwankungen. Das am weitesten nördlich

gelegene echte Riff ist Retznei in der Steiermark. Geht man weiter nach Norden, findet man Gebiete, in denen es im Miozän für Korallen bereits zu kalt war. „Wo die Korallen nicht mehr weiterkönnen, weil die Wassertemperaturen zu niedrig werden, siedeln andere Organismen wie Rotalgen und Röhrenwürmer, die Riffe bauen“, erklärt Mathias Harzhauser.

Vor 14 Millionen Jahren schließlich ist die globale Abkühlung so weit fortgeschritten, dass auf dem Gebiet von Österreich die Korallenriffbildung beendet ist. Endgültig vorbei ist es dann vor 11 Millionen Jahren: Das Meer hat sich zurückgezogen. Stattdessen wird nun die ganze Fläche innerhalb des Karpatenbogens von einem riesigen Süßwassersee bedeckt. Korallen, Riffe und Lagunen gehören jetzt ein für alle Mal der Vergangenheit an. Was bleibt, ist zum Beispiel der Blick auf die schneebedeckten Höhen des Dachsteins. Dort gibt es Riffkalke, die über 100 Meter mächtig sind: Zeugnis einer sehr viel wärmeren, tropischen Vergangenheit, in der von Schnee und Eis keine Rede war. 🌐

GEOLOGIE IST ABENTEUER

Geologische Abenteuer sind so vielfältig wie die Geologie selbst. Vom Schifahren und Bergsteigen über das Erwandern der Geoparks bis hin zur Befahrung von Höhlen oder Schaubergwerken - jedes Abenteuer hat auch seine geologischen Seiten. Erst recht in der Alpenrepublik!



Familien Spaß im Salzbergwerk

ABENTEUER SCHAUBERGWERK

Bis ins 19. Jahrhundert wurde in den unzähligen Bergwerken Kohle, Kupfer, Silber, Nickel, Gold und Salz abgebaut. Heute ist die Tradition der Bergknappen weitgehend in Vergessenheit geraten. Dabei blickt der Bergbau in Österreich auf eine bewegte Geschichte zurück. Das und vieles mehr vermitteln die zahlreichen Schaubergwerke Österreichs, die Besucher in das historische Bergbauwesen entführen. Alle Schaubergwerke auf einen Blick gibt es im Internet unter:

www.schaubergwerke.at

In der Erlebniswelt am steirischen Erzberg werden auf einem 800 Meter langen Rundgang durch die Grube die Methoden des Erzabbaus dargestellt. Unumstrittener Höhepunkt ist eine Fahrt mit dem HAULY. Der 860 PS starke Ausflugs-gigant kurvt heute als größtes Taxi der Welt Besucher auf den Etagen des Erzberges herum. So kann jeder hautnah miterleben, welche Arbeiten zu erledigen sind und wie es sich anfühlt, Bergmann zu sein.

www.abenteuer-erzberg.at

Seit 7.000 Jahren wird bereits Salz im ältesten Salzbergwerk der Welt im oberösterreichischen Hallstatt abgebaut. Über 40 Kilometer wird die Sole aus dem Hallstätter Salzberg durch die Soleleitung bis nach Ebensee am Traunsee in die Saline zur Verarbeitung geleitet. Den absoluten Höhepunkt stellen die Holzrutschen dar, auf denen es in Sekundenschnelle bergab geht. Neben Hallstatt sind auch in Hallein und in Altaussee „salzige“ Untertageerlebnisse programmiert.

www.salzwelten.at

In Hüttenberg in Kärnten lernt der Besucher Abbaumethoden und -maschinen, Bergbautechnik, Wetterführung und die Förderung des Erzes durch Schächte und Stollen kennen. Im Laufe der Führung erfährt er von der Heiligen Barbara, der Schutzpatronin der Bergleute, und den Mythen und Legenden der Bergknappen.

www.huettenberg.at

Eines der eindruckvollsten Erlebnisse ist ein Besuch der Seegrotte im niederösterreichischen Hinterbrühl. Im ehemaligen Gipsbergwerk wurden während des Zweiten Weltkrieges sogar Flugzeuge gebaut, dann wurde es geflutet und heute kann der größte unterirdische See Europas im Rahmen von Führungen befahren werden.

www.seegrotte.at

ABENTEUER SCHAUHÖHLE

Was sagen Tropfsteine über die Klimageschichte aus? Welche Geheimnisse birgt die Höhlenfauna? In den rund 13.000 Höhlen Österreichs finden Wissenschaftler seit über 150 Jahren ein umfangreiches Forschungsfeld vor. Ein kleiner Teil der heimischen Höhlen kann auch von Besuchern „befahren“ werden. Alle österreichischen Schauhöhlen auf einen Blick gibt es im Internet unter:

www.hoehle.org und www.schauhoehlen.at

DREI HÖHLEN, DIE IN STAUNEN VERSETZEN

Wer einen der wohl berühmtesten Berge bisher nur von außen kannte, kann ab Mai auch wieder seine inneren Werte erforschen. Drei Natur-Schauhöhlen, allesamt Naturdenkmale, locken als Dachstein-Höhlenwelt im UNESCO-Welterbegebiet. Bei den Höhlen, die als Karsthöhlen alle durch Lösung des Kalkes entstanden sind, ist die Rieseneishöhle der Gigant. Sie verdankt ihren Namen der imposanten Eislandschaft, die an manchen Stellen Eiskegel von über neun Meter Höhe aufweist. Die Mammothöhle beeindruckt vor allem wegen der gewaltigen Ausmaße der unterirdischen Räume und Gänge. Derzeit sind 60 Kilometer dieser Gänge erforscht, knapp ein Kilometer davon kann bei den Führungen durchwandert werden. Die jüngste der drei Höhlen ist die Koppenbrüllerhöhle im Tal. Hier erleben Besucher vor allem die Bedeutung des Wassers im Karst, denn das Rauschen des Wassers ist der stete Begleiter bei den Führungen unter Tage. Besonders eindrucksvoll sind Zeiten der Schneeschmelze und nach starken Niederschlägen, wenn sich das trockene Bachbett im Inneren innerhalb weniger Minuten in einen reißenden Wildbach verwandelt.

In circa einstündigen Führungen bieten ausgebildete Natur- und Landschaftsführer einen intensiven Einblick in die jeweilige Höhle und ihre Besonderheiten.

www.dachsteinwelterbe.at

KRISTALLENE PALÄSTE VON UNWIRKLICHER SCHÖNHIT

In Werfen befindet sich die größte Eishöhle der Erde. Das gesamte Höhlensystem der Eisriesenwelt erstreckt sich über eine Gesamtlänge von circa 42 Kilometern, wobei der erste, etwa einen Kilometer lange Teil mit riesigen Eisgebilden ausgestattet ist und im Rahmen einer Führung durchwandert werden kann.

www.eisriesenwelt.at



Eisriesenwelt Werfen



Geopark Karnische Alpen



Der HAULY am Erzberg



Die Kreide-Tertiär-Grenze in Gams

ABENTEUER GEOPARK

WO DIE STEINE DAS WORT HABEN

In den Karnischen Alpen wird die steinige Vergangenheit zu neuem Leben erweckt. Fünf Geotrails laden ein, die Ablagerungen aus dem Meer des Erdaltertums, die heute die Karnischen Alpen aufbauen, zu erwandern. Hier ist alles sehr eng beisammen; man spaziert von Riffen bis in die Tiefsee. Mal ist es heiß, wenn man vulkanische Gesteine trifft, mal ist es kalt, wenn man an den Gletscher denkt, der noch vor 20.000 Jahren das Gailtal durchzog.

www.geopark-karnische-alpen.at

ABENTEUER GEOLOGIE IM NATURPARK EISENWURZEN

Der Naturpark Steirische Eisenwurzen ist eines der geologisch vielseitigsten Gebiete Österreichs. Mit GeoLine, dem Geoprogramm der Alpenregion Nationalpark Gesäuse, werden anhand von 20 spannenden Ausflugszielen 250 Millionen Jahre aus der Geschichte der Alpen erlebbar gemacht. Highlight ist die legendäre Kreide-Tertiär-Grenze (K-T), jene dünne Tonschicht, deren Anreicherung mit Iridium als Beweis für jenen Impakt gilt, der das Sterben der Dinosaurier verursacht hat. Die K-T ist sowohl im Museum in Gams als auch im Gelände zu sehen.

Das **GeoZentrum** in Gams

Die **GeoWerkstatt**, wo man Fossilien sammeln und sie von Gestein freilegen kann

Den **GeoPfad** mit seinen 32 Stationen, die geologische Vorgänge aufzeigen

Das **GeoRad**, eine geologische Radroute

Das **GeoRaft**, Rafting im Wasser der Salza

Die **Kraushöhle**, eine 240 m lange Höhle in der Gamser Nothklamm

Die **Geologische Ausstellung** - sie zeigt, dass die Landschaft ständig im Wandel begriffen ist

Das **Wasserleitungsmuseum**, eine Ausstellung zur „Errichtung der II. Wr. Hochquellleitung“

Den **Wasserspielpark**, in dem man interaktiv die Kraft des Wassers erleben kann

... und noch vieles mehr im Internet unter

www.eisenwurzen.com

P.S. Der Naturpark Eisenwurzen ist Mitglied in einem Netzwerk europäischer Geoparke, deren Besuch immer ein spannendes Erlebnis ist.

www.europeangeoparks.org

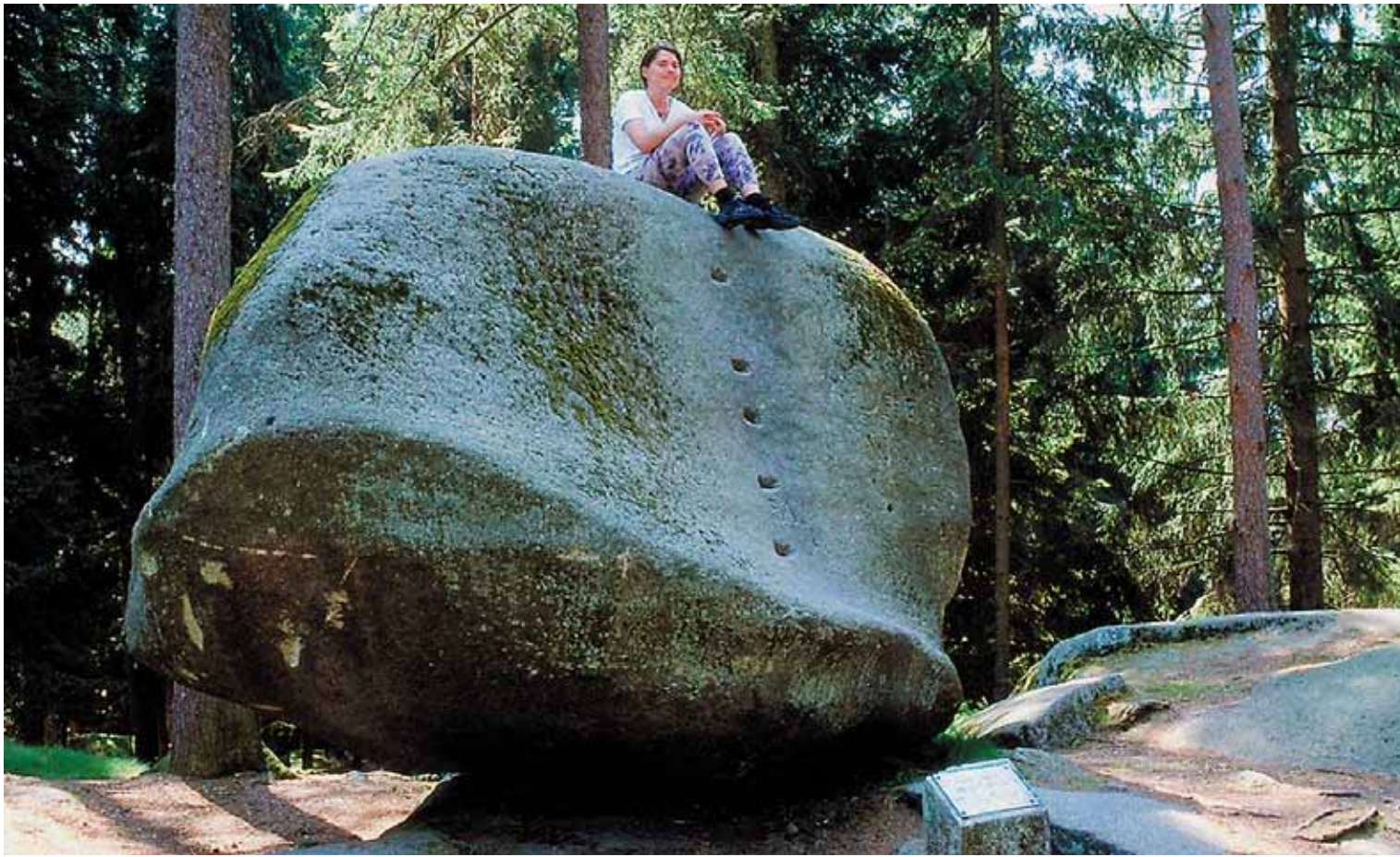


DIE KLÄRUNG DES ALPENBAUS
Die Alpen, die sich von Nizza bis
Wien erstrecken, stellt Geolog-
Innen immer wieder vor neue
Herausforderungen. Bei einer
Arbeitstagung der Geologischen
Bundesanstalt wird im Gelände
der Alpenbau diskutiert.

ÖSTERREICHS UNTERGRUND

Der geologische Aufbau Österreichs. Ein Beginn im Dunkel der Vorzeit, eine komplizierte Folge tiefer und seichter Meere, ein gigantisches Spiel der Kräfte, das Finale der Alpen und noch vieles mehr. Die Entstehung unseres Landes: Schritt für Schritt, durch Zeit und Raum.

EIN BERICHT VON MELLA WALDSTEIN



GEOLOGIE ZUM ANFASSEN
 Naturdenkmal Wackelstein aus Eisgarnner Granit (ca. 330 Mio. Jahre alt) bei Schrems im Waldviertel und feinkörniger Schärdinger Granit aus Oberösterreich vor der Geologischen Bundesanstalt in Wien.

Beginnen wir im Norden mit der Böhmisches Masse, von der ich übrigens lange Zeit dachte, sie sei ein Teig für Powidltascherl. Die Böhmisches Masse öffnet uns ein Zeitfenster ins Archäikum, jenes Erdzeitalter, bevor sich Leben entwickelte. Winzige Zirkonkörnchen aus einer Straßenböschung von Drosendorf sind die allerältesten Beweise unseres Landes. Unglaubliche 3,4 Milliarden Jahre sollen sie alt sein. Lange noch vor den Graniten des Wald- und Mühlviertels sind sie entstanden, die hier das geologische Wahrzeichen und gleichsam Identität sind.

Stünden die Wald- und MühlviertlerInnen auf ihrem Granit, der eben zur Böhmisches Masse gehört, so stünden sie auf „Armorika“, dem nördlichsten Teilstück des ehemaligen Kontinents Gondwana. Die Böhmisches Masse ist Teil eines großen, uralten (das Vorsilbchen „ur“ haben Geologen strengstens untersagt, aber einmal erlaube ich mir, es anzubringen) Gebirgsgürtels, zu dem auch Teile der Iberischen Halbinsel, das Armorikanische Massiv mit Bretagne und Normandie, das französische Zentralmassiv, die Vogesen

und der Schwarzwald gehören. Kurz gesagt in der Sprache der GeologInnen: Variszisches Gebirge.

Tief im Inneren: Granite und Migmatite

Vor der Geologischen Bundesanstalt in Wien liegt ein grauer, feinkörniger Granitblock. „Geologie zum Ausprobieren.“ Der Hammer an der kurzen Kette ist stumpf, der harte Granit zeigt deutlich die Spuren der hier hämmernden Kinder. Ganz anders im Garten der Anstalt. Hier steht ein großer Block, aufrecht wie ein Menhir, geschnitten und poliert. Wie Planeten im All sehen die dunkelgrauen Gesteinsbrocken aus, die darin gefangen sind. Der Stein aus Ottensheim im Mühlviertel zeigt die Granitwerdung. Die Hitze im Erdinneren lässt selbst Gesteine schmelzen. Der Block zeigt noch einige der ursprünglichen Gesteinsbrocken, noch ist von dem Gneis nicht alles geschmolzen. Migmatite heißen solche Mischgesteine am Weg zur Granitwerdung. Ob Granit oder Migmatit, diese Gesteinsschmelzen dringen in der Erdkruste nach oben, gelangen aber nie ans Tageslicht. Im Erdinneren, tief unter einem Gebirge, erstarren die Massen, wie es

sich für Tiefengesteine gehört. Erst wenn das Gebirge durch die Erosion förmlich weggeschwemmt wird, kommen diese Tiefengesteine aus dem Inneren der Gebirge Schritt für Schritt ans Tageslicht. Da vergehen schon mal hundert oder mehr Millionen Jahre. Dass Granit nicht gleich Granit ist, wissen Petrologen zu berichten, alleine in unserer Böhmischer Masse gibt es welche, die 580 Millionen Jahre alt sind, wie den Maissauer Granit an der Grenze zum Weinviertel, und weiter im Westen andere Typen, die „nur“ rund 330 Millionen am Buckel haben. Spektakulär sind die ganz groben Weinsberger Granite mit bis zu 12 cm großen Feldspäten.

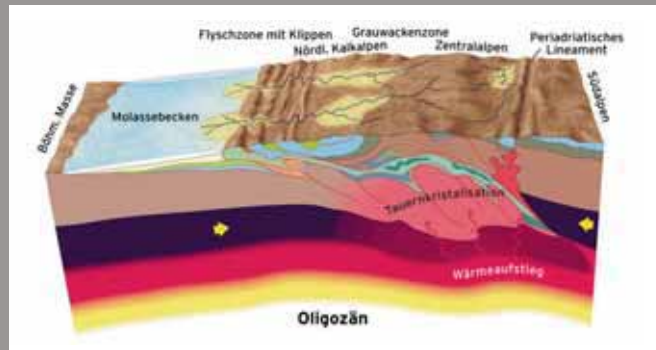
Was die Tethys alles mit sich brachte

Geologie ist alles andere als Stillstand, wengleich in den Erdwissenschaften auch alles unendlich lange dauert. So bewirkte die Variszische Gebirgsbildung in der Karbonzeit (Erdaltertum), dass dann alle Kontinentalplatten zu einem einzigen Riesenkontinent verschmolzen waren. Der neue und nunmehr einzige Erdteil trägt den klingenden Namen „Pangäa“. Damals ragte die Böhmisches Gebirge in die Höhe. Tief im Erdinneren drangen heiße Magmen nach oben. Dank der steten Kraft der Erosion liegt das einstige Erdinnere nun frei. Es sind dies die Granite im Wald- und Mühlviertel oder die Zentralgneise in den Hohen Tauern. In den Karnischen Alpen war „eben“ ein Zeitabschnitt (Devonzeit, 412 bis 354 Millionen Jahre) imposanter Riffe (Kellerwand, etc.) zu Ende gegangen. In Deutschland und Polen gab es im „Karbon“ riesige Steinkohlewälder.

Pangäa heißt nun unsere neue Heimat, und sie bleibt mehr als 100 Millionen Jahre ohne wesentliche tektonische Großereignisse bestehen. Doch dann kommt aus dem Osten ein Meer. Es nähert sich Schritt für Schritt, das Fachwort Transgression (lat. transgressio für überschreiten) könnte es nicht besser ausdrücken.

Es war kein Geringerer als der österreichische Geologe Eduard Suess (1831-1914), der die Natur des einstigen Meeres entdeckte und mit all den Ablagerungen

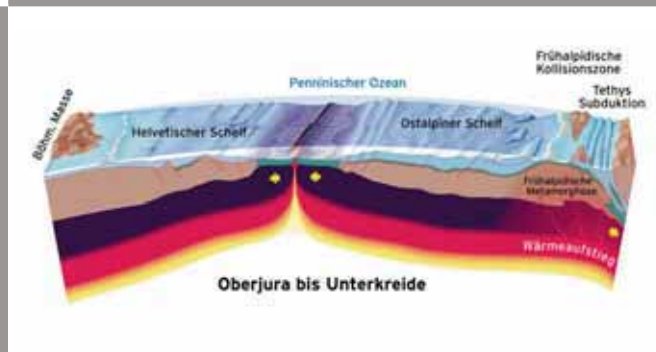
GEOLOGISCHE MOMENTE DER ALPENBILDUNG



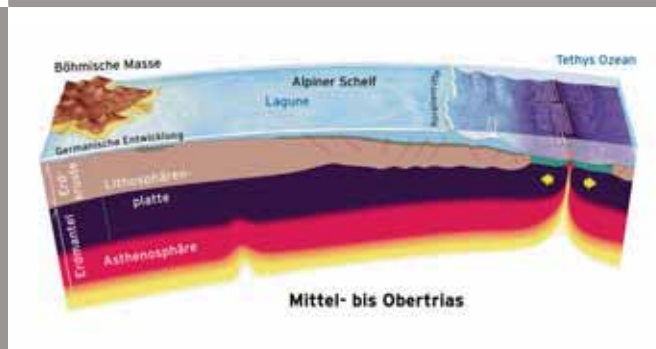
30 MIO. JAHRE
Damals beginnt im Süden die Hebung der Alpen. Flüsse bringen Schotter („Augensteine“) aus den Zentralalpen gen Norden ins Molassebecken.



80 - 50 MIO. JAHRE
Während Teile der Kalkalpen schon landfest sind, werden nördlich im Penninischen Ozean Tiefwassersedimente der Flyschzone abgelagert.



150 MIO. JAHRE
Durch „Aufreißen“ des Pangäakontinents entsteht der Penninische Ozean zwischen der Tethys im Süden und dem Alten Europa im Norden.



245 - 200 MIO. JAHRE
Im Meer der Tethys entwickelt sich eine Vielfalt meist kalkiger Ablagerungen von flachen Lagunen und Riffen bis hin zur Tiefsee.



FOSSILE PFLANZEN

Der Palmfarn *Pterophyllum filicoides* gehört zu den häufigsten Pflanzenfossilien der weltberühmten Lunzer Flora (NÖ).

DIE BISCHOFSMÜTZE

ist mit 2.458 m der höchste Gipfel des Gosaukammes. Er besteht aus Dachsteinkalk, der ca. 210 Mio. Jahre alt ist.



benannte. Er wählte einen Namen aus der griechischen Mythologie: „Tethys“ – eine Titanin, Tochter des Uranos und der Gaia und Mutter der Europa.

Maritime Vielfalt – wie in der Karibik

Zunächst – wir befinden uns schon in der Zeit des Mesozoikums (248 bis 65 Millionen Jahre) – ist die Tethys nur ein loses Nebeneinander flacher Salzlacken, die uns die heutigen Salzlagerstätten hinterlassen, später sind es dicke Kalkschichten, Riffe mit buntem Leben und seichten Lagunen an den Ufern. Das Meer erreichte indes auch ozeanische Tiefen. Stellenweise finden sich heute noch wunderschöne Ammoniten, Verwandte der Tintenfische, die Fossilien-sammlerherzen höher schlagen lassen. Vom Variszischen Gebirge, dessen Reste das heutige Wald- und Mühlviertel bilden, ragten nur die Gipfel hervor, die wir uns allerdings in Gebirgsdimensionen vorstellen dürfen.

Geografisch lag Österreich wesentlich weiter südlich als heute, nämlich innerhalb des tropischen Klimagürtels. Es ist warm und das Zusammenspiel von nährstoffreichen Tiefenwässern und flachen, lichtdurchfluteten Schelfen und Lagunen begünstigt das Leben im Meer. Korallen, Kalkalgen, Schwämme, Muscheln, Schnecken und andere kalkabscheidende Organismen bevölkern das Meer. Sie sind

GESTEINSBILDNER

Verwitterte Kalkalgen aus dem Wettersteinkalk (ca. 230 Mio. Jahre alt) des Toten Gebirges in Oberösterreich: der Stoff aus dem Berge gemacht sind.



der Grundstock der Kalkalpen. So eine Kalkproduktion findet gegenwärtig am Großen Barriere-Riff vor der Ostküste Australiens statt. All die bizarren Berge, die man heute als Ausflugsziel gerne besucht, entstanden damals im Meerwasser. Sie reichen von der Hinterbrühl über den Ötscher, Grimming, Dachstein, Watzmann und Karwendel bis zum Rätikon.

Trotz der allgemeinen maritimen Situation des Mesozoikums – eingeteilt in Trias, Jura und Kreidezeit – gab es doch immer wieder Phasen, wo das Meer zurückwich und sich üppige Vegetation breitmachte. Legendär ist die Lunzer Flora, benannt nach den Funden in den Steinkohlen rund um Lunz am See. Hauptsächlich sind hier Farne zu finden, aber auch den Gingko-baum wies man nach.

Das Mesozoikum ist auch das Erdalter der Dinosaurier. Die Meereslage des damaligen Österreich erklärt, warum – im Gegensatz zu den Entdeckungen riesiger Dinosaurierknochen in der Mongolei oder Nordamerika – bei uns keine dieser sensationellen Funde zu machen sind. Lediglich ein paar Knochen eines gepanzerten Sauriers wurden in Muthmannsdorf bei der Hohen Wand gefunden. Er stampfte dort wohl in sumpfigen Niederungen herum, starb hier und wurde zum Fossil. Wie durch ein Wunder fand man ein paar Knochen. Besagter Professor Suess ließ eilends

einen Suchstollen graben, und voll Nationalstolz nannten die Wissenschaftler das Tier „Struthiosaurus austriacus“. Das war in der Kreidezeit, die Schichten, in denen man den kleinen Dino fand, nennen Geologen „Gosau“; mehr dazu später.

All die Ablagerungen der Tethys werden heute als Ostalpine Einheiten bezeichnet. Die Helvetischen Schichten („Helvetikum“), die sich von der Schweiz aus nach Osten ziehen, sind der Südrand des Alten Europa.

Im Westen viel Neues

Während – man möchte fast sagen – die Tethys herrschte, bewegten sich im Untergrund die Kontinentalplatten weiter und bewirkten ein Aufreißen des Pangäakontinents vom Westen her. So entstand als Ausläufer des damals noch jungen Atlantiks ein neuer Ozean, der Penninische Ozean, der sich zwischen der Tethys (im Süden) und dem Alten Europa mit Böhmischer Masse (im Norden) bildete. In diesem mächtigen Meerestrog lagert sich weiteres Material („Bündner Schiefer“) für unsere Baustelle Österreich ab. Mit diesem Ozean sind nun die wichtigsten Bauteile der Alpen vorhanden: „Ostalpin“, „Helvetikum“ und „Penninikum“.

Was wurde aus der einst so beherrschenden Tethys, deren Ablagerungen sich nicht nur in den Alpen, sondern auch weit



EDUARD SUESS EINER DER GRÖSSTEN GEOLOGEN

Eduard Suess war Vorstand und Gründungsvater des Geologischen Instituts der Universität Wien. Er gehört zu jenen wenigen Gelehrten, die eine Professur erhielten, ohne vorher zu promovieren. Er, der den Wienern die Erste Hochquellenwasserleitung erbauen ließ, war, da sind sich heute noch alle einig, einer der größten Geologen des Landes.



GEBIRGSBILDENDE KRÄFTE

In den Salzburger Tauern (li.): bizarr verwitterte Quarzite. Und im Bregenzerwald (re.): Schub von Südwesten staucht und hebt die Gesteine gegen Nordosten an.

im Osten im Himalaya und in Indonesien finden?

Die Kräfte des Erdinneren bewegten die Apulische Platte (= Ausläufer von Nordafrika) nach Norden, Richtung Altes Europa. Ab der Jurazeit wurden – dank der Kräfte der Plattentektonik und erster Hebungen – Teile der Tethys landfest, während sich in den Tiefen des Penninischen Ozeans enorme Sedimentmassen ansammelten. Diese junge ostalpine Bergwelt ragt in der Kreidezeit als Inselwelt aus dem Meer heraus. Flüsse transportieren das Verwitterungsmaterial in die einzelnen Meeresbuchten. Diese bunte Abfolge von Sedimenten heißt im Geologenjargon „Gosau“ (Stichwort: *Struthiosaurus austriacus*).

Teile des Penninischen Ozeanbodens tauchten während dieser plattentektoni-

schen Annäherung unter die ostalpine Kruste in die Tiefe. Es entstand ein Tiefseegraben ähnlich dem heutigen Marianengraben im Westpazifik. Heute heißt die Zone der einstigen Tiefseeablagerungen Flyschzone, sie erstreckt sich nördlich der Alpenfront vom Rhein bis zur Donau. Der idyllischen Landschaft des Wienerwaldes würde man die dunkle Vergangenheit der lebensfeindlichen Tiefsee heute wohl nicht mehr ansehen; Geologen wissen hier aber Geschichten von Trübeströmen (= untermeerischen Schlammlawinen) zu erzählen, sie berichten von Spurenfossilien, von denen heute immer noch niemand weiß, wer sie verursacht haben könnte.

Vor allem in der jüngeren Kreidezeit und im Paläogen greift die Gebirgsbildung von Süden her immer mehr auf die ostalpinen Einheiten über.

Österreich nimmt Gestalt an

Im Paläogen vor rund 30 Millionen Jahren setzt die Alpenbildung so richtig an. Der Penninische Ozeanboden gerät nun vollends unter die Ostalpinen Einheiten und

die Überschiebung greift auch auf den helvetischen Südrand des Alten Europa weit im Norden über. Vieles, was einst nebeneinander lag, kommt nun übereinander zu liegen. Die Entstehung der Alpen ist derart komplex, dass man sich Schritt für Schritt die enormen Ausmaße vor Augen führen muss. So waren die gesamten Nördlichen Kalkalpen mit dem Karwendel, dem Dachstein, dem Ötztal und der



ZU LÖSENDE RÄTSEL

Bei manchen Spurenfossilien aus der Flyschzone stehen Experten vielfach noch vor einem Rätsel und es wird fleißig geforscht.

Hohen Wand einst südlich (!) der Tauern. Man muss sich hier eine geologische Karte hernehmen, um besser zu verstehen, was Überschiebung bedeutet, und so weiß man dann, wie „alpine Gebirge“ aufgebaut sind. Ein guter Tipp ist auch ein Besuch der Großglockner Hochalpenstraße mitten in den Tauern. Aus geologischer Sicht befindet man sich im „Tauernfenster“. Die hier anstehenden Gesteine, die nach Graubünden benannten Bündnerschiefer, sind die einst schlammigen Ablagerungen des Penninischen Ozeans. Man muss sich vorstellen, wobei das für NichtgeologInnen wirklich nicht so leicht ist, dass das Hagen- oder Tennengebirge (schlichtweg die ganzen Kalkalpen), das man – von Norden kommend – durchquert hat, über die Tauern geschoben wurde.

Trotz all der Überschiebungen wären die Alpen lange kein hohes Gebirge, wenn es nicht enorme Hebungen gegeben hätte. Ausgleichsbewegungen setzten im Paläogen und Neogen an und führten zur Aufwölbung der Alpen. Pro Jahr hob sich die Gebirgskette wohl mehr als fünf Millime-



VIelfalt
Herkulesstatue aus monolithischen Blöcken des Zogelsdorfer Kalksandsteins (ca. 18 Mio. Jahre alt) und Löss als eiszeitlicher Staub im fruchtbaren Weinviertel (NÖ).

in Zeiten wo alle von Erderwärmung sprechen fast wie ein Paradoxon. Dass alles in stetem Wechsel ist muss an dieser Stelle nicht mehr gesagt werden. „Knapp“ davor, als vor 25.000 Jahren die Venus von Willendorf aus einem oolithischen Kalkstein geschnitzt wurde und in der Lösssteppe des Weinviertel zottelige Mammut's karge Gräser grasten, war es deutlich kühler. Für Geologen besteht kein Zweifel: Die nächste Eiszeit kommt bestimmt.

„Die Alpen gehören zu den komplexesten Gebirgen der Welt“, erklärt Bernhard Grasemann, Leiter des Departments für Geodynamik und Sedimentologie an der Universität Wien. „Selbst der Himalaya ist in vielen Bereichen einfacher aufgebaut. Bei uns haben Bohrungen den alpinen Gebirgsbau mit den mehrfachen Überschiebungen entschlüsseln können“, so Grasemann, der selbst seit Jahren im Himalaya forscht und im höchsten Gebirge der Welt Vergleiche mit den Alpen sucht.

P.S.: Als Nachlese sei „Rocky Austria“ empfohlen. Wer noch mehr wissen will, möge keinen Ausflug mehr ohne geologische Karte machen, die über Gesteine und deren Alter die vierte Dimension erschließt.

Österreichs Untergrund im Netz:

Rocky Austria (online): www.geologie.ac.at
Alle Links zum Anklicken: www.universum.co.at

ter und wurde mit der Zeit zum Hochgebirge. Gegenwärtig befindet sich die Hebung der Alpen eher im Ausklingen und beträgt bis zu 1,6 mm pro Jahr.

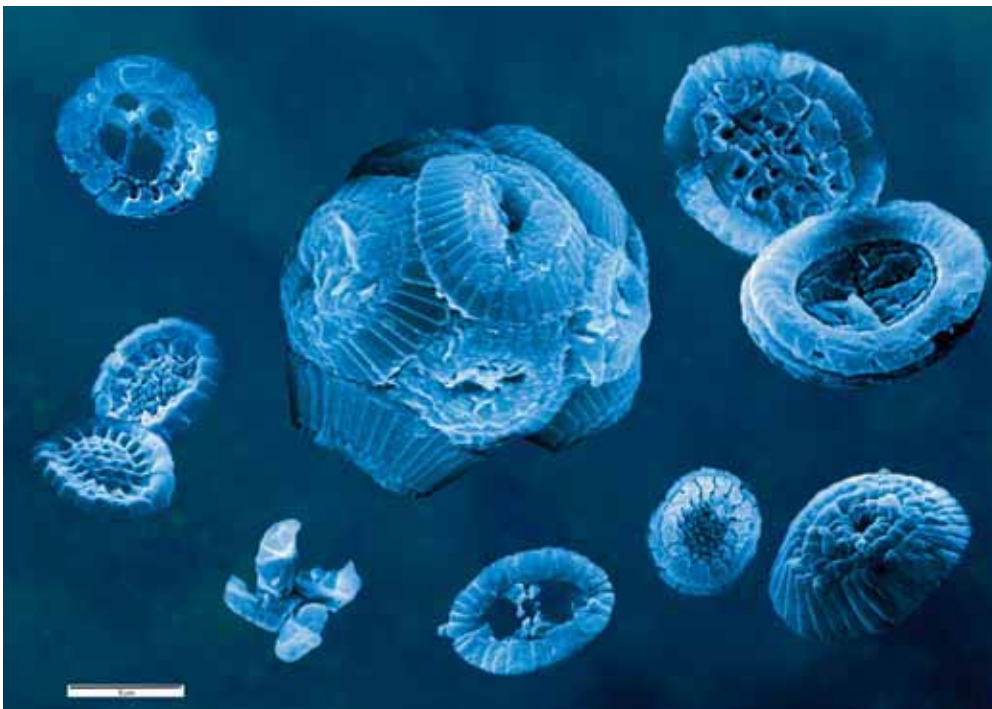
Nördlich der in Hebung befindlichen Alpen bildet sich im Oligozän die „Paratethys“. Das Alpenvorland sinkt ab und es beginnt ein neues Sedimentbecken, das Molassezone genannt wird. In der Schlussphase der alpinen Gebirgsbildungen (ca. 17 Millionen Jahre) werden die gesamten Alpen noch auf die südlichen Ausläufer der Molasse geschoben, die nun unter den Alpen liegt.

Wenn es um Architektur geht, so liefern die Molassezone und auch das Wiener Becken Gesteine, die Geschichte schrieben. Ob Stefansdom oder (fast) alle Gebäude der Wiener Ringstraße, ob Schönbrunn oder die ungezählten Marterln in Ostösterreich, Leithakalk oder/und Zogelsdorfer Kalksandstein aus dem Eggenburger Raum ist fast immer dabei.

Dass noch vor 20.000 Jahren der gesamte Alpenkörper von einer zusammenhängenden Eisschicht bedeckt war, wirkt



FOTOS: GBA/T. HOFMANN (4X), G. FRIEBE



ZWERGE GANZ GROSS

So sehen kalkige Nannofossilien - „nanno“ bedeutet Zwerg - unter dem Rasterelektronenmikroskop aus: Die runde Cocco-sphäre (das Außenskelett) besteht aus Coccolithen, scheibenförmigen Plättchen.

Steine können eine ganze Menge über längst vergangene Zeiten erzählen. Schon das Handstück im Gelände verrät erfahrenen Geologen viel über seine Entstehung oder seine Umformung im Laufe der Zeit. Mehr und genauere Informationen liefert jedoch ein Werkzeug, das mittlerweile ebenso zum Berufsalltag des Geologen gehört wie der Hammer.

Hans Egger setzt sich an seine Zeitmaschine. In aller Ruhe stellt er die Regler richtig ein, bevor er einen Blick riskiert – und sich in die Vergangenheit unseres Planeten zoomt. Egger betrachtet winzige Fossilien – die Überreste urzeitlicher Meereslebewesen – bei tausendfacher Vergrößerung unter dem Mikroskop. Das so genannte Nannoplankton liefert wichtige Informationen darüber, wie es auf der Erde einst zuging.

„Die Größe dieser Fossilien liegt etwa zwischen 5 und 20 Tausendstelmillimetern – das ist weniger als der Durchmesser eines menschlichen Haares“, erläutert

Hans Egger, Leiter des Nannoplanktonlabors der Geologischen Bundesanstalt in Wien. „Anders ausgedrückt: Die Staubteilchen, die man in einem Sonnenstrahl in der Luft erkennen kann, entsprechen in etwa der Größe unserer Mikro- und Nannofossilien.“

Klein, aber oho ...

So klein diese Fossilien auch sein mögen – für Geologen und Paläontologen sind sie von unschätzbarem Wert. Diese Überbleibsel urzeitlicher Einzeller bilden sogar ganze Gesteinsschichten. So bestehen etwa die berühmten Kreidefelsen von Calais und Dover aus Coccolithen-Schlamm – mikro-

DER MANN AN DER MASCHINE

Der Geologe Hans Egger an seiner „Zeitmaschine“. Mit dem Spezialmikroskop bestimmt er Nannofossilien und legt im Handumdrehen das Alter winziger Gesteinssplitter fest.



ZEITMASCHINE IN DIE ERDGESCHICHTE

EIN BERICHT VON IVO FILATSCH

FOTOS: GBA / H. EGGER, GBA / T. HOFMANN



skopisch kleinen Plättchen aus Kalk, den Schalen von Kalkalgen.

Mikro- und Nannofossilien sind besonders geeignet, um das relative Alter von Gesteinen zu ermitteln: Unterschiedliche Entwicklungsstufen einzelner Organismen entsprechen ganz bestimmten Zeitabschnitten der Erdgeschichte. „Laien denken bei Fossilien meistens an Dinosaurier“, meint dazu der Erdwissenschaftler Patrick Grunert von der Universität Graz. „Der Vorteil von Mikrofossilien liegt jedoch darin, dass sie in unvorstellbaren Mengen praktisch weltweit vorkommen. Aus diesem Grund benötigt

man nur eine sehr kleine Probe, um ein Gestein zu datieren.“

Ob Radiolarien, Foraminiferen oder kalkiges Nannoplankton – bereits unter dem Lichtmikroskop zeigen die Schalen und Gehäuse dieser einzelligen Meeresbewohner ihre charakteristischen und oft spektakulären Formen und Strukturen. Für genauere Untersuchungen kommt das Rasterelektronenmikroskop – kurz REM – zum Einsatz.

Das Rasterelektronenmikroskop liefert eine weit bessere Auflösung und dreidimensionale Bilder der winzigen Fossilien. „Bei bestimmten Arten ist es zum Beispiel

wichtig, wie groß die Poren in der Schale sind“, meint Patrick Grunert. „Das kann man mit dem Lichtmikroskop nicht mehr messen, mit dem Rasterelektronenmikroskop dagegen schon.“

Asche zu Asche ...

Fossiles kalkiges Nannoplankton ermöglichte Forschern einen spektakulären Erfolg: Bei Anthering in Salzburg tritt eine dünne Ascheschicht zutage. Hans Egger und seine Kollegen konnten das Gestein darüber und darunter mithilfe der darin enthaltenen fossilen Kalkalgen datieren und so die Entstehungszeit der Asche-

FOTO: K. MINAT, T. SUTTNER, P. GRUNERT, GBA / R. SCHÜSTER

ÄSTHETISCH UND WERTVOLL

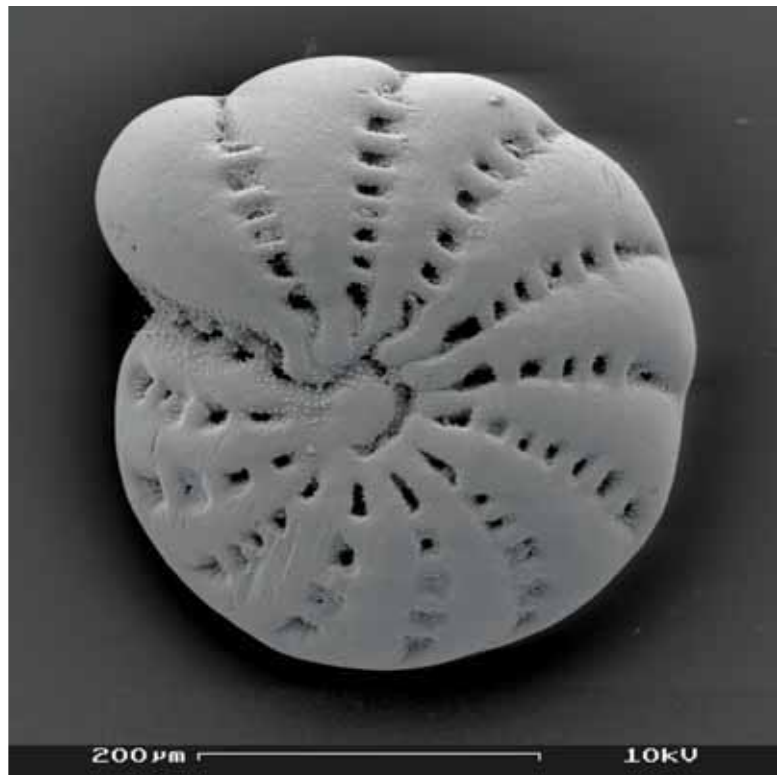
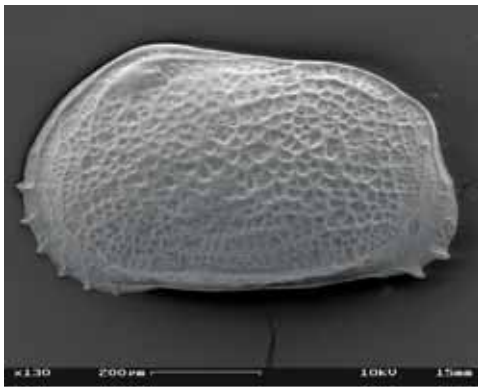
Winzige Mikrofossilien im Rasterelektronenmikroskop: Muschelkrebse (Ostracoden, li. o.) kommen in Seen, aber auch Meeren vor und haben hohe ökologische Aussagekraft.

URALTE MEERESBEWOHNER

Zahnartige Mikrofossilien (Conodonten, li. u.) findet man weltweit nur in Ablagerungen des Erdaltertums und des Erdmittelalters – sie starben vor 200 Millionen Jahre aus.

DER KAMMERLING

Einzellige „Kammerlinge“ (re., der Name der Foraminiferen ergibt sich aus den in Kammern angelegten Calciumcarbonatschalen) leben ausschließlich in marinem Milieu.



schicht eingrenzen: Sie ist rund 54 Millionen Jahre alt.

„Dieselbe Ascheschicht findet sich auch in Dänemark“, erläutert Egger. „Das deutet auf ein Naturereignis mit weitreichenden Auswirkungen hin. Und tatsächlich gibt es Hinweise auf gigantische Vulkanausbrüche zu dieser Zeit. Die größte Eruption, die wir entdeckt haben, schleuderte mehr als 1.000 Kubikkilometer Asche in die Atmosphäre.“

Zum Vergleich: 1980 wurden bei der Explosion des US-amerikanischen Mount St. Helens nur ein bis zwei Kubikkilometer Asche freigesetzt. Als Ursache für den

extremen Vulkanismus der damaligen Zeit vermuten die Forscher die Öffnung des Atlantiks und die Entstehung eines „Proto-Island“ – des Vorläufers des heutigen Inselstaates im Atlantik.

Durchsichtige Steine

Erdwissenschaftler nutzen das Mikroskop jedoch nicht nur zur Untersuchung winziger Fossilien aus Sedimentgesteinen, sondern auch zur Bestimmung von Mineralien in kristallinen Festgesteinen.

Dazu fertigen die Forscher so genannte Dünnschliffe an: Sie kleben Gesteinsplättchen – meist im Format 2 mal 3 oder 4 mal 4 Zentimeter – auf Objektträger aus Glas.

Anschließend werden die Gesteinsproben geschliffen, bis sie nur mehr wenige Hundertstelmillimeter dünn sind. Für das freie Auge eher unscheinbar, verwandeln sich die transparenten Dünnschliffe unter dem Polarisations-

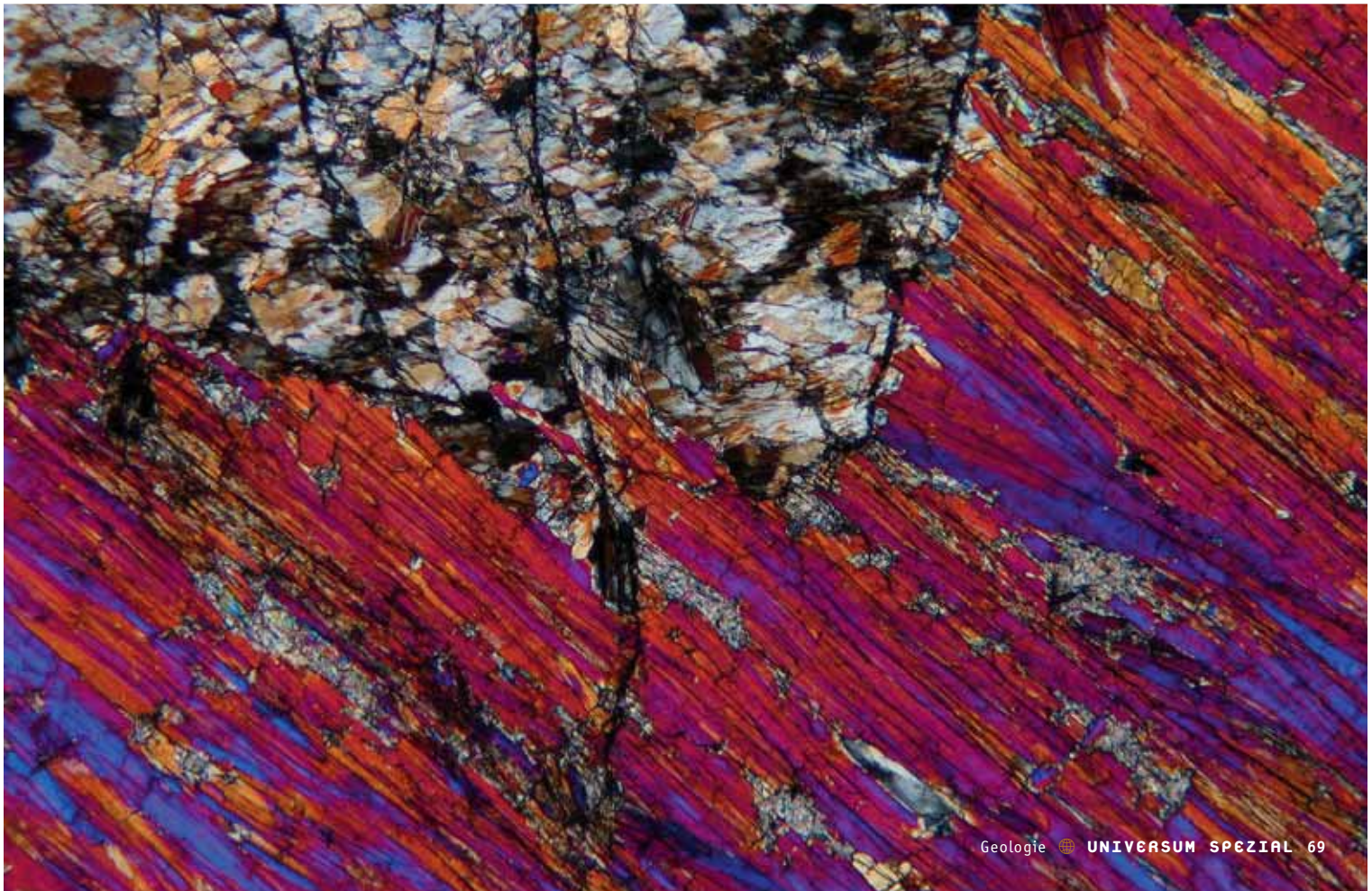
mikroskop in farbenprächtige Kunstwerke: Die Mineralien, aus denen das Gestein besteht, verraten sich durch charakteristische Farben, Formen und Strukturen.

Art und Anordnung der verschiedenen Mineralien erlauben Rückschlüsse auf die „Geschichte“ des Gesteins – wie und wann es entstanden oder umgeformt worden ist. Jedes Mineral repräsentiert ganz bestimmte Temperatur- und Druckverhältnisse – dadurch sind die Erdwissenschaftler in der Lage, längst vergangene geologische Prozesse zu rekonstruieren. So können einzelne, mikroskopisch kleine Mineralkörner sogar die Entstehung ganzer Gebirge belegen.

„Das Mikroskop ist für die Geologie heute einfach unentbehrlich, sei es für die Altersbestimmung von Sedimentgesteinen oder die Rekonstruktion der Entstehungsgeschichte kristalliner Gesteine“, betont Hans Egger – und widmet sich wieder seiner Zeitmaschine ...

TRANSPARENT UND BUNT

Ein Gesteinsdünnschliff aus der Kreuzeckgruppe/Kärnten unter dem Polarisationsmikroskop: Die bunten Kyanitkristalle wuchsen vor 90 Mio. Jahren. Der große Andalusit (li. oben) entstand vor 260 Mio. Jahren.





SEISMOLOGEN FORSCHEN

In der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) befindet sich die Erdbebenzentrale Österreichs. Hier arbeiten Seismologen Gerald Duma (li., am Tisch sitzend) und Wolfgang Lenhardt (stehend), der Leiter des Erdbebendienstes.

Rutschende Hänge und fallende Gipfel, Stein-
schlag aus dem Weltall und von den Bergen,
schmelzende Gletscher und Permafrostböden,
Erdbeben, Hochwasser, Radon - vor manchen
Naturgefahren können wir uns schützen, mit
manchen müssen wir lernen zu leben.



DIE NATUR UND IHRE GEFAHREN

EIN BERICHT VON PETER A. KROBATH





Das Ereignis liegt nun 661 Jahre zurück, aber die Spuren sind noch deutlich zu sehen. Kein Wunder: Geschätzte 150 Millionen Kubikmeter Gesteinsmasse donnerten an jenem Abend mit einem Schlag ins Tal. Die Rede ist vom verheerenden Erdbeben, das am 25. Jänner 1348 die Südflanke des Dobratsch zum Einsturz brachte und damit eine der größten Naturkatastrophen des Landes auslöste. Die Klosterchronik von Arnoldstein nennt „17 Dörfer, 3 Geschlösser und 9 Gotteshäuser“, die durch die Felsmassen verschüttet worden seien. Und „so war alles ertattert, gleichsam ausser sich in der Meinung, es sei der jüngste Tag“. Doch an einem Tag war die Vernichtungsarbeit nicht erledigt: Die Geröllmassen stauten die Gail, was Wochen später zu einer Flutwelle führte, die weitere Ansiedlungen mit sich riss.

Die Erdstöße waren von der Poebene bis Bayern zu spüren. Und der Geistliche Andrea von Regensburg schrieb, dass Villach bei diesem Erdbeben mitsamt der Burgmauer, dem Kloster und der Kirche zerstört wurde. Diese in der Literatur

WIENER ERDBEBENDIENST

Der Seismologe Anton Vogelmann von der ZAMG wertet eines der Nachbeben von L'Aquila im April 2009 in Mittelitalien aus.

wiederholt erwähnte vollkommene Zerstörung der Stadt und die große Anzahl an Toten (bis zu 5.000) konnte die Historikerin Christa Hammerl von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien durch umfangreiche Studien anderer zeitgenössischer Berichte nicht bestätigen. Hier dürften Erdbeben- und Pestopfer zusammengezählt worden sein.

Eines wissen die heutigen Erdbebenforscher genau: „Das große Villacher Beben“ hatte sein Epizentrum nicht in Villach, sondern im Raum Friaul. Über 30 größere Beben haben in den letzten 1.000 Jahren in Österreich stattgefunden, von denen aber keines so katastrophal war wie das oben beschriebene – das erzählt der Seismologe Wolfgang Lenhardt vom Österreichischen Erdbebendienst an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) auf der Wiener Hohen Warte.

Der Erdbebendienst in Wien ist ein Raum mit einem Dutzend Computerschirmen. Pro Arbeitsplatz drei, man sitzt vor einem digitalen Flügelaltar. Auf dem rechten Schirm zahlreiche Seismogramme in Echtzeit – leicht zitterige Linien, welche die in den österreichischen Messstationen (13 große, über 20 kleine, weitere sind in Planung) wahrgenommenen Bodenbewegungen darstellen. Diese Seismogramme, früher von den Seismographen auf Papier gezeichnet, welches erst zur Auswertung zum Erdbebendienst gebracht werden musste, werden heute automatisch digitalisiert und übertragen. Der linke Bildschirm zeigt das Zentrum des aktuellsten österreichischen Bebens: den steirischen Erzberg. Vor zwei Stunden hat dort eine Sprengung für eine Magnitude von 1,1 gesorgt. Der dritte Schirm signalisiert gerade das Eintreffen eines Wahrnehmungsberichts: Ein Mann aus Wels hat in seiner Wohnung im dritten Stock leichte Erschütterungen gespürt. Der Seismologe vergleicht die Uhrzeit mit den Berichten der Messstationen. „Ein Fehlalarm, vielleicht ist ein LKW vorbeigefahren.“

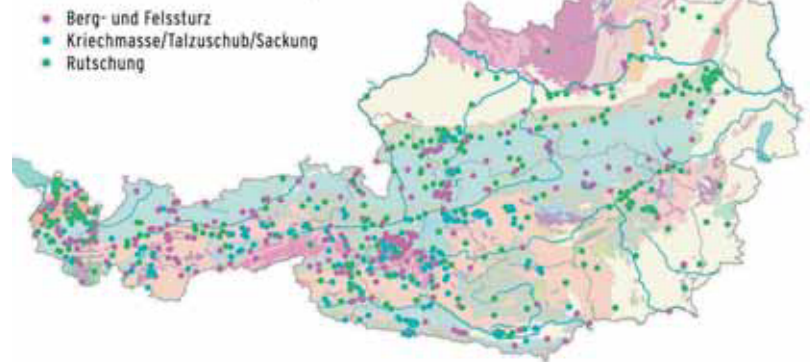
Gibt es ein echtes Beben, so sind die Experten in den meisten Fällen nicht weniger überrascht als die Bevölkerung. „90 Prozent der Erdbeben haben keine Vorbeben, und ob ein Vorbeben ein Vorbeben war, zeigt sich erst im Nachhinein.“ Auch die Beobachtung von Sternbildern, Gezeiten oder Magnetfeldern bringt hier nichts. Und das Tierverhalten? Es stimmt, dass Tiere die Vorwelle eines Bebens besser spüren können als Menschen. „Aber für eine Vorhersage ist das nicht tauglich. Wenn ein Hund im Kreis läuft, bedeutet das noch lange nicht, dass ein Beben kommt“, so Lenhardt.

Möglich sind hingegen langfristige Vorhersagen, worunter die Bestimmung der Erdbebengefährdung innerhalb eines größeren Zeitraums verstanden wird, die ihre Anwendung in Erdbebengefährdungskarten und Baunormen findet. Denn: Ein Erdstoß der gleichen Stärke kann Zehntausende oder nur einige wenige Tote fordern – je nach Bauart der Häuser. Gebiete mit höherer Wahrscheinlichkeit für Erdbeben sind in Österreich etwa das südliche Wiener Becken oder das Mur- und Mürztal. Auch der Obdacher Sattel und Teile des Lavanttales sowie die Gegend um Eisenkappel und das Tiroler Inntal sind für vergleichsweise häufige Erdbeben bekannt. Einen wesentlichen Fortschritt für die Erdbebenforschung erhofft sich Wolfgang Lenhardt durch die Auswertung von Satellitenbildern: „Eine kontinuierliche Dokumentation von Raumveränderungen sollte uns in Zukunft eine bessere, kurzfristigere Erdbebeneinschätzung bringen.“

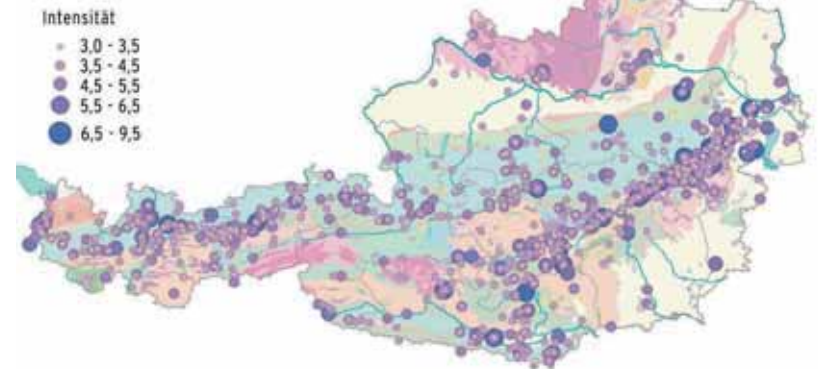
Natürliche Erdbeben können ihre Ursache in unterirdischen Massenverlagerungen haben, dazu gehören die tektonischen und die vulkanischen Erdbeben sowie Einsturzbeben (z. B. Dolinen im Karst). Einen Sonderfall stellen die so genannten Impaktereignisse durch auf der Erdoberfläche einschlagende Himmelskörper dar. Seit ihrer Entstehung ist die Erde dem Bombarde-

GEOLOGISCHE GEFAHREN RUTSCHUNGEN, ERDBEBEN & RADON

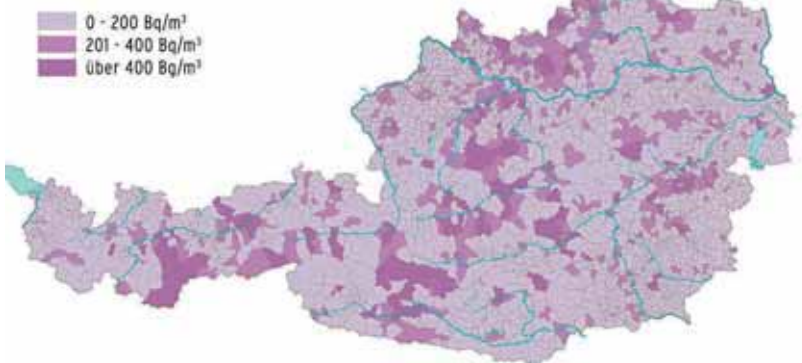
Prominente Massenbewegung in Österreich



Erdbeben in Österreich



Radon in Österreich



DIE GEFAHR DER ALPEN

Je nach Gesteinsuntergrund treten verschiedene Massenbewegungen auf (re. o.). Zu seismotektonisch aktiven Zonen zählen das Wiener Becken, das Mur-Mürztal, das Inn- und das Lavanttal (re. Mi.). Erhöhte Konzentrationen von Radon tritt in Gebieten kristalliner Gesteine auf (re. u.).

ment kosmischer Geschosse ausgesetzt. Diese Vielzahl der Treffer kann man sich besonders deutlich vorstellen, wenn man die Oberfläche des benachbarten Erdmondes betrachtet, der vollkommen von Kratern bedeckt ist. Der Mond besitzt keine Atmosphäre und ist auch nicht geologisch aktiv, so dass seine Oberfläche alle Einschlagereignisse, die über mehrere Milliarden Jahre erfolgt sind, aufzeichnet.

Impaktereignis Meteorit

Seitdem uns Filme wie „Armageddon“ oder „Deep Impact“ Kometen und Asteroiden quasi ins Wohnzimmer geschleudert haben, wird die Impact-Forschung auch von einer breiten Bevölkerung mit Interesse wahrgenommen. „Noch gibt es erhebliche Wissenslücken über den Einfluss von Impact-Ereignissen“, erklärt Christian Köberl vom Department für Lithosphärenforschung der Uni Wien. So könnte ein Meteoriten-Einschlag nicht nur negative Folgen für das Leben haben. „Es gibt etwa eine Hypothese, wonach es durch den Ein-

schlag eines großen Objekts in Australien vor 580 Millionen Jahren zu einem wahren Boom in der Fauna gekommen ist“, so der Impact-Forscher. „In Verbindung mit Wasser könnten solche Krater wie gigantische Suppenkessel gewirkt haben, in denen organische Moleküle kochten, sich neu verbanden und so neues Leben entstand.“

Und wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass Österreich von einem Meteoriten getroffen wird? „Das hängt von der Größe ab. Ein Meteorit ist ein kleiner Körper, der in der Atmosphäre abgebremst wird. Was wir brauchen, sind Körper mit mehr als circa 30 Meter Durchmesser bei Eisen oder 100 Meter Durchmesser bei Stein, die werden nicht sehr abgebremst und machen dann Impaktkrater von einigen hundert Meter Durchmesser aufwärts.“ Die kleine Fläche Österreichs verringert natürlich die Gefahr, getroffen zu werden. Was bei einem großen Impaktereignis nur ein schwacher Trost ist: „Da ist es dann völlig egal, ob das in Österreich oder Südafrika passiert, die Effekte sind global.“

In Österreich bedarf es keiner so seltenen Ereignisse wie Erdbeben und Meteoriteneinschlag, um Massenbewegungen in Gang zu setzen. Sie gehören in den Alpen quasi zum Alltag, teils langsam kriechend als Bewegung des Untergrunds mit wenigen Millimetern pro Jahr, teils rutschend und bröckelnd, teils im freien Fall mit unaufhaltsamer Wucht wie zum Beispiel die Fels- und Gletscherabbrüche im Bereich des Bliggferners im Tiroler Kaunertal. Hier waren 2007 laut Landesgeologen zwei bis drei Millionen Kubikmeter Fels und Eis in Bewegung.

„Ursache ist hier das verstärkte Auftauen des Permafrostes“, erklärt Karl Krainer vom Institut für Geologie und Paläontologie der LFU Innsbruck. Auch die Stein Schlagaktivität in der Venedigergruppe im

UNSER STEFFL IM KRATER

Der Wiener Stephansdom im Meteor Crater, Arizona (USA). Für einen Krater mit einem Durchmesser von 1,2 Kilometer „genügt“ ein rund 45 Meter großes Objekt.



letzten Sommer führt der Geologe auf das zunehmende Auftauen der Gletscher und des Permafrostes zurück. „Vorausgesetzt die Erwärmung hält weiter an, dann ist in den nächsten Jahren mit verstärkter Stein- schlagaktivität bis hin zu kleinen Bergstür- zen zu rechnen, und mit einem weiterhin starken Abschmelzen der Gletscher, was im Zusammenhang mit starken Niederschlä- gen während der Hauptschmelzperiode zu Hochwasser führen kann, wie z. B. im Salzachtal vor wenigen Jahren.“

Kalkuliertes Risiko

In Österreich sind davon alle Hochgebirgs- regionen betroffen, insbesondere im Be- reich der Zentralalpen. Sicherheitsvorkeh- rungen können momentan nur sehr schwer getroffen werden, da hierzulande grundle- gende Daten über den alpinen Permafrost fehlen. Karl Krainer versucht nun mit einer interdisziplinären Arbeitsgruppe herauszu- finden, wie Permafrost auf die Klimaerwär- mung reagiert. Auch ein Blockgletscher- inventar soll erstellt werden.

Doch das Problem in den Alpen liegt nicht beim Naturraum an sich, sondern auf Seiten des Menschen. In den letzten Jahr- zehnten wurden immer mehr Gebiete er- schlossen, die früher aus gutem Grund un- besiedelt blieben. Mittlerweile ist der Punkt bereits erreicht, an dem der Versuch, die natürlichen Prozesse durch künstliche Schutzmaßnahmen zu verhindern, zu viel Geld kostet. Der Salzburger Geologe Gerald Valentin hält hier einen Paradigmen- wechsel von der reinen Gefahrenabwehr zu einer Risikokultur für sinnvoll. „Bis dato



BEDROHLICHER KLIMAWANDEL

Noch hält Permafrost die Blockgletscher im Hohen-Gaisl-Massiv (Südtirol) zusammen, die sich langsam ins Tal bewegen.

NICHT GERADE STANDFEST

Der Gschlifgraben bei Gmunden in Oberösterreich ist wegen seiner Rutschungen gefährdet.

DIE KRAFT DER NATUR

Mehrtägige Niederschläge lösten im August 2005 die katastrophale Hangmure im steirischen Gasen aus.

RADON DIE UNSICHTBARE GEFAHR

In den Bergwerken sprach man lange von „Todesschächten“. Wer dort arbeitete, wurde nicht älter als 25 oder 30 Jahre. Ende des 19. Jahrhunderts diagnostizierte man die „Bergekrankheit“ als Lungenkrebs. In den 1920ern entdeckte man die Verbindung zu dem radioaktiven Edelgas Radon. Seit den 1950ern weiß man, dass auch in Häusern Radonkonzentrationen vorkommen können.

„Es ist eine Art Kamineffekt: Die warme Luft steigt nach oben, unten bildet sich ein gewisser Unterdruck. Ist das Haus gegen den Untergrund nicht hermetisch abgeschlossen, saugt es aus dem Boden Luft und mitunter relativ hohe Radonkonzentrationen an“, erklärt Harry Friedmann vom Institut für Isotopenforschung und Kernphysik der Universität Wien. Er leitete das Österreichische Radonprojekt (ÖNRAP), in dessen



Rahmen von 1992 bis 2002 österreichweit ca. 40.000 Messungen in Wohnräumen durchgeführt wurden. In drei bis fünf Prozent wurde der Richtwert von 400 Becquerel pro Kubikmeter überschritten, besonders in den Granit- und Gneisregionen, etwa des Wald- und Mühlviertels. Gegen Radon aus dem Untergrund ist ein Gebäude relativ einfach abzuschirmen: mit einer gasdichten Abschirmung des Kellers gegen die Umgebung hin sowie einer möglichst dichten Tür zwischen Keller und Wohnräumen. Für Radonbelastungen ist zu 95 Prozent die Geologie des Untergrunds verantwortlich. Andere Quellen: Industrieabfälle, Wasser oder Uranerz in der Mineraliensammlung.

Untersuchungen bieten einige Labors in Österreich, darunter die Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), die Austrian Research Centers (ARC) Seibersdorf sowie einige Uni-Institute.

Link: <http://homepage.univie.ac.at/harry.friedmann/Radon/welcome.htm>



wird von der Bevölkerung eine gefahrenlose Nutzung des Siedlungsraumes erwartet, auf Straßen soll absolute Steinschlagsicherheit gegeben sein. Dies ist jedoch eine Illusion. Es gilt, Akzeptanz und Zumutbarkeit von naturräumlichen Risiken in der Gesellschaft, aber auch beim Gesetzgeber zu implementieren.“

Der geologische Amtssachverständige Valentin weiß, wovon er spricht. Für ihn und seinen Kollegen Rainer Braunstingl zählen Seilbefahrungen von Felswänden, speziell entlang von Landesstraßen, und Begehungen von aktiven Steinschlag- und Rutschbereichen zum Alltag. Ist ein Ereignis bereits eingetreten, muss der Geologe die Ursache erforschen und eine Prognose erstellen, welche weiteren Gefahren ausgehen können. Oft gilt es, Straßensperren oder Evakuierungen zu veranlassen oder technische Maßnahmen wie z. B. Beräumungen, Sprengungen oder die Errichtung von Schutzbauten anzuordnen. „Sehr oft agieren wir Geologen dabei als Risikomanager im Spannungsfeld zwischen Raumordnung, Politik, privaten Interessen, aber auch dem Strafrecht.“

Maßgebliche Instrumentarien zur Früherkennung von Steinschlägen, Rutschungen und sonstigen Massenbewegungen erwartet sich Gerald Valentin in naher Zukunft keine: „Unter Berücksichtigung der Komplexität derartiger Ereignisse wird dies vermutlich auch nicht gelingen.“ Fortschritte sieht er hingegen bei technischen Lösungen für Schutzbauwerke und bei der Methodik zur Überwachung von Gefahrenbereichen.

WENN BERGE ABSTÜRZEN
Einzigartige Momentaufnahme des Bergsturzes an der Großen Bischofsmütze in Salzburg am 10. Oktober 1993.

Auf manuelle Methoden unter Zuhilfenahme der Lasermessung muss der sportliche Landesgeologe bei der messtechnischen Überwachung im Gipfelbereich der Bischofsmütze zurückgreifen, da aufgrund der Exponiertheit hochsensible Messinstrumente nicht zum Einsatz kommen können. An der Bischofsmütze gerieten 1993 infolge zweier Bergstürze 250.000 Tonnen Gesteinsmaterial in Bewegung. Für jemanden, der seine Umgebung mitunter in Zeiträumen von tausenden Jahren überblickt, kein Grund zur Aufregung: „Die Entstehung der Alpen hat ihren Zenit eindeutig überschritten, jetzt wird durch die Erosion alles schön langsam wieder zu Hügelland.“

Naturgefahren im Internet:

www.geologie.ac.at: Auf der Website der Geologischen Bundesanstalt befindet sich unter dem Menüpunkt GBA-ONLINE die Webapplikation „Massenbewegungen - Suchen nach Sackungen, Rutschungen und Felsstürzen“.

www.zamg.ac.at: Auf der Seite der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik gibt es einen Link zum Live-Seismogramm der Erdbebenstation „Conrad Observatorium/NÖ“ und Informationen zu Erdbeben rund um den Erdball.

http://www.alp-s.at/cms/: „alpS“, Zentrum für Naturgefahren Management GmbH

Alle Links zum Anklicken: www.universum.co.at

GEOLOGISCHE KARTEN WISSEN UM NATURGEFAHREN

EIN BERICHT VON THOMAS HOFMANN

Wer über die Natur der Steine Bescheid wissen will, kommt um geologische Karten nicht herum. „Freilich können wir Naturgefahren nicht verhindern, aber geologische Karten enthalten derart viele Informationen, dass man daraus ein mögliches Gefahrenpotenzial abschätzen kann“, so Hans Georg Krenmayr, Leiter der Geologischen Landesaufnahme an der Geologischen Bundesanstalt in Wien.

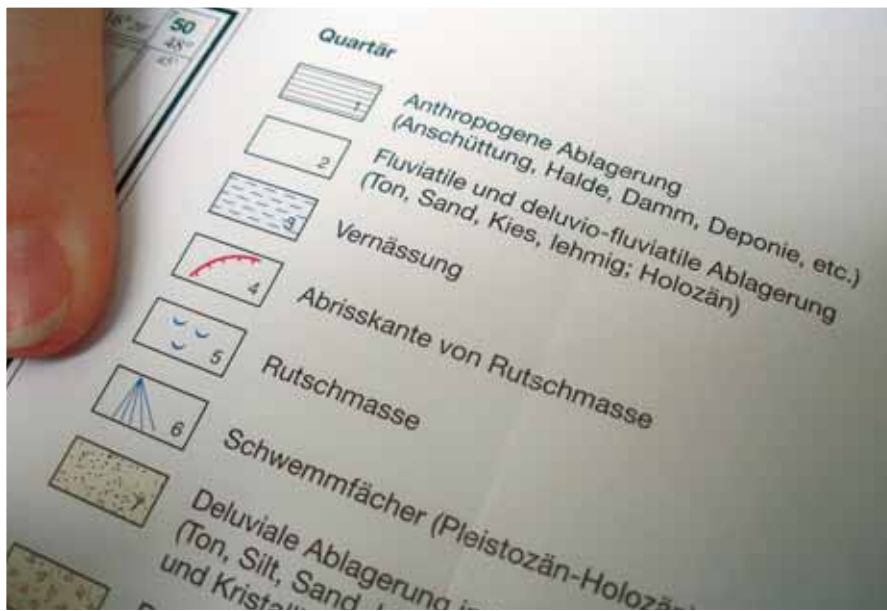
Eines vorweg: Geologische Karten sind hochkomplex, sie enthalten Informationen von vier Dimensionen (Raum und Zeit). Wer die bunten Farben der Legende samt den Sonderzeichen auf Grundlage der topographischen Karten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV) richtig liest, erfährt nicht nur, wie die Gesteine im Raum orientiert sind und wie alt sie sind, sondern weiß auch, wo sich Überschiebungen, Störungszonen und Rutschungen, Steinbrüche etc. befinden. Wer es genau wissen will, greift zu den geologischen 50.000er-Karten,

die von der Geologischen Bundesanstalt (GBA) herausgegeben werden. Sie enthalten ein Maximum an Detailinformationen, die in jahrelanger Geländetätigkeit erhoben wurden. Flächendeckende Terrain-Begehungen von Geologen liefern Informationen über gefährdete Bereiche wie Sackungen, Auflockerungszonen etc., die gesondert dargestellt werden.

Bei der Legende ist jedes Gestein nicht nur mit einer eigenen Farbe, sondern auch mit einer Nummer versehen; diese erleichtert (bei ähnlichen Farbtönen) das Suchen in der Karte. Damit weiß man – ohne geologische Vorkenntnisse –, aus welchem Gestein der Untergrund besteht. So sind „weiche“ Gesteine, Mergel oder Tone anfälliger für Rutschungen als „harte“ Gesteine wie Kalke, Dolomite oder Granite. Die Anordnung der Legende erfolgt nach dem Alter der Gesteine. Das älteste Gestein ist im „Liegenden“ (= zuunterst), das jüngste im „Hangenden“ (= zuoberst).

Sonderzeichen informieren, „wie“ Gesteine in der Natur lagern. Fallzeichen etwa zeigen an, wie steil Gesteine liegen („einfallen“) und in welcher Richtung („streichen“) Gesteine orientiert sind. Fallzeichen bestehen aus einem längeren Strich, von dessen Mitte ein vertikaler Strich unterschiedlicher Länge ausgeht. Die Lage des längeren Striches zeigt die Orientierung („Streichen“) des Gesteins an, die Länge des vertikalen Striches (teilweise mit einem Pfeil) zeigt, ob das Gestein flach oder steil „einfällt“.

Damit lassen sich auch eindeutige Vorausagen treffen, wie (= in welche Richtung) sich Gesteine im Untergrund fortsetzen. Gerade bei Massenbewegungen, aber auch bei (Groß)bauten ist es von großer Bedeutung, ob die Gesteinsschichten parallel zu einem steilen Hang lagern („einfallen“) und damit nahezu prädestiniert sind, großflächig abzugleiten, oder normal, sprich 90°, dazu lagern.



FOTOS: GBA/T. HOFMANN

KARTENLEGENDE

Spezielle Zeichen stellen geologische Gefahren auf der Kartenlegende dar.

ACHTUNG, GEFAHR

Der Kartenausschnitt (re. o.) im Maßstab 1:50.000 zeigt viele Rutschungen.

GENEIGTE SCHICHTEN

Fallzeichen (re. u.) geben die Lage von Gesteinsschichten im Gelände wieder.



RUND UM DEN VULKAN

Der Ort Güssing liegt auf einem ehemaligen Vulkanschlot, der durch Erosion der umgebenden weicheren Gesteine nun als Kegel frei aufragt.

Am Fuß der Burgfelsen in Güssing oder Riegersburg stehend fällt es leicht, sich einen Vulkan vorzustellen. Kegelförmig, die Spitze etwas abgeplattet ragen sie auf, und in Gedanken zerlegt eine feurige Fontäne bereits die Burgruinen in Brocken, während Lava unaufhaltsam hangabwärts strömt. „Ganz so ist es hier nicht gewesen“, unterbricht der Geologe Ingomar Fritz das Kopfkino. Tatsächlich hat aber Vulkanismus das Gebiet vom Lavanttal in Kärnten über die slowenisch-steirische Grenzregion bis zum Südburgenland geprägt. Die sichtbaren Spuren verfolgt der Leiter des Bereichs Geologie und Paläontologie im steirischen Landesmuseum Joanneum 16 Millionen Jahre zurück. Als Erdwissenschaftler spricht er gelassen von der „jüngsten Erdgeschichte“. Für Südostösterreich unterscheidet Fritz zwei Phasen: eine vor rund zwei Millionen Jahren, der wir ideale Burg-Baugründe – wie auch den Kapfensteiner Kogel – verdanken, und

eine vor rund 16 Millionen Jahren, als der Gleichberger Kogel noch so spuckte wie der Ätna heute.

„Die Erdkruste ist keine Zwiebelchale, sondern besteht aus Platten, die auf einem zähflüssigen, heißen Gesteinsbrei schwimmen. Wo sie zusammenstoßen und sich gegeneinander verschieben, kann Magma an die Oberfläche treten oder die Erde beben“, beschreibt er. An seiner über die Jahrtausende zugeschütteten Basis misst der inzwischen erloschene Vulkan in Gleichberg rund 30 Kilometer im Durchmesser: „Wir sehen nur noch die Spitze eines Vulkans, der namensgebend für die ältere Periode ist und den man mit dem Ätna vergleichen kann“, so Ingomar Fritz. In der jüngeren Periode war die – ehemals vom Meer Parathetys bedeckte – Landschaft nach und nach von mächtigen Ablagerungen zugeschüttet worden. Diese fielen wiederum bei der Entstehung der Alpen an und waren kaum verfestigt. In lockeren Schotterstufen dazwischen

EIN THRON AUS ASCHE

Die Riegersburg steht auf vulkanischem Tuff, einer heute verfestigten vulkanischen Asche. Dieser perfekte Platz, um eine Burg zu errichten, entstand vor etwa zwei Millionen Jahren.



FOTOS: GBAU / HOPMANN, VULKANLAND

WOHLFÜHLVULKANISMUS

Südostösterreich war in der jüngsten Erdgeschichte mit Lavaströmen, Aschewolken und wuchtigen Explosionen keine gemütliche Region. Heute macht sich die vulkanische Vergangenheit angenehm bemerkbar mit landschaftlichen Reizen, wertvollen Rohstoffen, fruchtbaren Böden und wohltemperiertem Wasser.

EIN BERICHT VON ASTRID KUFFNER



fanden mehrere Grundwasserhorizonte Platz. In der Kontaktzone der eurasischen, der adriatischen und der pannonischen Platte krachte es gewaltig, wenn heißes Magma entlang von Störungslinien bis in oberflächennahe, wasserreiche Schichten aufstieg und sich in wuchtigen Wasserdampfexplosionen entlud: „Diese phreatomagmatischen Eruptionen sprengten Krater in die Landoberfläche, Magmapartikel und Sediment wurden kilometerweit geschleudert, vulkanische Gase und Wasserdampf formten sich zu hochenergetischen Wolken, den pyroklastischen Strömen“, so Fritz über das höllische Szenario.

Schließlich füllten sich die Krater mit Seen und deren Ablagerungen verfestigten sich, ebenso wie die Vulkanasche. Die Flüsse aus dem Alpenraum hatten danach wiederum gut eine Million Jahre Zeit, die Landschaft zu verändern, sich durch das Gestein zu fräsen und die Erosion voranzutreiben. „Was wir also heute sehen, sind keine Vulkankegel, sondern das verfestigte Innere von in die Landoberfläche eingesenkten Maarvulkanen. Der Vulkanschlott wurde durch die Erosion freigelegt“, stellt der Steirer richtig.

Die vulkanische Vergangenheit hat auch eine handfeste wirtschaftliche Bedeutung in der Region. Neben dem vermarkteten Erholungswert sind die vulkanischen Gesteinsschichten auch besonders mineralreich und einige Hänge geben prächtige Weinberge ab. Bis heute abgebaut werden die verfestigten Seesedimente: Der spezielle Ton bläht sich beim Brennen auf und ist als Baustoff und in der Gärtnerei gefragt.



Tuff, die verfestigte Vulkanasche, wurde in der Oststeiermark lange als verwitterungsbeständiger Baustein verwendet. Die erkalte Lava, der Basalt, ist sehr hart und kommt im Straßenbau und als Splitt zum Einsatz.

Wohlig warmes Wasser

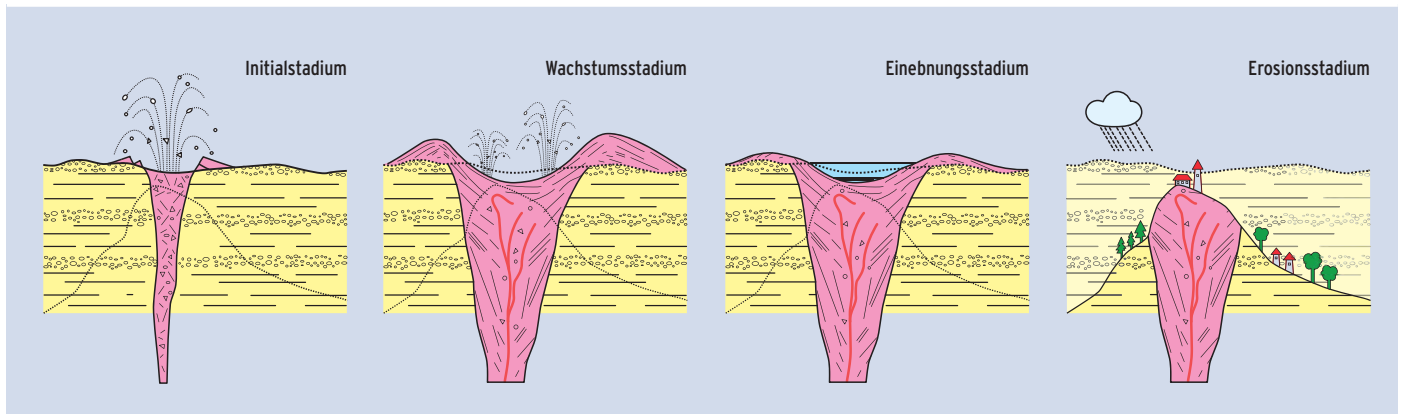
Besonders angenehm und heilsam finden – erdgeschichtlich bedingt – Feuer und Wasser in wohlig warmen Thermen zusammen. „In Österreich gibt es eigentlich nur drei echte Quellen, aus denen das Wasser mit mehr als 20 Grad Celsius beständig von selbst sprudelt: in Baden bei Wien, in Bad Gastein und in Bad Deutsch Altenburg“, schränkt Johann Goldbrunner, Geschäftsführer des Grazer Ingenieurbüros Geoteam, ein. Thermisch besonders begünstigt sind das Wiener und das Steiri-

AUS DEM ERDINNEREN

Der rund 11 Millionen Jahre alte Basalt am Pauliberg (Burgenland) und diese Basaltsäulen sind typische Abkühlungserscheinungen aus dem Inneren eines Vulkans. Die Olivinbombe aus der Sammlung Winkler-Hermaden kommt aus dem obersten Erdmantel – aus einer Tiefe von 60 km.

DIE VULKANLANDSCHAFT

So entstanden vor rund 2 Millionen Jahren die Maar-Diatrem-Vulkane von Kapfenstein, Riegersburg oder Güssing. Erst durch die Erosion wird letztendlich der Vulkanschlott sichtbar.



FOTOS: GBA/J. FRITZ, T. HOFMANN, WINKLER-HERMADEN, FELSENTHERME BAD GASTEIN, ILLUS: GBA/J. FRITZ

sche Becken (Südburgenland und die Oststeiermark). Am Grund der Becken ist die Erdkruste, vereinfacht gesprochen, dünner und Wasser kommt näher an die Oberfläche. In Bad Gastein erwärmt sich das Wasser hingegen durch den radioaktiven Zerfall im Gestein.

„Wasser ist ein hervorragendes Transportmittel für Wärme. Wir sagen, es hat eine hohe Wärmekapazität, weil es zwar viel Energie braucht, es zu erhitzen, die Temperatur dann aber gut gehalten wird“, ergänzt Goldbrunner. In den meisten Kurorten mit Mineralwässern wurde in die Tiefe gebohrt, das kostbare Nass wird dort mit Pumpen nach oben befördert. „Wärme im Untergrund allein reicht nicht“, sagt der Fachmann für Hydrogeologie. Thermik und wasserleitende Schichten müssen zusammenspielen und es muss auf eine




BESONDERS MINERALREICH
Thermalbäder - wie hier die Felseitherme in Bad Gastein - sind die angenehme Seite der Erdwärme. Der „Olivin“ des Weinguts Winkler-Hermaden in Kapfenstein ist ein vom vulkanischen Gestein geprägter Blauer Zweigelt.

DAS VULKANLAND
In der Südoststeiermark und im südlichen Burgenland gab es vor ca. zwei Millionen Jahren ein enges Nebeneinander von Vulkanen und Flüssen, die in den verlandenden Pannon-See mündeten.

ausgewogene Förderquote geachtet werden, damit das warme Wasser nicht versiegt. Die ausgedehnten Regenerationsgebiete, in denen Regenwasser versickert und auf verschlungenen Pfaden schließlich im Pumpschacht mündet, sind gar nicht alle bekannt. Was man aber weiß, ist, dass in Österreich viele Wässer schon seit der letzten Eiszeit unterwegs sind und im stattlichen Alter von zehn- bis zwanzigtausend Jahren die bequemen Bassins füllen.

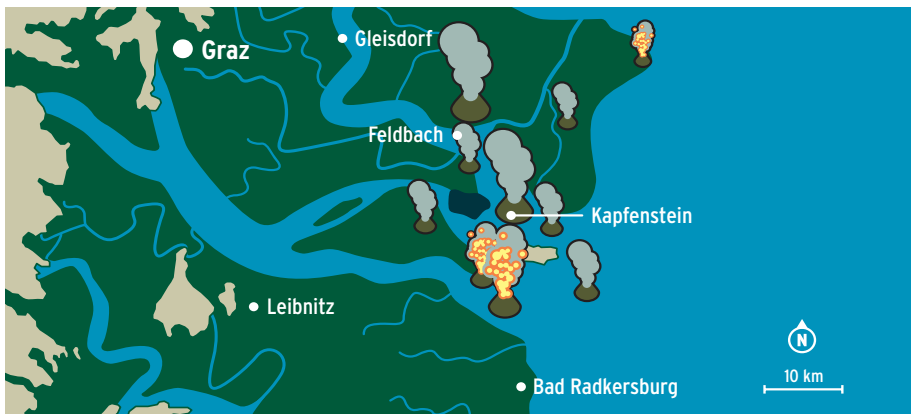
Die Erdwärme nutzen

Mit einer Wärmepumpe lässt sich der Temperaturgradient in Richtung Erdmittelpunkt „von den Alpengipfeln bis ins Wiener Becken“ nutzen und so Energie sparen, bestätigt Johann Goldbrunner. Am sinnvollsten ist der Einbau einer Erdwärmeheizung aber bei neu errichteten und gut gedämmten Gebäuden. Schon mit den Untergrundtemperaturen, die bis in 100 Meter Tiefe auftreten (7 – 15 Grad Celsius) können Vorlauftemperaturen bis 65 Grad bereitgestellt und so Fußbodenheizungen betrieben und Warmwasser bereitet werden.

Im Kleinen macht die „Brodlsulz“ bei St. Anna am Aigen immer noch einen vulkanischen Eindruck. In der einzigen so genannten Mofette Österreichs steigt Kohlendioxid an die Oberfläche und bringt den Bach zum Blubbern. „Sag niemals nie“, antwortet Ingomar Fritz auf die Frage, ob das vulkanische Erbe wieder aufflackern könne, und ergänzt ernsthaft, dass das wohl erst in der – geologisch gesehen näheren – Zukunft, also in Millionen von Jahren, der Fall sein könnte. 

Vulkanismus im Internet:

- Vulkanland: www.vulkanland.at
- Alle Thermen: www.thermen.at
- Alle Links zum An klicken: www.universum.co.at



ANOMALIEN AUFGESPÜRT

Wünschelrutengänger „spüren“ Anomalien im seichteren Untergrund auf, können aber keine exakten Erklärungen für geowissenschaftliche Zusammenhänge liefern.



Seit jeher versuchte man mit verschiedenen Mitteln, die Welt unter unseren Füßen zu ergründen. In Trockengebieten wie auch in gemäßigten Klimazonen ist die Aufgabe des Wassersuchens evident. Solch überlebenswichtige Fragen wie auch existenzbedrohende Ausbrüche innerer Kräfte bei Erdbeben oder Vulkaneruptionen forderten die Interpretations- wie auch Vorhersagekunst von Schamanen und Priestern heraus.

Entsprechend brachten uralte Traditionen verschiedene Methoden hervor, um vague Informationen über die Tiefen zu gewinnen; und sie weisen zum Teil auch

heute noch weite Verbreitung auf. Radiästheten werden von hochmodern ausgerüsteten und knallhart kalkulierenden Baufirmen beauftragt, Baugründe zu untersuchen, gefährliche Straßenabschnitte werden gemäß den Empfehlungen von Pendlern und Wünschelrutengängern entschärft.

Allgemein sollen mit diesen Methoden Signalvariationen – also Anomalien – eines Messinstruments, zum Beispiel des Pendels oder der Wünschelrute, kartiert werden. Der Erfolg scheint zumindest die Nachfrage am Leben zu erhalten – problematisch nur für die moderne Wissenschaft: Man hat keine Ahnung, was da ei-

gentlich gemessen wird. Der naturwissenschaftliche Ansatz, Information über die Verhältnisse im Untergrund zu gewinnen, beruht hingegen auf physikalisch erklärbaren Effekten, ausführlich behandelt im Forschungsfeld der Angewandten Geophysik – die Karten solcher physikalischer Anomalien sind im Prinzip schon sehr verwaschene und verrauchte Abbildungen des Erdinneren. Wenn hier gependelt wird, so misst man damit das Gravitationsfeld der Erde – moderne Gravimeter arbeiten allerdings mit höchstempfindlichen Quarzfedern oder in einem elektrischen Feld schwebenden Kugeln. Sogar

ANOMALIEN – ECHOS AUS DER UNTERWELT

Während das äußere Universum bis in Entfernungen von Milliarden Lichtjahren sicht- und erforschbar ist, entzieht sich das knapp 13.000 Kilometer durchmessende Erdinnere unter uns beharrlich dem Blick. So bleibt es ein fruchtbares Feld für Fantasie und Legendenbildung, aber auch eine harte Herausforderung an die Wissenschaft, ein Bild aus den Tiefen zu erhaschen.

EIN BERICHT VON ARNULF SCHILLER



Satellitenbahnen werden zur Bestimmung des Gravitationsfeldes verwendet.

Modelle des Untergrundes

Die gemessenen Werte der Erdschwere kommen durch Dichteunterschiede im Erdinneren zustande. In speziellen Datenverarbeitungsverfahren werden aus den ätherisch wirkenden Anomalie-Mustern Strukturmodelle des Untergrundes errechnet. Über verborgene Grüfte, Bergwerke, Höhlen, Bruchsysteme, unterseeische Gebirge bis hin zur Dicke ozeanischer oder kontinentaler Kruste oder dem inneren Aufbau der Erde liefern die Messungen wertvolle Hinweise.

Ein anderer Anomalienlieferant ist das Magnetfeld – genauso wie das Gravitationsfeld breitet es sich aus der Tiefe nach oben aus, wo es mit empfindlichen Magnetometern gemessen wird. Hier werden die magnetischen Eigenschaften der Gesteine abgeschätzt. Der Vorteil der Magnetik liegt darin, dass sie im Gegensatz zur Gravimetrie unempfindlich gegen Erschütterungen während der Messung ist, weshalb Magnetometer auch leichter vom Hubschrauber mitgeführt werden können. Auch in Österreich gibt es an der Geologischen Bundesanstalt (GBA) ein Hubschraubermesssystem mit Magnetometer und anderen

Sensoren wie einer Vierkanal-Sende- und Empfangsanlage (Bird), mit der elektromagnetische Wellen während des Fluges in den Untergrund abgestrahlt und die Veränderung dieses Radiofeldes durch die elektrischen Eigenschaften der Gesteine aufgezeichnet werden, ein 256-Kanal-Gammastrahlenspektrometer zur Ermittlung der Konzentrationen von Uran, Kalium und Thorium im Boden sowie eine Mikrowellenantenne und eine Infrarotkamera für die Messung der Bodenfeuchte und -temperatur. Mag. Klaus Motschka ist Leiter der Abteilung Geophysik an der GBA: „Die Hubschrauber-geophysik hat etwa 20 Prozent von

Österreich magnetisch, elektromagnetisch und radiometrisch kartiert. In Summe mehr als 120.000 Kilometer. Ganz Österreich wurde vor 30 Jahren magnetisch per Flächenflugzeug kartiert. Die Aero-geophysik Österreich zählt zu den weltweit komplexesten und innovativsten Systemen.“

Zur Erde und in der Luft

Die im Flug gewonnenen Daten liefern für große Gebiete einen schnellen Überblick über eventuell vorhandene Anomalien. Für genauere, kleinräumige Untersuchungen ausgewählter Bereiche sind Bodenmessungen notwendig, das bedeutet, hunderte Kilo Ausrüstung zu bewegen – mitunter in Sumpf, Dickicht oder über Felsklippen, in Sturm, Kälte, Nässe oder Hitze. Eine bewährte Methode hier ist die Geoelektrik, die den elektrischen Widerstand des Untergrundes mit Multielektrodenanordnungen misst. Sie wird in Österreich für viele Fragestellungen genutzt – etwa für die Grundwassersuche oder aktuell die Untersuchungen von Hangrutschungen und Veränderungen des Permafrostes in den Hochalpen. Eine aufwändige, aber hoch entwickelte

Methode zur Abbildung des Untergrundes stellt die Seismik dar. In der Erdölsuche ist sie das Mittel der Wahl, weil sie als einzige Methode eine Auflösung liefert, die (fast) unabhängig von der Tiefe der untersuchten Struktur ist, wenn man von Abschwächung des Signals absieht. Es werden durch Vibratoren, Sprengungen oder Pulsatoren elastische Wellen abgestrahlt, die von Schichten und Gesteinsgrenzen in der Tiefe als Echo reflektiert und durch hochempfindliche „Mikrofone“, die am Boden oder im Wasser horchen – in diesem Fall Geophone bzw. Hydrophone genannt – wieder aufgenommen werden.

Die seismische Datenverarbeitung ist durch das potente Interesse der Erdölindustrie weit gediehen. Die Bilder des Erdinneren sind entsprechend eindrucksvoll in der Darstellung. Das funktioniert bis in Tiefen von einigen Kilometern, begrenzt von der Energie der Wellenfelderzeugung. Für größere Tiefen müssen stärkere Quellen her – Erdbeben. Seismologen nutzen die Messung der Ausbreitung von Erdbebenwellen, um mithilfe dieser Information Modelle des Erdinneren zu erstellen. Ihr

Untersuchungsgebiet umfasst tatsächlich den gesamten Erdball – angefangen von der Untergrenze der Erdkruste durch die verschiedenen Mantel- und Kernzonen bis ins Zentrum des Planeten.

Eine nicht weniger eindrucksvolle elektromagnetische Variante einer extremen Tiefenuntersuchungstechnik ist die Magnetotellurik, die langperiodische Änderungen des Erdmagnetfeldes, welche durch den Anprall von solaren Plasmawolken hervorgerufen werden, als Quellen nutzt. Haben also diese modernen naturwissenschaftlichen Nachfolger der Wün-



PHYSIK AUS DER LUFT

Die Aero-geophysiker der Geologischen Bundesanstalt heben mit dem Heereshubschrauber ab (li.). Der „Bird“, die 140 kg schwere Messsonde, enthält Apparate zur Messung der Elektromagnetik und wird an einem Schleppkabel 30 m unter dem Hubschrauber mittransportiert (o.).

schelrute unseren Planeten transparent gemacht? Zum Teil ja, zum Teil sind die Bilder aber vieldeutig oder beruhen auf bestimmten Annahmen.

Peter Slapanski, Geologe an der GBA und an der Modellierung von Störkörpern beteiligt: „Wenn man den physikalischen Aufbau des Untergrundes kennt, lässt sich das Magnetfeld oder das Schwerfeld exakt berechnen – umgekehrt von den Feldmessungen auf den Aufbau zu schließen ist schwierig, da die Lösung nicht eindeutig ist. Einschränkungen auf plausible Lösungen sind aber bei Mitein-

beziehung von vorhandenen Informationen aus Geologie oder anderen geophysikalischen Messmethoden möglich.“ Die Physik wird sich weiterentwickeln und neue Instrumente zur Erforschung des Erdinneren zur Verfügung stellen. So gesehen wäre es unwissenschaftlich, die traditionellen Methoden in Bausch und Bogen als Scharlatanerie abzuqualifizieren. Auch der Geowissenschaftler der Gegenwart muss sich oft genug eingestehen, dass er vor allem weiß, dass er erst wenig weiß – und es noch viel zu tun gibt, um Anomalien richtig zu deuten. 🌐

ZUM BEISPIEL ... STÖRUNGEN IN ÖSTERREICH

Große magnetische Anomalie unter dem „deutschen Eck“, die nach Österreich übergreift. Die Ursache dafür ist nach wie vor unklar.

Öztaler Anomalie: Die markante magnetische Anomalie wurde im Rahmen der Befliegung von Österreich gefunden und von Mitarbeitern der GBA bearbeitet. Als Ergebnis wurde ein amphibolit-reicher Störkörper mit einer Tiefenerstreckung von bis zu 10 km festgestellt. In der Böhmischen Masse (Mühl- und Waldviertel) gibt es eine Vielzahl radio-metrischer Anomalien (Kalium, Uran, Thorium).

Südburgenland: Starke magnetische Anomalie, durch Vulkanite und Serpentine verursacht.

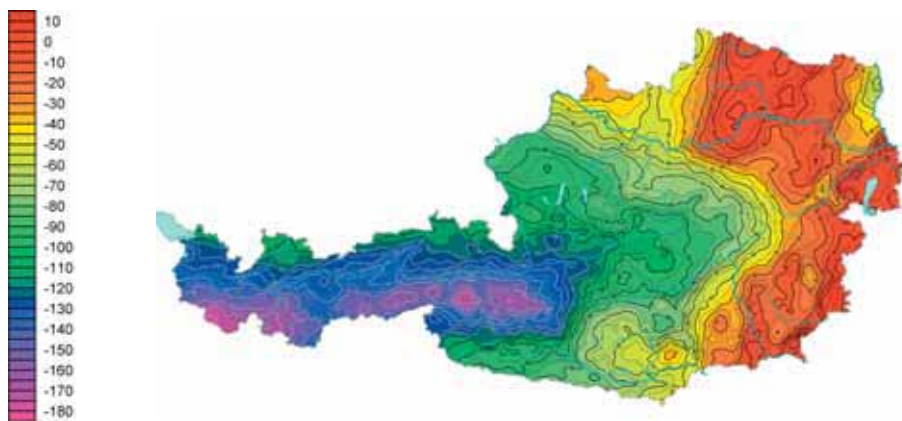
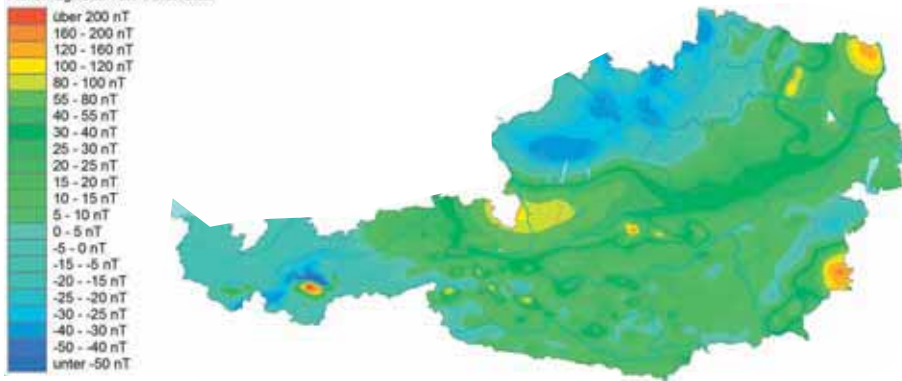
Hollabrunner Anomalie: Es existieren Modellrechnungen, Ursache aber unklar. Hochgrößen/Sölkötäler: Serpentin, im Gipfelbereich direkt an der Oberfläche anstehend.

Brünner Anomalie: Große Anomalie mit Maximum bei Brünn, die im Nordosten nach Österreich übergreift.

Diendorfer Störung: Seismisch aktive Bruchlinie an der Grenze zwischen Wald- und Weinviertel, die sich auch in den Aerogeophysikdaten abzeichnet. Das Dörfchen Platt liegt auf dieser Bruchzone. 1942 stürzte hier in einer Nacht ein ganzer Weingarten rund drei Meter in die Tiefe. Viele Häuser des Dorfes weisen schwere Schäden auf, neue Ziegelmauern neigen sich, in manchen Gebäuden klaffen handbreite Risse. Ein alter Stall ist in der Mitte auseinandergebrochen. Ein Teil lag danach mehr als einen halben Meter tiefer.

Seismisch aktive Zonen - Zonen mit erhöhter Erdbentätigkeit - konzentrieren sich vor allem im Inn- und Ennstal, in der Mur/Mürzfurche, im Wiener Becken wie auch im Lavanttal und in Süd- und Ostkärnten.

Aeromagnetik von Österreich



ÖSTERREICH, MAGNETISCH

Die Aeromagnetik von Österreich (o.) zeigt das im Untergrund erzeugte Magnetfeld mit der Öztaler Anomalie im Westen.

ÖSTERREICH GRAVIMETRISCH

Die markante Anomalie (u.) entlang des Alpenhauptkammes geht auf die Zunahme der Erdkruste unter den Ostalpen zurück.



PRUNKSTÜCK

In der Geologischen Bundesanstalt zu Wien ist dieses polierte Exemplar des 204 Millionen Jahre alten Ammoniten vom Steinbergkogel bei Hallstatt in Oberösterreich zu sehen.



VOM URGESTEIN ZUM UHR-GESTEIN

Wie alt ist die Erde - und wie hat sie sich im Laufe der Zeit verändert? Antworten auf diese Fragen liefern Geologen und Paläontologen. Aber woher wissen die Forscher eigentlich, wie alt Gesteine sind, welche Ereignisse unsere Welt formten oder wann die Dinosaurier ausstarben? Eine Spurensuche zwischen Gesteinsstaub und Reinstraumlabor ...

EIN BERICHT VON IVO FILATSCH

FOTO: A. ORTAG



Weiße Kappe, weißer Kittel, Laborschuhe – auf den ersten Blick entspricht Ralf Schuster nicht gerade dem landläufigen Bild eines Geologen. Kein Hammer, kein Rucksack – kein Wunder: Statt im freien Gelände steht Schuster in einem Schleusenraum, der in das Allerheiligste führt – das Isotopenlabor der Geologischen Bundesanstalt in Wien. „Die Proben, die wir hier aufbereiten, dürfen auf keinen Fall verunreinigt werden“, erklärt der Experte für die Altersbestimmung von Gesteinen. „Sonst bekommen wir unbrauchbare Alterswerte – und monatelange Arbeit war vergebens.“

Das genaue Alter einer Gesteinsprobe ist deshalb so wichtig, weil es den Forschern viel über längst vergangene Ereignisse erzählt – und Erkenntnisse darüber liefert, wie unser Planet funktioniert. Die Wanderung der kontinentalen und ozeanischen Platten, das Entstehen und Verschwinden ganzer Gebirge, gigantische Vulkanausbrüche oder Meteoriteneinschläge – Geologen erwecken die Vergangenheit der Erde zum Leben. „Mit der Datierung von Gesteinen versu-

chen wir, geologische Prozesse nachzuvollziehen“, erläutert Schusters Kollege Manfred Linner. „Denn der zeitliche Ablauf ist wichtig für ein besseres Verständnis dieser dynamischen Vorgänge.“

Radioaktivität als „geologische Uhr“

Zur Bestimmung des absoluten Alters eines Gesteins nutzen die Forscher die natürliche Radioaktivität. Viele Isotope chemischer Elemente sind radioaktiv – und damit instabil. „Radioaktive Isotope etwa von Uran, Rubidium oder Samarium zerfallen mit der Zeit“, so Ralf Schuster. „Dabei werden sie in Isotope anderer Elemente umgewandelt.“

Entscheidend für die radiometrische Datierung ist die so genannte Halbwertszeit – jene Zeitspanne, nach der genau die Hälfte des ursprünglichen radioaktiven Isotops zerfallen ist. Die Halbwertszeit kann mehrere Millionen, ja Milliarden Jahre umfassen – beim Samarium-Isotop 147 etwa beträgt sie unvorstellbare 106 Milliarden Jahre. Zum Vergleich: Die Erde ist knapp 4,6 Milliarden Jahre „jung“.

Bei bekannter Halbwertszeit können die Wissenschaftler aus dem Verhältnis zwischen Ausgangsmaterial („Mutterisotop“) und Endprodukt („Tochterisotop“) das Alter eines Gesteins berechnen. Das Isotopenverhältnis wird mit einem Massenspektrometer gemessen – ein solches Hightech-Gerät steht im Labor von Urs Klötzli. Der gebürtige Schweizer leitet das Labor für Geochronologie am Department für Lithosphärenforschung der Universität Wien. Seinem Team gelang eine überraschende Entdeckung.

Altes Gestein in Alpengestein

In den italienischen Alpen nahe der Schweizer Grenze stießen die Forscher auf Gestein, das sehr viel älter ist, als sie dort je für möglich hielten. „Wir dachten eigentlich, wir hätten die Entwicklung dieses Stücks der Erdkruste ganz gut verstanden. Aber statt der erwarteten rund 280 Millionen Jahre war dieses Gestein auf einmal 970 Millionen Jahre alt“, berichtet Urs Klötzli. „Damit ist es das älteste datierte Gestein der Alpen.“

GEOCHRONOLOGIE

Ralf Schuster (li.) und Urs Klötzli (re.) enträteln in ihren Labors das absolute Gesteinsalter.

GEOLOGISCHE FELDARBEIT

Die Probenahme in Tropfsteinhöhlen gehört zu den großen Herausforderungen der geologischen Feldarbeit.



Die Alpen selbst begannen sich vor etwa 130 Millionen Jahren aufzufalten. Das Gestein, aus dem das Gebirge entstand, ist nach gängiger Lehrmeinung großteils zwischen 450 und 600 Millionen Jahre alt. „Lange Zeit glaubte man, der gesamte heutige Alpenkörper von Genua bis Wien enthalte kein Gestein, das älter ist als 600 Millionen Jahre“, meint Klötzli. „Der neue Fund beweist erstmals, dass die Alpen auch deutlich ältere Gesteine aufweisen.“

Die stammen aus der Zeit der Grenville-Orogenese, einer Gebirgsbildungsphase, die vor rund 1,3 Milliarden Jahren begann, vor etwa 950 Millionen Jahren endete und in vielen Regionen der Erde nachgewiesen ist – in Mitteleuropa bisher jedoch nicht. „Das ist ganz neu. Nun müssen die Modelle zur Erdentwicklung adaptiert werden“, erläutert Urs Klötzli die Bedeutung des Fundes.

Die Datierung des neu entdeckten Gesteins erfolgte mit der „in-situ Laser-Ablation“: Dabei wird eine Probe des zu datierenden Minerals – in diesem Fall Zirkon – mit einem Laserstrahl beschossen. Das herausgelöste Material wird ionisiert – also elektrisch aufgeladen –, damit danach im Massenspektrometer die verschiedenen Isotope getrennt werden können. Aus dem Isotopenverhältnis ergibt sich das Alter des Gesteins.

Informationen aus dem Untergrund

Exakte Datierungsmethoden benötigt auch Christoph Spötl: Der Forschungsschwerpunkt des Geologen der Universität Innsbruck liegt ebenfalls in den Alpen. Allerdings gehen Spötl und sein Team dazu in den Untergrund. „Wir betreiben historische Klimaforschung in Höhlen“, meint Spötl. „Wir untersuchen das Paläoklima – also jenes vor dem Eingriff des Menschen – und schauen, wo wir möglichst vollständige, unverfälschte Aufzeichnungen des Klimas finden. Zeitlich

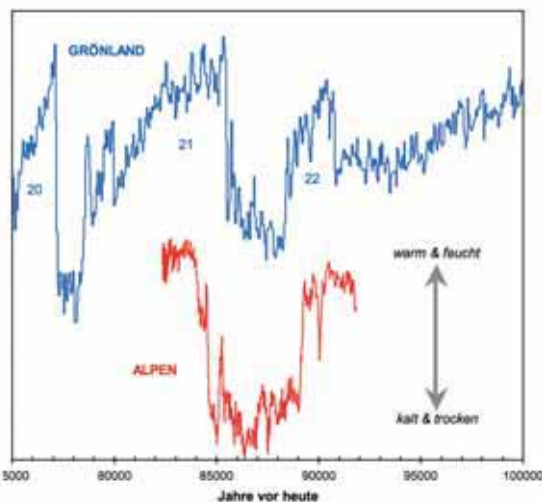


bewegen wir uns dabei meist innerhalb der letzten paar hunderttausend Jahre.“

In Tropfsteinen von Höhlen sind Klimaveränderungen früherer Zeiten gespeichert. Diese Informationen gehen weit darüber hinaus, was Ablagerungen aus Gletschern und Seen liefern. „Im Prinzip hängt alles an der Datierung“, betont Christoph Spötl.

„Im Rahmen eines aktuellen FWF-Projekts können wir auf Basis unserer Daten aus Höhlen in den Ostalpen etwa die Klimadynamik während der letzten Eiszeit präziser darstellen, als es bisher mit Eisbohrkernen aus Grönland möglich ist.“

Aus den Eisproben hatten Wissenschaftler abgeleitet, dass es im Lauf der letzten



KLIMAARCHIV

Die aus Daten des Grönlandeises gewonnenen Klimaschwankungen (blaue Kurve) lassen sich durch die besser datierten Untersuchungen von Tropfsteinen in den Alpen (rote Kurve) verfeinern.

Eiszeit insgesamt 25 Erwärmungsphasen gab. „Deren Zeiteinstufung ist noch etwas unsicher. Für die Frage, warum die Erde früher einen derartigen Klimarhythmus gehabt hat, ist es jedoch wichtig, das Timing gut hinzubekommen. Wir haben derzeit mit zwei oder drei anderen Gruppen weltweit die Nase vorn“, freut sich Spötl.

Absolut neu – relativ alt

Neben der absoluten Datierung von Gesteinen durch radioaktiven Zerfall gibt es die relative Altersbestimmung mittels Fossilien früherer Lebewesen. Diese Biostratigraphie wurde bereits ab Ende des 17. Jahrhunderts entwickelt. „Der Hintergrund der Biostratigraphie ist die Evolution“, erklärt Werner

Piller, Paläontologe und Experte für Historische Geologie an der Universität Graz. „Ein höher entwickelter Organismus ist jünger als ein weniger hoch entwickelter – das ist das Grundprinzip. Die relative Datierung mit Fossilien funktioniert gut bis etwa 550 Millionen Jahre zurück. Alles, was älter ist, wird schwierig, da es davor zu wenige Fossilien gibt.“

Durch die geologisch gesehen rasche Veränderung von Lebewesen können die Forscher die unterschiedlichen Entwicklungsstufen der Organismen – und damit die Gesteinsschichten, in denen sie gefunden wurden – zeitlich gut einordnen.

Eine Phase der Erdgeschichte, die sich genau unterteilen lässt, ist der Jura. Leitfos-

silien dieser Epoche sind Ammoniten. Diese ausgestorbenen Meeresbewohner waren Kopffüßer – Weichtiere, die in einem spiralförmigen Gehäuse lebten. Mithilfe versteinelter Ammoniten-Schalen unterscheiden die Forscher bestimmte Zeitabschnitte.

„Wahrscheinlich noch in diesem Jahr wird in Österreich ein so genannter ‚Goldener Nagel‘ der Geologie eingeschlagen“, berichtet Werner Piller. „Oberhalb von Hallstatt wird damit eine weltweit repräsentative Grenze zwischen zwei Zeitabschnitten des jüngeren Trias, dem Norium und dem Rhaetium, vor etwa 204 Millionen Jahren festgelegt – aufgrund von Ammoniten und anderen Leitfossilien.“

Österreich bekommt voraussichtlich sogar noch einen weiteren weltweit gültigen Bezugspunkt – die Grenze zwischen Trias und Jura vor etwa 200 Millionen Jahren. „Das ist eine übergeordnete Grenze und damit etwas ganz Besonderes“, meint Piller. „Der Jura ist ja bekannt für die Dinosaurier. Und die Basis des Jura – der weltweite Referenzpunkt für diese Ära – wird dann im Gebiet des Tiroler Achensees liegen.“ Ob relativ oder absolut – durch die Datierung von Gesteinen wird die Erdgeschichte lebendig.

Dynamische Erde, ruhiger Mond

„Das Gesicht unseres Planeten verändert sich ständig“, betont Manfred Linner von der Geologischen Bundesanstalt. „Diese Veränderungen sind entscheidend, denn ohne Plattentektonik, Vulkanausbrüche oder Erosion durch Wind und Wasser hätte sich das Leben auf der Erde kaum so vielfältig entwickelt.“

Das Gegenteil einer dynamischen Welt findet sich am Himmel. „Der Mond bleibt immer gleich“, meint Linner Kollege Ralf Schuster. „Eine faszinierende Vorstellung, dass die Mondoberfläche seit 3,5 Milliarden Jahren praktisch unverändert ist. Auf der Erde gibt es das nicht – hier wird die Kruste ständig umgeformt.“

DER GOLDENE NAGEL
Geologen und Paläontologen definieren die Grenze zwischen Norium und Rhaetium – Zeitabschnitte vor etwa 204 Millionen Jahren – bei Hallstatt in Oberösterreich.



FOTOS: W. PILLER, GBA/T.HOFMANN (2), CH. BAAL

Bohrungen und 3-D-Seismik geben ziemlich gute Bilder des Untergrundes. Wenn es darum geht, das Alter der Gesteine zu entschlüsseln, setzt man meist auf die Mikropaläontologie. Jürgen Hatzenbichler im Gespräch mit dem Erdölgeologen Gerhard Wiesmayer (Rohöl-Aufsuchungs AG) und der Mikropaläontologin Elza Iordanova (Uni Wien).

DAS GESTEIN AUFLÖSEN - „BRÖSEL“ ALS ANTWORT FÜR ÄLTERSFRAGEN

UNIVERSUM: Mit Erdölgeologie verbinden viele Leute spektakuläre Berufsbilder. Wie sieht der Alltag wirklich aus?

Wiesmayer: Die allermeiste Zeit verbringen wir in der Bearbeitung und Auswertung der Ergebnisse bereits gemachter Bohrungen, egal, ob sie fündig waren oder nicht.

UNIVERSUM: Was bedeutet das konkret, welche Untersuchungen machen Sie?

Wiesmayer: Schon im Zuge der Bohrung werden im Bohrloch, das heißt oft über tausende Meter tief, der elektrische Widerstand und die natürliche Radioaktivität des Gesteins gemessen. Damit können wir verschiedene Gesteinsarten unterscheiden; Sandsteine oder Kalke haben eine deutlich geringere natürliche Radioaktivität als etwa Tone oder Mergel.

UNIVERSUM: Wie können Sie eigentlich das Alter dieser Gesteine im Untergrund bestimmen? Können Sie das Alter messen?

Wiesmayer: Wir untersuchen das Bohrklein, das sind zentimetergroße Gesteinsbruchstücke, die mit der Spülung bei laufender Bohrung nach oben gefördert und kontinuierlich geprobt werden.

Iordanova: Da ist die Mikropaläontologie gefordert. Denn das Bohrklein ist ein grauer Brei mit Bröckeln, dem wir das Alter nicht ansehen.

UNIVERSUM: Wie wissen Sie, wie alt der graue Brei ist?

Iordanova: Man muss das Gestein gänzlich auflösen. Die Proben müssen mit Wasserstoffperoxyd angesetzt werden. Bei Mergeln, Tonen usw. geht das relativ leicht. Oft muss ich die Proben noch mit Waschsoda kochen, damit die winzigen Fossilien von den Tonpartikeln sauber werden. Das Ganze ist eine ziemliche Pritscherei mit ganz feinen Sieben.

UNIVERSUM: Was bleibt dann vom Gestein übrig?

Iordanova: Von einer Handvoll Bohrklein bleibt meist weniger als ein Kaffeelöffel feiner Sand über. Unter dem Mikroskop muss man jedes Brösel anschauen, denn in diesem Sand befinden sich winzige Mikrofossilien. Es geht um die Winzlinge, meist Einzeller, die als Plankton in der Wassersäule lebten, dann auf den Meeresboden sanken und im Sediment über Millionen von Jahren erhalten blieben. Mikrofossilien sagen wir dazu.

UNIVERSUM: Das heißt, das Gesteinsalter ist eine Frage der Mikrofossilien?

Iordanova (lacht): Nicht nur, aber die geologische Praxis sieht meistens so aus. Natürlich kann man mit vielen Fossi-




lien das relative Gesteinsalter bestimmen, aber Mikrofossilien finden sich in sehr vielen Gesteinen. Viele der Mikrofossilien haben eine rasche Evolution, und so gibt es einen enormen Artenreichtum. Konkret sind einzelne Arten oder Vergesellschaftungen bestimmter Arten typisch für einen Zeitabschnitt.

UNIVERSUM: Jetzt weiß der Erdölgeologe das Alter. Was macht er damit? Es geht doch um Öl und Gas?

Wiesmayer: Freilich – doch jetzt überprüfen wir, ob die mikropaläontologischen Ergebnisse mit unseren Vorstellungen übereinstimmen. Wenn wir jüngere Gesteine über älteren finden, dann ist das ein Hinweis auf Überschiebungen. Erdöl- und Erdgasvorkommen sind ja an ganz bestimmte geologische Strukturen gebunden. Wenn wir den Untergrund mit seiner

Entstehungsgeschichte kennen, können wir gezielt diese Strukturen anbohren. Ohne Mikropaläontologie würde die zeitliche Komponente fehlen. Alle Gesteine wären dann nur grau in grau.

Iordanova: Bohrungen sind ein klassisches Einsatzgebiet der Mikropaläontologie. Wenn es ums Alter geht, auch bei geologischen Kartierungen,

werden 80 bis 90 Prozent aller Altersbestimmungen in den Erdwissenschaften mit Mikro- und Nannofossilien gemacht. 



VERBINDUNGSELEMENT

Der 12,3 Kilometer lange Länzer Tunnel verbindet die Westbahn, die in der Flyschzone (Sandsteine, Kalkmergel) liegt, mit der Südbahn im Wiener Becken (Tone, Sande).

GLÜCK AUF!

Der österreichische Tunnelbau genießt weltweit einen hervorragenden Ruf. Mit ausgefeilten Methoden zaubern heimische Ingenieure auch unter widrigen Bedingungen Straßen und Schienen in den ewigen Fels.

EIN BERICHT VON RAIMUND LANG



TUNNELBOHRMASCHINE IM EINSATZ

Vorderansicht des Bohrkopfs (o., Durchmesser 13 Meter) der Tunnelbohrmaschine mit 10 Meter langem Einfachschild (Mi.) nach dem Durchschlag des Reiserbergtunnels an der Westbahnstrecke. Blick zum Nachläufer (u.), dem hinteren Teil der Tunnelbohrmaschine.

Es ist ein kurzer Moment absoluter Stille. In sicheren Nischen und hinter Schutzwänden verborgen holen die Männer noch einmal tief Atem und schließen instinktiv die Augen. Drei, zwei, eins ... dann ertönt die Explosion. Umherfliegende Felsbrocken trommeln einen chaotischen Rhythmus gegen die Wände. Eine dichte Wolke aus Staub und Sprenggas bahnt sich ihren Weg ins Freie. Hinweg über die Köpfe des Bautrupps, der mit Helmen und Atemschutzgeräten ausgerüstet darauf wartet, dass die Belüftung das unfreundliche Gemisch schnell aus dem Arbeitsbereich absaugt. Tunnelbau ist Knochenarbeit am Limit. Mit Dynamit, Baggern und Abbauhämmern kämpfen sich furchtlose Spezialisten Meter für Meter selbst durch härtesten Fels. Doch gleichzeitig ist Tunnelbau das Resultat akribischer wissenschaftlicher Tüftelei. Eine Kombination aus Theorie und Praxis, die österreichische Ingenieurskunst zu höchster Perfektion entwickelt hat. Und die nur ein Ziel kennt: ein Loch durch den Berg zu treiben.

Brachiale Prüfmethode

Spricht man mit österreichischen Tunnelexperten, spürt man unbeirrbaren Stolz. Und ganz gleich ob Wissenschaftler oder Ingenieur: Nach spätestens einer halben Minute dreht sich das Gespräch um die Neue österreichische Tunnelbaumethode (siehe Kasten auf S. 97). Wer sie beherrscht, so die unausgesprochene Überzeugung, zählt zu den weltweit Besten seines Fachs. „In gutem Gebirge kann jeder einen Tunnel bauen“, sagt Wulf Schubert, Leiter des Instituts für Felsmechanik und Tunnelbau an der Uni Graz. „Interessant wird es aber unter schlechten Bedingungen.“ Schlechte Bedingungen, das bedeutet: brüchiger Fels, Klüfte, Karsthohlräume und starker Wasserandrang. In Österreich gibt es jede Menge solcher Störzonen. Ein Albtraum für jeden Bauherrn, aber eine große Freude für geotechnischen Forschergeist. Denn ohne Geologen und Geotechniker geht gar nichts im Tunnelbau; noch lange bevor der erste Bautrupps anrückt, beschäftigen sie sich bereits mit einem Projekt. Im Auftrag des künftigen Bauherrn

BRENNERBASISTUNNEL EIN GROSSPROJEKT NIMMT GESTALT AN

Der Brennerbasistunnel (BBT) wird mit fast 55 Kilometer Länge künftig der zweitlängste Tunnel der Erde sein (übertroffen nur noch vom Schweizer Gotthard-Basistunnel). Sofern man ihn baut. Im Moment stehen die Zeichen gut, Italien signalisiert Zustimmung. Für die Innsbrucker Geologen rund um Rainer Brandner wäre der Bau jedenfalls ein Glücksfall, der sich wohl nur einmal im Forscherleben bietet: „Eine Großbaustelle globalen Maßstabs direkt vor der Haustüre hat man nicht alle Tage“, sagt Brandner. Doch bereits jetzt haben der Wissenschaftler und sein Team ausreichend zu tun. Zahlreiche Probebohrungen wurden bereits durchgeführt. Diese Gesteinsproben gilt es jetzt im Detail im Labor zu untersuchen. Geologisch stellt der BBT eine besondere Herausforderung dar. „Die geplante Trasse führt durch einen komplexen Übergangsbereich zwischen Nord- und Südalpen“, so Brandner. „Hier liegen etliche Störzonen.“ An seiner tiefsten Stelle würde der Tunnel in mehr als 1.660 Meter Tiefe unter der Oberfläche verlaufen. Auf italienischer Seite baut man bereits an einem Sondierstollen, der weitere Aufschlüsse über die tatsächlichen geologischen Verhältnisse geben soll. Wenn der BBT kommt, gäbe es an der Uni Innsbruck jedenfalls mehr als genug Material für Diplomarbeiten und Forschungsprojekte für die nächsten Jahre, reibt sich Brandner gedanklich bereits die Hände. Ob er selbst in den Tunnel steigen würde? „Selbstverständlich. So eine Möglichkeit lässt man sich doch nicht entgehen.“

erstellen sie Prognosen, kartografieren das Gelände, analysieren und untersuchen Probebohrungen. Für Letzteres steht Schubert ein hochmodernes Labor mit präzisen Prüfgeräten zur Verfügung. Dazu gehört eine servohydraulische Presse, die Gesteinsproben mit bis zu 300 Tonnen Druck in die Mangel nimmt. Die dabei auftretenden Risse und Verformungen werden mit einer Genauigkeit von Tausendstelmillimetern gemessen und dokumentiert. Aus den im Labor gewonnenen Informationen leiten die Wissenschaftler ein Modell der Gebirgsverhältnisse ab. Erst dieses Modell erlaubt eine sinnvolle Planung der Bauarbeiten. Andererseits: „Die tatsächlichen Eigenschaften unter Tag kennen wir nicht

genau. Deshalb müssen wir das Gebirgsverhalten auch während des Baus genau beobachten“, sagt Schubert.

Der Berg lebt

„Jedes Gebirge steht unter einer natürlichen Spannung“, erklärt Kurt Klima vom Grazer Institut für angewandte Geowissenschaften. „Bohrt man ein Loch hinein, ändern sich die Spannungsverhältnisse.“ Der Berg arbeitet, er verschiebt sich, drückt gegen Hohlräume. Nach einiger Zeit sollte diese Neuordnung der Spannungsfelder ein Ende finden. Während des Baus misst man deshalb mittels Laserstrahlen jede noch so geringe Veränderung der bereits gebohrten Tunnelwände. Diese

ANKERUNG

Im Ganzsteintunnel (Semmeringschnellstraße bei Mürzzuschlag) erfolgte der Vortrieb gesichert durch temporäre Anker - lange Stahlstäbe.



ES GEHT VORAN

Geologisch komplizierte Gebirgsverhältnisse erfordern behutsamen Bagger-vortrieb - hier im Ganzsteintunnel (2,1 km Länge) bei Mürzzuschlag.





UNTER DEN DONAUKANAL
Die Querung des Donaukanals durch die Linie U2 stellte die Ingenieure des Wiener U-Bahn-Baus vor große Herausforderungen.



TUNNELWASSER
Das Management von Wasser gehört im Tunnelbau - hier der Bereich Praterstern in Wien beim Bau der U2 - zu den Routineaufgaben.

PORTAL IM FELS
 Felsanker stabilisieren
 das Portal des Tunnels bei
 Strengen (5.851 m) im Bereich
 der Arlbergschnellstraße.



MADE IN AUSTRIA SO FUNKTIONIERT DIE NEUE ÖSTERREICHISCHE TUNNELBAU- METHODE (NÖT)


Wirklich neu ist sie ja nicht mehr. Doch dafür umso erfolgreicher. Seit den 1960er-Jahren vertrauen Tunnelbauer in aller Welt auf die NÖT. Sie basiert auf der Idee, das Gebirge selbst als tragendes Element zu nutzen. Zuvor versuchte man, den Gebirgsdruck mit möglichst starken Stützmaßnahmen in Schach zu halten. Die NÖT hingegen benutzt davon nur so viel wie nötig. Der Erfolg dieser Methode setzt allerdings ein präzises geologisches Modell des Gebirges voraus, das auch während des Baus laufend an die tatsächlichen Bedingungen angepasst wird. Das Gestein wird meist gesprengt, für lockeres Material und im innerstädtischen Bereich setzt man Bagger ein, unterstützt von Teilschnittfräsen und hydraulischen Abbauhämmern. Ist der Tunnel ein paar Meter weit vorangetrieben, beginnen sofort die Stützmaßnahmen. Als Erstes bringen die Bautechniker eine Schale aus Spritzbeton und Stahlgittern an. Dieser so genannte Außenring stützt das Gebirge ab und sichert den Hohlraum. Die Dicke des Außenringes variiert je nach Felsqualität zwischen 5 und 50 Zentimetern. Zusätzlich schlägt man Stahlstifte, so genannte Anker, radial zum Tunnelquerschnitt in den Fels. Wenn die Verformungen des Gebirges abgeklungen sind, erfolgt der Innenausbau. Dabei wird das innere Betongewölbe errichtet, das man gegen Wassereintritt zusätzlich mit Kunststofffolien abdichtet. Dann folgt der Ausbau der Tunnelsohle samt Banketten und Kabelkanälen. Zuletzt verlegt man Fahrbahn bzw. Gleisanlage.

Daten zeigen nicht nur, wie präzise das zuvor erstellte Modell ist. Sie fließen auch in das Modell selbst ein, das dadurch permanent neu angepasst wird und Aufschluss über die benötigten Stützmaßnahmen gibt. „Das ist anders als beim Häuselbau“, sagt der Forscher. „Die Planungsphase ist ein fortlaufender Prozess auch noch während der Bauarbeiten.“ Klima entwickelt derzeit eine Software, mit der dieser laufende Abgleich künftig noch komfortabler und schneller erfolgen kann. „Das Programm erfasst und verwaltet die geologischen Daten“, so Klima. „In Kombination mit den Verschiebungsdaten sind dann sukzessive präzisere Aussagen möglich.“ Gegen Ende des heurigen Jahres soll es anwendungsfähig sein.

„Geht nicht“ gibt's nicht

„Es funktioniert in der Praxis nicht immer alles so, wie man es vorher berechnet hat“, sagt Otmar Alber, Tunnelexperte der ASFINAG, Österreichs „Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft“. „Dann sind Erfahrung und Improvisationstalent besonders gefragt.“ Wie jeder erfahrene Tunnelbauer weiß auch Alber von einem Projekt zu berichten, das ihm mehr als einmal Furchen des Ärgers auf die Stirn gezaubert hat. In seinem Fall ist es der Strenger Tunnel auf der S16, der Arlbergschnellstraße. Zahlreiche geologische Bruchzonen erschwerten die Arbeit. Die Bewegungen des Gebirges waren so stark, dass der äußere Tragering in einem Teilbereich drei Mal auseinanderbrach. Die benötigten Anker zur Sicherung überstiegen den üblichen Bedarf um das Vierfache. Eine geniale Idee verhalf dem Projekt dann doch noch zum erfolgreichen Abschluss: Die Ingenieure bauten die Innenschale aus Spritz-

beton in den Problemabschnitten nicht durchgehend, sondern ließen in regelmäßigen Abständen schmale Schlitzfreiräume. Dadurch wurde den Verformungen des Gebirges ihre zerstörerische Kraft genommen und die Betonschale blieb heil. „Manchmal muss man sich eben etwas einfallen lassen“, meint Alber lapidar. Eine besondere Herausforderung für Tunnelbauer ist stets die Arbeit im städtischen Gebiet (auch hier spricht der Fachmann übrigens von „Gebirge“). Sprengen verbietet sich sowieso; doch auch auf die Kanalisation, Gasleitungen und Hochspannungskabel muss Rücksicht genommen werden. Zuweilen gilt es sogar einen ganzen Fluss zu über- oder, besser, unterwinden. So etwa beim Ausbau der Wiener U-Bahnlinie U2, die an einer Stelle direkt unter dem Donaukanal verläuft. Dafür wurde das Erdreich bis zu zwei Meter rund um den Ausbruchsquerschnitt erst mit flüssigem Stickstoff auf minus zehn Grad tiefgefroren und anschließend durch eine Salzlösung dauerhaft vereist. So konnte die rund 70 Meter lange Röhre unter dem Donaukanal innerhalb eines Monats ohne Gefahr von Wassereintritt gegraben werden. Doch auch der nächste Streckenabschnitt jenseits des Donaukanals hatte eine Hürde parat: Grundwasser, das im zweiten Gemeindebezirk bis fast unter Straßenniveau reicht. Zur Lösung dieses Problems errichtete man – meist in Hinterhöfen von Wohnhäusern – mehr als 100 Pumpbrunnen. Diese hielten das Wasser während der gesamten Bauzeit auf einem kontrollierten Pegel unterhalb der Trassenführung. Man sieht: Unlösbare Probleme kennen österreichische Ingenieure nicht. Das ist auch gut so. Denn ein Land der Berge lässt sich nur dann bequem durchqueren, wenn es auch ein Land der Tunnel ist.

A woman with blonde hair, wearing a yellow t-shirt and sunglasses on her head, is leaning over a clear stream. She is drinking water from her cupped hands, with a large splash of water falling from her hands. The background shows a lush green forest under a clear blue sky with a few white clouds. The water in the stream is crystal clear, revealing a bed of smooth, grey and brown rocks.

Wasser ist nicht gleich Wasser, aber in Österreich ist auch in Zukunft genug für alle da. Der Hydrogeologe Hans Zojer über das Aufspüren, Erschließen und Sichern heimischer Wasserressourcen - und wo sie bedroht sind.

EIN BERICHT VON ASTRID KUFFNER

DAS KÜHLE NASS AUS GUTEM GRUND



Sauberes Wasser ist in vielen Teilen der Welt Mangelware. Österreich ist „zwar keine Insel der Seligen, aber es gibt genug Wasser, um die Bevölkerung in hoher Qualität zu versorgen“, fasst Hans Zojer vom Grazer Forschungsinstitut Joanneum Research zusammen. Als Hydrogeologe beschäftigt sich der Institutsvorstand mit dem Suchen, Finden und Sichern von Trinkwasservorkommen, aber auch mit der Prognose und Abwehr von Gefahren durch und für das Wasser. Bei großen Bauvorhaben wie Dämmen, Tunnels oder Kraftwerken sichert sein Team Stollen, vermeidet bei der Planung negative Einflüsse auf den Grundwasserspiegel und installiert Frühwarnsysteme gegen Hochwasser oder Verschmutzung.

Geologie und Wasserkreislauf müssen zusammenspielen, damit es genügend sauberes Wasser gibt. Ein Siebtel unserer Landesfläche besteht aus Kalkgestein, in dem sich Karst bilden kann. Dazu gehören die

Nördlichen Kalkalpen von Vorarlberg über den Wilden Kaiser bis zur Schneealpe und im Süden die Gailtaler Alpen, der Dobratsch, die Karawanken sowie das Grazer Bergland. Als Karst wird sowohl eine spezielle Landschaftsform bezeichnet, als auch ein wasserführendes System, das vorwiegend durch Lösen des Gesteins entstanden ist. Rund die Hälfte der Trinkwasserversorgung stammt aus diesen Gebirgsquellen, darunter die der Städte Wien, Salzburg oder Villach. Die andere Hälfte ist seichtes Grundwasser aus Tallagen wie im Grazer und Leibnitzer Feld, dem Jauntal, dem oberösterreichischen Donautal oder Inntal. Ein kleiner Teil wird aus artesischen Quellen gedeckt, die in der Eiszeit angelegt wurden und sich nur langsam regenerieren. Zu den trockeneren Gebieten zählen die Oststeiermark, das Marchfeld und das Burgenland. Dort fällt weniger Niederschlag und es gibt nur wenig Speichergestein. Für Gebiete mit niedrigem Grundwasserspiegel gibt es in-

TRINK: WASSER!
Österreichs Gebirgsbäche
und zahlreiche Seen haben
Trinkwasserqualität.

zwischen die Möglichkeit der künstlichen Anreicherung. Gesammeltes Wasser kann über Teiche, Schlitzte oder Bohrungen in den Untergrund versickert werden. Sogar trockene Gebiete in Südosteuropa könnten so eine gleichmäßige Versorgung erreichen: „Kreta hat gleich viel Niederschlag wie Graz, der aber nur im Winter fällt. Mit der künstlichen Versickerung kann das lokale, geballte Vorkommen versickert und ganzjährig genutzt werden“, so Zojer.

„Ich komme aus dem Karst“, sagt der Hydrogeologe über seinen Werdegang. Obwohl das Wasser auf verschlungenen Pfaden durch die Gesteinsschichten fließt, gibt es hierzulande keine unentdeckten großen Vorkommen mehr. Den Quellen kommen die Fachleute in Gebirgsstöcken wie Dachstein, Karwendel oder Hochschwab in mehreren Schritten auf die Schliche. Zunächst wird das Gelände kartiert, also der geologische Aufbau bestimmt und in Profilen verzeichnet. Mit tragbaren Geräten werden elektrische Leit-

fähigkeit, pH-Wert und Temperatur des Wassers gemessen und aus einfachen Parametern erste Erkenntnisse über die gelösten Stoffe gewonnen. Später werden die Wasserproben im Labor mit Massenspektrometrie im Detail untersucht. Schließlich werden in Dauermessungen der Jahresverlauf beobachtet und weitere Rückschlüsse auf die Eignung der Quelle gezogen. Vereinzelt werden auch Tracerversuche gemacht: Eine ungiftige, gefärbte Flüssigkeit, deren Konzentration und Intensität genau bestimmt wird, dient als Indikator. Eine definierte Menge wird in das System eingebracht und im Anschluss verfolgt, wie viel, wie verdünnt und wo das gefärbte Wasser wieder herauskommt. In Tallagen wird entsprechend in die Wasserreservoirs gebohrt, es werden Pumpversuche durchgeführt, und in den Bohrlöchern wird gemessen.

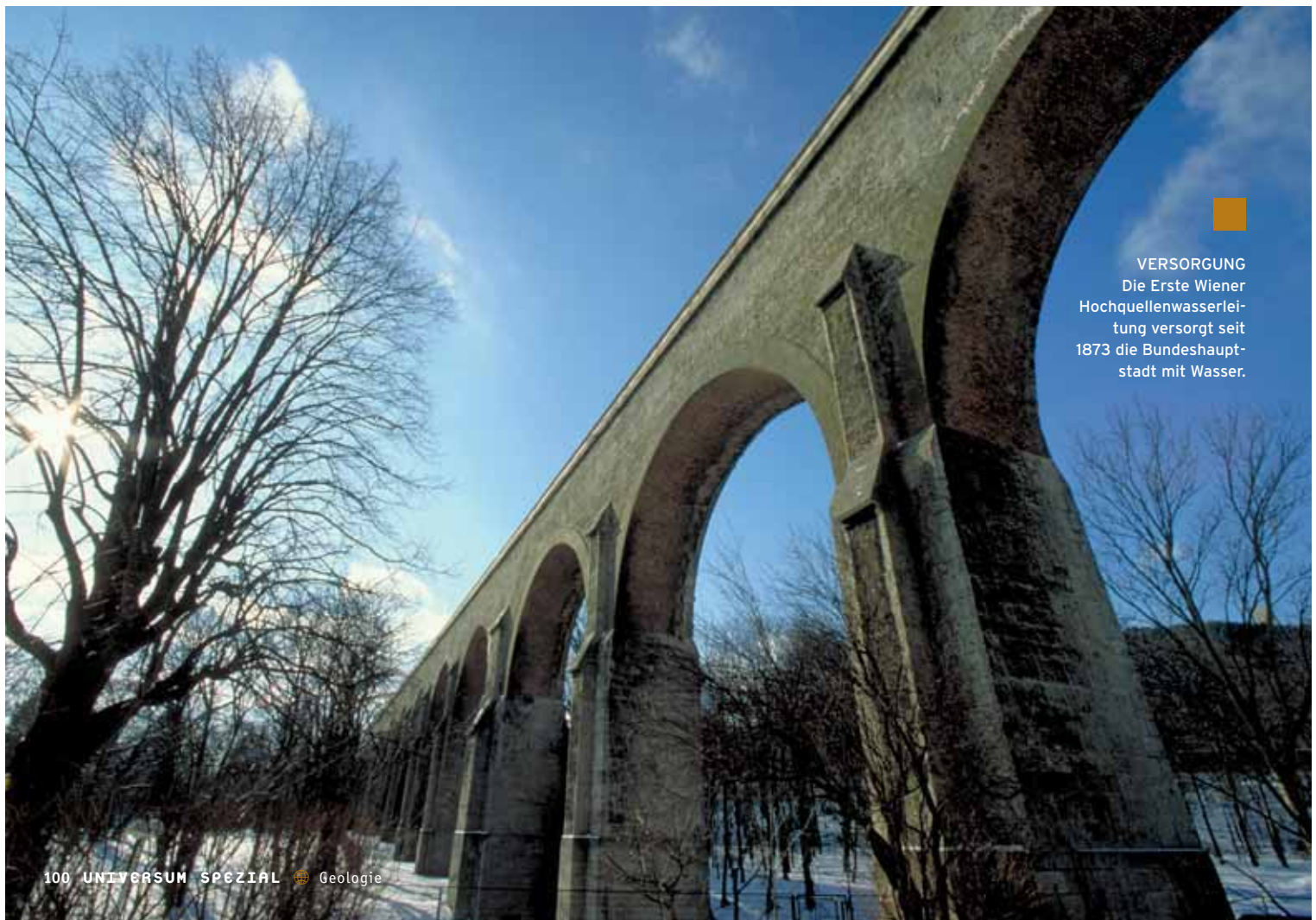
KARSTDOLINE IM KARST DES TOTEN GEBIRGES

Die verkarsteten Gebirgsstöcke der Kalkalpen sind die wichtigsten Wasserspeicher Österreichs und versorgen Städte wie Wien und Innsbruck mit Trinkwasser.

Die Auswertung von Satellitenbildern oder die Analyse von Schallwellen wird für hydrogeologische Befunde heute am Computer gemacht. „Die Basis bleibt aber die Natur. Ich muss verstehen, wie die Prozesse ablaufen“, so Zojer. Ohne Eichung im Gelände geht es auch für den erfahrenen Hydrogeologen nicht.

Wasserressourcen managen

Die Gebirgszonen sind sicher begünstigt, weil es genügend Wasser und eine geringe Besiedlung gibt. Die größten Probleme mit Verschmutzungen gibt es hierzulande, wenn intensiv Landwirtschaft betrieben wird: im niederösterreichischen Marchfeld, im Eferdinger Becken in Oberösterreich und im Leibnitzer Becken in der Steiermark. Eine hohe Nitratbelastung besteht durch Stickstoffdünger, aber auch



VERSORGUNG
Die Erste Wiener Hochquellenwasserleitung versorgt seit 1873 die Bundeshauptstadt mit Wasser.

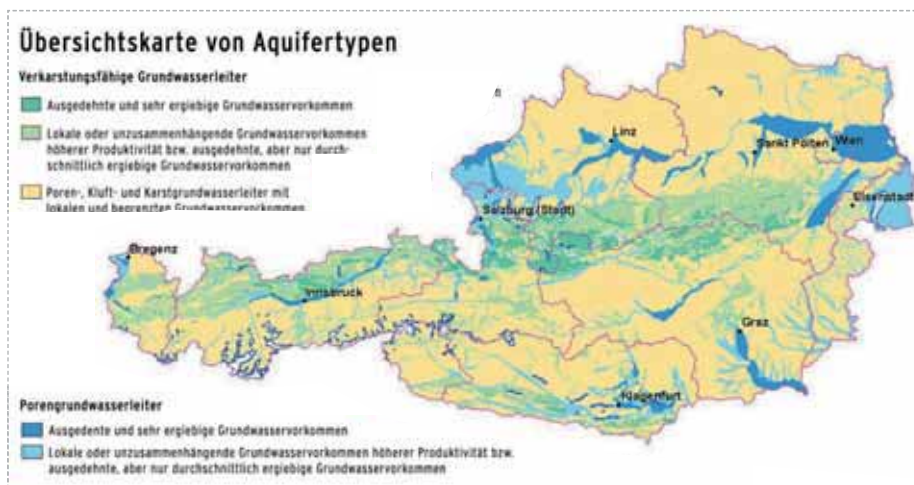


WASSERVORRÄTE

Die Karte zeigt die Grundwasservorkommen in Abhängigkeit vom geologischen Untergrund.

Pestizide wie Atrazin belasten dort den Grundwasserkörper. Ebenfalls eine Gefahrenquelle sind geballte Vorkommen von Industrie, etwa südlich von Graz, in Linz oder am Wiener Stadtrand.

Zudem ist Wasser nicht gleich Wasser: „Es braucht nicht überall Trinkwasserqualität. Für die Bewässerung genügt schwermetallfreies Wasser aus Flüssen und die Industrie braucht ohnehin spezielle Wässer“, spricht sich der Experte für ein gestaffeltes Angebot aus. Gering mineralisiertes Wasser von der Oberfläche ist beispielsweise für die Chipindustrie wichtig, aber auch für die Bierproduktion geeignet. Grundwasser, das auf dem Weg durch den Gesteinskörper schon viele Minerale gelöst hat, hingegen weniger. Als Kühlmittel ist Wasser wegen seiner Temperatureigenschaften gefragt. Brauchwasser bietet sich also für große Industriebetriebe an, die das verwendete Wasser für ihre Zwecke aufbereiten können.



Trinkwasser sollte hingegen besser geschützt, statt hinterher aufwändig gereinigt werden. Diesen Ansatz vertritt der Steirer auch in den Gremien auf EU-Ebene: „Wir wollen weg von den Verboten hin zu Spielräumen. Beim Gebietsschutz wird die Quelle eingezäunt (source protection). Bei der angestrebten resource protection geht es um die Erhaltung eines Reservoirs bei gleichzeitiger Landnutzung.“ In der Wasserrahmenrichtlinie hat die Europäische Union die nachhaltige Bewirtschaftung von Einzugs-

gebieten (river basins) bereits festgelegt. Mit einigen EU-Trinkwasserprojekten ist Joanneum Research auch in Subsahara Afrika aktiv. Denn die Sprache der Hydrogeologie ist international und Wasser kann helfen, dass Menschen in ihrer Heimat bleiben und nicht nach Europa flüchten müssen. 🌐

Wasser im Internet:

Web: www.waterpool.org
 Joanneum: www.joanneum.at/fb1/wrm.html
 Alle Links zum Anklicken: www.universum.co.at





FOTOS: BILDAGENTUR WALDHÄUSL, CORBIS

SO WERDE ICH GEOLOGE

Alles über das Studium Erdwissenschaften mit Spezialisierung in Mineralogie, Kristallographie, Geologie, Petrologie, Paläontologie sowie Geobiologie und Hydrogeologie

GRUNDLAGEN IN WIEN UND GRAZ

„Ich habe meine Entscheidung nicht bereut, ich würde es jederzeit wieder inskribieren“, sagt Studentin Anna. An der Uni Wien belegt sie das Bachelor-Studium Erdwissenschaften, das sie in einem Semester abschließen wird. Dann geht sie das Master-Studium an, wahrscheinlich in Geologie. In vier Semestern vertieft sie dort ihr Wissen und kann im Lehrverbund mit der TU Wien und Uni für Bodenkultur (BOKU) etwa Lehrveranstaltungen aus Fernerkundung oder Quartärgeologie belegen. Die Erdwissenschaften sind eben sehr interdisziplinär und Studierende sollten Flexibilität und Mobilität nicht scheuen.

Das Bachelor-Studium Erdwissenschaften kann in dieser Form nur in Wien und Graz studiert werden. (Angewandte Erdwissenschaften in Leoben siehe Seite 108.) Das Studium bietet eine breite Basis, die aber vertieft werden sollte, rät Werner Piller, Vorstand des Instituts für Erdwissenschaften an der Uni Graz: „Ein Magister-Studium ist in jedem Fall zu empfehlen. Die Wirtschaft hat den Bachelor noch nicht angenommen.“

Dann aber stehen den Absolventen die Türen offen: „Der Markt ist nicht gesättigt. Es fehlt an Absolventen. Manche Stellen müssen mit Chemikern besetzt werden, weil es an Nachwuchs mangelt.“ Neben Mathematik, Physik, Chemie und Biologie werden die Grundlagen für die vier angebotenen Master-Studiengänge sowohl in Wien als auch in Graz vermittelt.



STUDENTEN AN DER UNIVERSITÄT WIEN

Das Studium beginnt in Wien und Graz mit dem Bachelor in Erdwissenschaften und führt weiter mit dem Master in Geologie.



ZENTRUM DER GEOLOGIE

Das Geo-Zentrum in der Wiener Althanstraße birgt eine Vielzahl an erdwissenschaftlichen Instituten und die Bibliothek.



EIN UNBEKANNTES MUSEUM

Das Geo-Zentrum hat eine Reihe entdeckenswerte Stücke in seinem frei zugänglichen Raum, hier der Skelettabguß eines Stegosauriers.



STUDENT SEIN IN GRAZ

NAWI Graz ist ein österreichweit einzigartiges Kooperationsprojekt von Karl-Franzens-Universität (im Bild) und Technischer Universität Graz.

UNI WIEN

An der Uni Wien sind das die Master-Studien Angewandte und Umweltgeologie, Geologie, Mineralogie/Kristallographie sowie Paläontologie mit der Adresse im UZA II über dem Franz-Josefs-Bahnhof (Althanstraße 14) in Wien Alsergrund.

CENTER OF EARTH SCIENCES

Das Geo-Zentrum im UZA II hat drei große Departments, die einen breiten Bereich innerhalb der Erdwissenschaften abdecken. Das Department für Geodynamik und Sedimentologie hat Schwerpunkte in der Strukturgeologie und der quantitativen Modellierung geodynamischer Prozesse in Verbindung mit praktischen erdölgeologischen und seismologischen Fragestellungen. Das Department für Lithosphärenforschung hingegen befasst sich mit allen Aspekten der geologischen Erforschung der Lithosphäre mit Schwerpunkten in der Geochemie. Spektakuläre Projekte befassen sich mit Impakten von Meteoriten, aber auch kulturhistorische Objekte, wie alte Tonscherben (Stichwort: Archäometrie) werden hier bearbeitet. Das Department für Umweltgeowissenschaften deckt Bereiche der Nanogeowissenschaften, der Geomikrobiologie, Isotopengeochemie und Umweltgeochemie ab.

MINERALOGIE

Robert Krickl, Gewinner des Wissenschaftskommunikationswettbewerbs „Fame Lab 2007“, hat gerade seine Dissertation am Institut für Mineralogie und Kristallographie abgeschlossen. Seine Leidenschaft ist Wissenschaftskommunikation: „Ein Mineraloge ist kein verstaubter Typ, der Steine ordnet. Die Mineralogie ist eine junge, moderne Disziplin.“

So beherbergt das Institut für Mineralogie Labors mit Hightech-Ausstattung, wo die Charakterisierung von Mineralen erfolgt. Krickl kann das Studium der Erdwissenschaften nur wärmstens empfehlen: Wer weder Aufenthalte im Labor noch in der freien Natur scheue, sei ideal für die Ausbildung und den Beruf.

PALÄONTOLOGIE

Während andernorts Paläontologen meist mit Geologen in einem Institut vereint sind, ist dies in Wien anders; hier haben die Paläontologen ein eigenes Institut. Sie bilden eine Schnittstelle zwischen Biologie und Geologie und bearbeiten Ammoniten, Muscheln, Schnecken; Einzeller (Stichwort: Mikropaläontologie), aber auch Wirbeltiere von kleinen Spitzmäusen bis großen Höhlenbären sowie verschiedenste Pflanzen durch die Erdgeschichte. Vielfach vergleichen sie Fossilien mit noch lebenden Organismen, was man als Aktuopaläontologie bezeichnet.

VERTIEFUNG IN GRAZ

In Graz können Studierende im Master Erdwissenschaften aus vier Spezialisierungen wählen, die im Rahmen von NAWI Graz, dem österreichweit einzigartigen Kooperationsprojekt von Karl-Franzens-Universität (KFU) und TU Graz angeboten werden: Geologie/Petrologie und Geobiologie/Paläo-Ökologie an der KFU, die englischsprachigen Spezialisierungen Hydrogeologie-Hydrochemie und Engineering Geology (Ingenieurgeologie) an der TU Graz. Für Studierende steht außerdem ein breites Spektrum an erdwissenschaftlichen Disziplinen offen, die durch universitätenübergreifende Kooperation mit dem Universitätszentrum Angewandte Geowissenschaften Steiermark (UZAG) und der Montanuni Leoben existieren. So nutzen etwa Forschende und Studierende aus Graz die moderne und 960.000

Euro teure Mikrosonde in Leoben, mit der die chemische Zusammensetzung von Mineralphasen gemessen wird.

Studierende seien außerdem bereits in Forschungsprojekte der Uni eingebunden, zum Beispiel in der Messung des Arsengehalts im Grundwasser, sagt Martin Dietzel vom Institut für Angewandte Geowissenschaften der TU Graz. Die Anbindung im Bereich Hydrogeologie an industrielle Partner sei durch die enge Kooperation mit Joanneum Research gegeben. In Graz befindet sich der einzige Lehrstuhl für Hydrogeologie in Österreich.

SALZBURG: GEOLOGIE

Geologisch Interessierte inskribieren an der Uni Salzburg das Bachelor-Studium Geologie. Dieses bietet einen „Mittelweg zwischen Grundlagen- und angewandter Geologie“, so Franz Neubauer vom Fachbereich Geologie und Geographie. Auch in Salzburg würde man sich über mehr Absolventen freuen, besonders für die Forschung. Doch unsichere Stellen und geringe Bezahlung an den Unis ließen viele in die Wirtschaft abwandern. Gerade im Großraum München und Salzburg fänden Geologen große Consultingfirmen als potenzielle Arbeitgeber.

Schon während des Studiums nehmen die angehenden Geologen an Forschungsreisen teil, die sie mitunter bis nach Tibet führen. Dort wird im Rahmen des Forschungsschwerpunktes Strukturgeologie die Geschichte der Hebung des Gebirges untersucht.

INNSBRUCK: MASTER ERDWISSENSCHAFTEN

In Innsbruck lockt der Standort. „Im Herzen der Alpen“ wird der Master-Lehrgang Erdwissenschaften angeboten. „Wir sind 30 Minuten vom Gelände entfernt. Das ist ideal für ein Feld-bezogenes Studium wie die Erdwissenschaften“, sagt Christoph Spötl vom Institut für Geologie und Paläontologie. Der Professor für Quartärforschung ist Fakultätsstudienleiter für Geo- und Atmosphärenwissenschaften. Das gleichnamige Bachelor-Studium, im deutschsprachigen Raum einzigartig, umfasst die Fächer Geographie, Erdwissenschaften und Meteorologie sowie Mathematik und Physik. Im viersemestrigen Master in Erdwissenschaften erfolgt die Spezialisierung in den Bereichen Geologie oder Mineralogie/Petrologie. Auch hier sind Studierende in Forschungsprojekte eingebunden, sei es in der Arbeitsgruppe „Bergbauforschung in Tirol“ oder Strukturgeologie in Südtirol.

- <http://earth-sciences.univie.ac.at>
- www.univie.ac.at/Mineralogie
- www.univie.ac.at/Palaeontologie
- http://erdwissenschaften.uni-graz.at/index_de.php
- www.egam.tugraz.at
- www.uni-salzburg.at/portal/page?_pageid=805,260718&_dad=portal&_schema=PORTAL
- www.uibk.ac.at/geologie/index.html.de
- www.uibk.ac.at/mineralogie

BERUFE & CHANCEN

Absolventen steht - je nach Fachrichtung - eine breite Palette an Berufen offen. Beispielsweise in der Erdölindustrie, in Ingenieurbüros, Großbauunternehmen, im Kraftwerks-, Bahn-, Hoch-, Berg- und Tiefbau, der Wasserversorgung, in Ämtern, Behörden, in der Mineral-Rohstoffindustrie, in der Forschung und der Denkmalpflege.



GEOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT SALZBURG
Das Studium hier bietet einen Mittelweg zwischen Grundlagenforschung und angewandter Geologie.



ERDWISSENSCHAFTEN IM HERZEN DER ALPEN
So gesehen genießt Innsbruck eindeutig einen Standortvorteil. Wer hier studiert, hat es nicht weit zum Gelände, hier die Nordkette.

VOM BACHELOR ZUM DOKTOR

Alle erdwissenschaftlichen und verwandte Studien sind mittlerweile dreistufig aufgebaut: Dem Bachelor-Studium über meist sechs Semester (Leoben: sieben Semester) folgt das vertiefende Master-Studium (vier Semester), dann das Doktorat. Die akademischen Grade sind international anerkannt - das Studium kann problemlos in einem anderen Land fortgesetzt werden.

GEOLOGIE: ZUERST HINEINHÖRCHEN! Die Technische Uni in Wien bildet Menschen aus, die in die Erde „hineinhörchen“. Und liefert angehenden Bauingenieuren geologisches Know-how.



DIE STUDENTEN ÜBEN SICH IN HAMMERSCHLAGESEISMIK
Erkundung des Untergrundes im Bereich 1. Wiener Hochquellenwasserleitung.

An der TU Wien arbeiten Geologen und Bauingenieure sowie Geodäten und Geophysiker im Studium eng zusammen. „Die bei uns ausgebildeten Studenten haben Berufsoptionen im Bereich der Ingenieurgeotechnik wie auch in der wissenschaftlichen Forschung“, führt Ewald Brückl vom Institut für Geodäsie und Geophysik an der TU Wien aus.

Die enge Kooperation mit den Geodäten an der TU Wien erweist sich als wichtige Grundlage, denn Standortbestimmungen im Gelände sind das A und O jeder Tätigkeit. Geologie wie auch Geophysik sind ohne genaue Karten undenkbar. Jeder Geowissenschaftler muss wissen, wo er im Gelände steht. Es macht nur dann Sinn, eine Probe zu nehmen oder ein Profil geophysikalisch zu vermessen, wenn man deren Lage genau kennt. Ein paar Meter daneben kann die geologische Welt schon ganz anders aussehen, etwa viele Millionen Jahre älter oder jünger sein.

VOM BACHELOR ZUM MASTER

Im Rahmen des Bachelor-Studiums werden unter anderem Kenntnisse in den geophysikalischen Disziplinen wie Geoelektrik, Georadar,

Seismik, Gravimetrie und Magnetik vermittelt. Wer noch eins drauflegt und Master werden will, findet an der TU Wien bei den Geophysikern vor allem Schwerpunkte im Bereich der Seismik wie auch der Geodynamik. „Unsere Absolventen arbeiten bei der OMV ebenso wie auf der ZAMG“, so Brückl über das Berufsbild „seiner“ Schützlinge. In der Tat steht den Leuten jedoch auch die Tür in Richtung der Geodäsie und Geoinformation weiterhin offen, da hier vom ersten Semester an enge inhaltliche Beziehungen bestehen.

INGENIEURGEOLOGIE

Am Institut für Geotechnik (vormals Institut für Ingenieurgeologie) wird kein einschlägiges Studium der Ingenieurgeologie angeboten, dafür den angehenden Bauingenieuren der TU Wien geologisches Rüstzeug mit hoher Praxisrelevanz vermittelt. Gründe, Ursachen und Abläufe von Massenbewegungen werden u.a. gelehrt sowie gefährdete Zonen und Gesteinsarten vermittelt. Absolventen sollen erkennen, ob und wann beispielsweise Hänge rutschen, um rechtzeitig Gegenmaßnahmen treffen zu können. Andreas Rohatsch vom Fachbereich Ingenieurgeologie: „Unser Wissen kann helfen, Menschenleben zu retten. Wenn Studierende auch die Naturkatastrophen nicht verhindern können, so sollen sie doch die Mechanismen dahinter verstehen.“

Die Palette der Forschungsaktivitäten am Institut reicht von Hydrogeologie, Felsmechanik und Tunnelbau bis hin zur Restaurierung – gerade für die (nachhaltige) Denkmalpflege ist das Wissen über Gesteine unerlässlich. Sowohl bei Restaurierungen, sei es am Stephansdom, um Österreichs bekanntestes Projekt zu nennen, wie auch bei der Frage, welches Gestein für welchen Einsatzbereich verwendet werden kann, ist die Expertise des Instituts immer wieder gefragt. Die Studien an der TU Graz siehe Seite 104.

- <http://info.tuwien.ac.at/geophysik/>
- <http://www.ig.tuwien.ac.at/>



WASSERSPEIER AM STEPHANSDOM
Bei Restaurierungen sind die geologischen Gesteinseigenschaften sehr wichtig.

„GEOLOGIE IN DIE HAND NEHMEN“

Am Institut für Angewandte Geologie (BOKU) wird die Bedeutung des Untergrunds vermittelt. An der Uni Wien ist ein Master für Geophysik geplant.

An der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) bietet das Institut für Angewandte Geologie (IAG) eine Vielzahl von Exkursionen, Vorlesungen und Seminaren an. Wer Agrarwissenschaften, Önologie, Forstwirtschaft, Kulturtechnik oder Landschaftsplanung studiert, wird mit der Bedeutung des Untergrunds für Lebensraum und Landschaft vertraut gemacht. „Für viele Disziplinen der Bodenkultur ist es wichtig zu wissen, auf welcher Basis unsere menschlichen Aktivitäten stattfinden“, sagt Markus Fiebig, Professor für Quartärgeologie an der BOKU.

Vermittelt wird in Vorlesungen, Übungen oder Exkursionen, wie die Geologie für die Nutzung und Sicherung unserer Welt eingesetzt werden kann. Sie agiert an der Schnittstelle zwischen Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaften. Dabei stehen die Lehrveranstaltungen auch Studierenden der Uni Wien sowie der TU Wien offen – zum Beispiel der Sprengkurs, der dieses Jahr im Steinbruch Limberg abgehalten wird.

GEOLOGIE IST PRAXIS

Gerade die praktischen Übungen in der Angewandten Geologie führen Studierende immer wieder ins „Gelände“. Feldpraktika sind zentraler Bestandteil der Lehre, denn „Studierende sollen die Geologie in die Hand nehmen“, sagt Fiebig.

So wird in Weyregg am Attersee noch im Mai auf einer dreitägigen Exkursion eine „aktive Massenbewegung“, ein Erd-Schuttstrom, untersucht. In die Hand nehmen Studierende ihre Forschungsobjekte auch in den Mineralien- und Gesteinssammlungen des Instituts. In einer schön renovierten Baracke, dem „Steinekammerl“, befinden sich Laden mit Steinen, Vitrinen mit Handstücken, eine Mineralien-Sammlung.

SCHWERPUNKT FORSCHUNG

Die angebotenen Vorlesungen und Seminare spiegeln die Forschungsaktivitäten des Instituts wider: beispielsweise die Quartärforschung, die in Österreich „auf eine lange Tradition verweisen kann“, so Fiebig, genauso wie die Forschungsgebiete Geofahren und Geothermie, Tonmineralogie und Ingenieurgeologie.

Glücklich waren jene an der Geophysik Interessierte, die das Diplomstudium Meteorologie und Geophysik an der Uni Wien inskribieren konnten. Die Chance ist nun vertan, denn das neue Bachelor- und Masterstudium sieht die Geophysik nicht mehr vor. Dafür ist ein Master in Geophysik geplant. Wann dieser, in Kooperation mit der TU Wien, starten soll, ist noch nicht klar, erzählt Studienprogrammleiter Bruno Meurers. Im Bereich Geophysik erforscht er das Erdschwerefeld, das Informationen zu Aufbau und Gestalt der Erde enthält, sowie Magnetfeldanomalien. Die Gravimetrie, also die Methode, mit der das Schwerefeld vermessen wird, bildet ebenso einen Forschungsschwerpunkt.

- www.baunat.boku.ac.at
- www.univie.ac.at/img-wien



FELDPRAKTIKA UND EXKURSIONEN IM GELÄNDE

sind zentraler Bestandteil der angewandten Geologie an der BOKU Wien.



GEÜBTER BLICK IN DAS INNERE DES INLANDEISES

Quartärforschung, hier im norwegischen Spitzbergen.



DIE GEOLOGIE-BARACKE, AUCH „STEINEKAMMERL“ GENANNT

beherbergt die Mineralien- und Gesteinssammlungen des Instituts.



SO SEHEN ANGEWANDTE GEOWISSENSCHAFTEN AUS
Universitätsprofessor Fritz Ebner im Dialog mit seinen Studenten.



FÜR EINE DETAILLIERTE UNTERSUCHUNG VON ERDÖL
müssen Gesteinsextrakte und Öle aufgetrennt werden.



DIE MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN BEI NACHT
Das neobarocke „alte Gebäude“ wurde 1910 in Betrieb genommen.

GESUCHT: ERDÖLFORSCHER

An der Montanuniversität in Leoben studieren jene Angewandte Geowissenschaften, die Technik mit einer Prise Naturwissenschaften versehen wollen. Ein neu eingerichteter Lehrstuhl soll Absolventen fit für die Erdölgeologie machen.

„Lieben Sie die Arbeit in der Natur, im Labor und am Computer? Dann studieren Sie Angewandte Geowissenschaften“, heißt es auf der Homepage der Montanuniversität Leoben.

In der Tat werden nur hier in Leoben die Geowissenschaften in einem Mix aus technischen und naturwissenschaftlichen Inhalten gelehrt. Das mache sie einzigartig in ganz Österreich, so Fritz Ebner vom Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre.

Schon im Bakkalaureat werden Basiskenntnisse vermittelt, die in drei Masterstudien vertieft werden können: Rohstoff- und Umweltgeologie, Angewandte Geophysik und Erdölgeologie sowie im englischsprachigen Master Petroleum Geophysics.

Und da die Wirtschaft selbst in Zeiten der Krise händeringend nach Absolventen und Absolventinnen mit geowissenschaftlicher Ausbildung sucht, hat die OMV flugs einen Lehrstuhl für Erdölgeologie finanziert. Dieser fungiert als Schnittstelle zwischen den klassischen Geowissenschaften und dem Bereich Petroleum Engineering und soll in Zukunft zu einer führenden Einrichtung in der Erdölforschung ausgebaut werden. Mit dem stärkeren Output an Absolventen will die OMV Engpässe an den internationalen Standorten beheben.

FLEXIBILITÄT UND MOBILITÄT

Weshalb auch hier in Leoben der ideale Student, die ideale Studentin die Bereitschaft zur Mobilität mitbringen sollte, die schon während der Pflichtpraktika gefordert ist.

Nicht nur räumlich gesehen, betont Ebner, auch fachlich: „Denn die Einsatzgebiete verändern sich rasch.“ Ein Spezialist in Erzlagerstätten oder festen Rohstoffen kann plötzlich über Know-how bezüglich Baurohstoffen oder Erdöl verfügen müssen, weil die Industrie es eben so verlangt. „Dann ist Flexibilität angesagt, die nur über eine breite Ausbildung erfolgen kann. Zu frühe Spezialisierung ist von Nachteil“, warnt Ebner.

Die Arbeitsbereiche für Absolventen reichen vom Aufsuchen und Erschließen von Erzen, Kohle oder Baurohstoffen bis hin zu Georischen und dem Einsatz geophysikalischer Methoden in Geotechnik und Umweltschutz. Mögliche Arbeitgeber sind die Rohstoffindustrie, Erdöl- und Erdgasfirmen, Ingenieurbüros oder Forschungseinrichtungen.

• www.unileoben.ac.at

- Department Angewandte Geowissenschaften und Geophysik
- Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre
- Lehrstuhl für Geophysik
- Lehrstuhl für Mineralogie und Petrologie
- Lehrstuhl für Prospektion und Angewandte Sedimentologie
- Lehrstuhl für Erdölgeologie

UMSICHTIGES AUGE

Die Geologische Bundesanstalt setzt als „geologisches Gewissen Österreichs“ auf die Herausgabe wissenschaftlich fundierter Fachinformationen, informiert und berät.

„Unser Alltag wird von den Erdwissenschaften getragen; nur wenigen ist die Arbeit der Geologischen Bundesanstalt bekannt“, meinte kürzlich Wissenschaftsminister Johannes Hahn. Dabei ist die - liebevoll genannte - „Anstalt“ bereits 160 Jahre alt. 1849 als k.k. Geologische Reichsanstalt gegründet, ist sie heute eine Forschungseinrichtung des Wissenschaftsministeriums und dient dem Bund - aber auch jedem Interessierten - als zentrale Informations- und Beratungsstelle im Bereich der Erdwissenschaften.

GEOLOGISCHE KARTEN

Der Schwerpunkt der GBA - wie sie in Fachkreisen genannt wird - liegt in der Erstellung und Herausgabe geologischer Karten. Diese liefern Informationen über die Beschaffenheit des Untergrundes. Die dazu notwendigen Daten werden zunächst von Geologen im Gelände erhoben, dann folgen Analysen in den Labors und Auswertungen. Das Ziel ist die flächendeckende Kartierung des Landes im Maßstab 1:50.000; dafür wären 213 Kartenblätter notwendig. Auch wenn noch einige fehlen, „weiße Flecken“ gibt es im Alpenland keine mehr, denn schließlich kartiert man hier seit mehr als 160 Jahren.

VOR NATURGEFAHREN WARNEN

Im Visier der Forschung ist außerdem die Erfassung und Dokumentation von Naturgefahren. Diese können zwar auch von den Geologen und Geologinnen der GBA nicht verhindert werden, doch können sie Schäden minimieren, wenn sie auf den Karten Risikozonen eintragen oder eigene Gefahrenkarten erstellen.

Auch die Sicherung von Rohstoffen gehört zu den Aufgaben der GBA. Generell hat die GBA grundlegende (im wahrsten Sinn des Wortes) Antworten parat, wenn es um die Lösung drängender Umweltprobleme geht. Die rund 100 wissenschaftlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen arbeiten unter anderem in den Bereichen Kristallingeologie, Sedimentgeologie, Paläontologie, Rohstoffgeologie, Geochemie, Geophysik, Ingenieurgeologie oder Hydrogeologie. Die GBA beherbergt die größte erdwissenschaftliche Bibliothek Österreichs (siehe Seite 111).

ERWEITERTE SCHWERPUNKTE

Unter Peter Seifert, dem neuen Direktor der Geologischen Bundesanstalt, sollen die alten Schwerpunkte nun erweitert werden. Der ehemalige OMV-Manager setzt auf Wasser und Geothermie. „Wir müssen heute danach trachten, die Ressourcen für morgen zu sichern, sei es bei Trinkwasser oder Baurohstoffen. Wir liefern Grundlagen für Entscheidungen.“

- www.geologie.ac.at

Wer regelmäßig up to date sein will, was im Lande geologisch läuft, abonniert den monatlichen Newsletter auf der Website der GBA: www.geologie.ac.at



DER GRÜNDUNGSDIREKTOR WILHELM RITTER VON HAIDINGER IN MARMOR
Peter Seifert, der neue Direktor, wünscht sich erweiterte Schwerpunkte.



DIE „ANSTALT“ – SCHON ZU KAISERS ZEITEN EINE INSTITUTION
Im 19. Jahrhundert war der Kaiser Kunde. Heute ist der Kunde Kaiser.



VOR NATURGEFAHREN WARNEN ODER GEOLOGISCHE KARTEN ERSTELLEN
Die Aufgaben eines modernen geologischen Staatsdienstes sind vielfältig.



FOSSILIEN, MINERALE & GESTEINSPROBEN
begeistern die Besucher der Inatura in Dornbirn.



IM HAUS DER NATUR WIRD ERDGESCHICHTE LEBENDIG
Zum Beispiel dann, wenn Vulkane „live“ ausbrechen.



STEINE FÜR DIE MEDIZINISCHE FORSCHUNG
Nieren- und Harnsteine, zu besichtigen im Joanneum Graz.

AUSGESTELLT: MEILENSTEINE DER EVOLUTION

Von Meteoriten und Diamanten bis hin zu Dino-Fossilien und Nierensteinen: Österreichische Museen stellen ihre geologischen Schätze in vielfältiger Weise aus.

Ein dumpfer Knall begleitet die Besucher aus dem Saal VIII des Naturhistorischen Museums. Der auf einem Bildschirm simulierte Einschlag eines Meteoriten beendet den Rundgang durch die Schau des Erdmittelalters - und macht neugierig auf die Meteoritensammlung, die eine der größten ihrer Art auf der Welt ist.

Nicht nur in Wien, auch in Linz, Graz, Salzburg und Dornbirn warten Museen mit geologischen Sammlungen und ihren neuesten Forschungsergebnissen auf.

METEORIT UND FOSSIL

Einer der vielen Höhepunkte des Naturhistorischen Museums ist die Meteoritensammlung der Mineralogisch-Petrographischen Abteilung. Diese beherbergt mehr als 2.400 Stück jener Gesteine kosmischen Ursprungs. Im „Edelsteinsaal“ dagegen präsentieren sich glitzernde Schmuckstücke: der Edelopal von Czerwenitz, kolumbianische Smaragde, Diamanten aus Südafrika oder Turmaline aus Kalifornien. Andere Säle beherbergen Dinosaurier-Fossilien, jährlich von tausenden Besuchern bestaunt.

EDEL-, NIEREN- UND HARNSTEIN

Auch das Landesmuseum Joanneum in Graz kann auf eine kleine, aber feine Meteoritensammlung verweisen (50 Stück). Insgesamt umfasst die mineralogische Sammlung rund 80.000 Objekte. 700 Mineralarten sind ausgestellt sowie steirische, aber auch internationale Lagerstätten angeführt.

Nüchtern muten die 120 Nieren- und Harnsteine an, die in einer eher ungewöhnlichen Sammlung nur nach Voranmeldung zu besichtigen sind. Sie werden seit 30 Jahren für die steirischen Krankenhäuser unter die Lupe genommen.

ZEITRAD UND SPEIENDER VULKAN

Im Salzburger Haus der Natur wird Erdgeschichte etwa durch Vulkane lebendig. Ob Fossilien aus dem Salzburger Raum oder die Ausstellung „Welt der Kristalle“ mit ihren Riesenbergkristallen, die mediale Aufbereitung lockt Jung wie Alt.

DELFINE UND WALE

Fossilien, Mineralien und Gesteinsproben aus den jeweiligen Regionen finden sich im Naturmuseum Inatura in Dornbirn sowie an den Oberösterreichischen Landesmuseen in Linz. Zum Beispiel eine 950 Kilogramm schwere Milchquarz-Druse aus Vorarlberg. Oder ein Ammonit aus dem Hallstätter Kalk (rund 210 Millionen Jahre) sowie fossile Seekühe, Wale und ein Delfin in Linz.

- www.nhm-wien.ac.at
- www.museum-joanneum.at
- www.hausdernatur.at
- www.inatura.at
- www.biologiezentrum.at

SORGSAM AUFGELESEN

Zur Geologischen Bundesanstalt gehört die größte erdwissenschaftliche Bibliothek Österreichs.

„Gestern kam eine Anfrage, ob wir eine geologische Karte aus Vietnam haben. Vorgestern kontaktierte uns ein Geologe auf der Suche nach Karten des Yellowstone-Parks.“ Thomas Hofmann, Leiter der Bibliothek der Geologischen Bundesanstalt, öffnet schwungvoll zwei Laden. Stolz präsentiert der studierte Paläontologe die gewünschten Objekte. In der größten erdwissenschaftlichen Bibliothek Österreichs - bestehend aus rund 350.000 Medienwerken - wird so mancher fündig.

GEOLOGISCHE SCHÄTZE

Hier, in den umgebauten Stallungen der ehemaligen Veterinärmedizinischen Universität, reihen sich Regale an Regale. Ein Griff, und wahre Schätze offenbaren sich. Zum Beispiel handschriftliche Forschungstagebücher, die Einsicht geben in den Alltag der geologischen Arbeit, oder die gesamte wissenschaftliche Korrespondenz ab dem Jahr 1849, als die Bundesanstalt noch k.k. Geologische Reichsanstalt hieß. Feldtagebücher, Gutachten, Periodika, Manuskripte - hier werden nicht „nur“ Bücher gesammelt.

Ganz zu schweigen von den knapp 46.000 geologischen Karten aus aller Welt. Thomas Hofmann verweist auf die Bestände der Monarchie. Aus Slowenien, der Slowakei, Tschechien oder Ungarn kämen heute Geologen, um sich an der Bibliothek Kartenoriginalne zu holen, die es in ihrer Heimat nicht gebe.

Es ist natürlich kein Zufall, dass zu Zeiten der Monarchie das Wissen um das Wo der Bodenschätze boomte: Die Industrialisierung hatte eingesetzt, Rohstoffe - vor allem Kohlen und Erze - waren gefragt. Von Wien aus organisierte Wilhelm Ritter von Haidinger, der umtriebige Gründungsvater, die systematische geologische Kartierung. Sein Nachfolger, Franz Ritter von Hauer, gab die „Geologische Übersichtskarte der österreichisch-ungarischen Monarchie“ heraus. Das 12-teilige Kartenwerk prangt heute im hellen Lesesaal. Hier wurden früher übrigens Pferde und Kühe operiert. Ein großer Lesetisch steht heute an der Stelle des ehemaligen Operationstisches.

INTERNATIONALER TAUSCHHANDEL

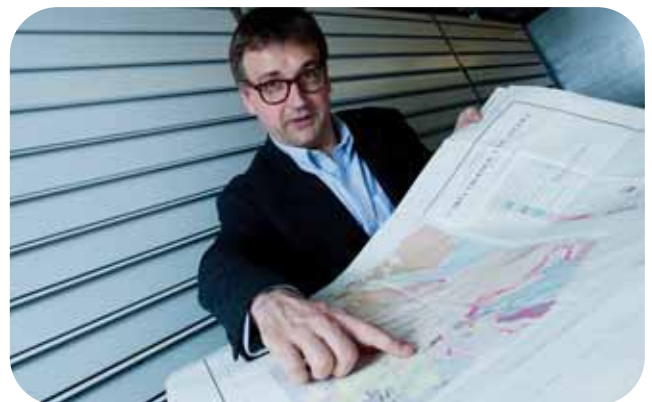
Daneben hängen die modernen geologischen Karten Österreichs im Maßstab 1:50.000. Ob Vulkanit, Kalk, Flysch oder Amphibolit, jedes Gestein ist mit Farben und Nummern versehen. „Man beachte die Detailtreue und die Vielfalt an Informationen“, begeistert sich Hofmann. Zu Recht zählen die Österreicher neben den Schweizern zu den besten Kartographen. „Geologische Karten sind eine unverzichtbare Grundlage jeder geowissenschaftlichen Arbeit und Fragestellung“, führt er aus.

Und da auch moderne Bibliotheken auf Vernetzung angewiesen sind, verfügt jene der Bundesanstalt über einen regen Tauschhandel mit mehr als 500 Partnerinstitutionen in Österreich und rund um den Globus. Die sorgsam aufgelesenen Objekte harren ihrer Benutzung in der größten erdkundlichen Bibliothek Österreichs - geöffnet für Forscher wie auch ein breites, interessiertes Publikum.

- www.geologie.ac.at



KARTEN, GUTACHTEN, MANUSKRIPTE UND FELDTAGEBÜCHER
In der GBA werden nicht nur Bücher gesammelt.



DIE BIBLIOTHEK DER GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT
Thomas Hofmann ist hier der Herr der Karten.

KURZ & FÜNDIG

UNSERE ERDGESCHICHTE GEOLOGISCH ERKLÄRT

In seinem Buch liefert Rothe Antworten zu all den Fragen rund um den Planeten Erde: von der Erdgeschichte über Plattentektonik bis hin zu Vulkanen, Erdbeben, Gesteinen und Fossilien. Wissenschaftliches wird dabei stets mit leicht verständlichen, alltagsbezogenen Texten und anschaulichen Grafiken erläutert. Zahlreiche Exkursionstipps runden diese Reise zu unserem Planeten ab.

„Die Erde“ von Peter Rothe, Primus Verlag, 176 S., € 41,10

AUF SPURENSUCHE

DIE GEOLOGIE VORARLBERGS

Aufgrund seiner besonderen geografischen Grenzlage zwischen Ost- und Westalpen gibt es in Vorarlberg nicht nur tektonisch viel zu entdecken. Eine geologische Spurensuche durch unser westlichstes Bundesland. „Vorarlberg“ v. J. Georg Friebe, Geologische Bundesanstalt, 174 S., € 27,-

HOCH HINAUS

AUF DEN BERGEN DER WELT

Gebirge sind ein unerschöpfliches Thema: Zwischen Risiko und Potenzial, Mythen und Lebensalltag nähern sich die Autoren dem Thema Berg in einem globalen, geopolitischen Zusammenhang und stellen sich dabei die Frage, was man zu einer nachhaltigeren Entwicklung der Gebirgsräume beitragen kann. „Welt der Alpen – Gebirge der Welt“, hrsg. v. F. Jeanneret u. a., Haupt Vlg., 280 S., € 39,10

DER VULKANISMUS

EINE KULTURGESCHICHTE

Mit dem Vulkanismus greift von der Thüsen einen Teil der Kulturgeschichte der Natur auf und zeigt, wie die Menschen von der Antike bis in die Neuzeit mit diesem Phänomen umgegangen sind. „Schönheit und Schrecken der Vulkane“ von J. v. d. Thüsen, Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 239 S., € 41,10



LANDSCHAFTLICHE ENTDECKUNGSREISE

Wie die Auseinandersetzung mit der Landschaft uns Menschen prägt(e)



Entdeckungen prägen die Geschichte der Menschheit. Getragen von Neugier und der Suche nach Ressourcen dringt der Mensch immer tiefer in die Landschaft ein und erschließt neue Ebenen. Diese intensive Auseinandersetzung spiegelt sich in den mannigfaltigen Kulturen der Welt wider. Der opulent aufgemachte Band „Die Entdeckung der Landschaft“ spannt einen Bogen vom Steinzeitjäger bis zum Geotouristen.

- „Die Entdeckung der Landschaft“, H. P. Schönlaub u. T. Hofmann, GBA, 112 S., € 19,-

EIN BLICK INS BURGENLAND

Geologie und Mineralvorkommen in unserem östlichsten Bundesland



Aus der Serie „Geologie der Österreichischen Bundesländer“ stammt der Band „Burgenland“. Das jüngste der österreichischen Länder erfüllt eine Brückenfunktion zwischen Ostalpen und Westkarpaten, aber auch zwischen Alpen und pannonischem Raum. Den Mineralien des Burgenlandes ist ein Buch gewidmet, das nicht nur erstmals eine umfassende Darstellung

burgenländischer Mineralien bietet, sondern auch die wichtigsten Lagerstätten darstellt.

- „Die Mineralien des Burgenlandes“ von M. A. Götzinger & P. Huber, WAB, 256 Seiten, € 17,-
- „Burgenland“, hrsg. v. H.-P. Schönlaub, GBA, 130 Seiten, € 17,-

ERDKUNDUNGEN IN ZWEI VIERTELN

Waldviertel und Weinviertel, zwei geologische Betrachtungen



Im Waldviertel sind die bisher ältesten aus Österreich bekannten Teile der festen Erdkruste zu finden - der Dobra-Gneis. „Waldviertel - Kristallviertel“ stellt Zusammenhänge der Gesteinseinheiten dar. Das benachbarte Weinviertel macht seinem Namen alle Ehre. „Geologie & Weinviertel“ betrachtet seine Geologie und zeigt, wie diese den Grundstock legt für eine

Kultur, dem namensstiftenden Wein in seiner hohen Qualität eine Heimat gibt. Beide Bücher sind bei der Geologischen Bundesanstalt erhältlich: www.geologie.ac.at

- „Waldviertel-Kristallviertel“, F. Steininger, Schriften. d. Waldviertler Heimatbd., 240 S., € 25,-
- „Geologie & Weinviertel“, M. Heinrich, T. Hofmann, R. Roetzel, GBA, 36 S., € 5,-

GEOLOGIE, WO WIR GEHEN UND STEHEN

Ein Atlas vereint alles, was man über Österreichs Geologie wissen sollte

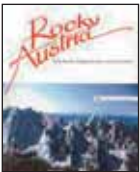


Der „Geo-Atlas Österreich“ – ein Beitrag zum „Internationalen Jahr des Planeten Erde“ 2007 bis 2009 – vereint eine bunte Vielfalt von Themen mit geowissenschaftlichen Schwerpunkten. Die breite Palette reicht dabei von Grundlagenkarten bis hin zur Freizeit oder Erdbeben in Österreich und zeigt einmal mehr, wie sehr unser tägliches Leben vom geologischen Untergrund, auf dem wir uns tagtäglich bewegen, geprägt wird. Mehr Informationen über den Beitrag zum Jahr des Planeten Erde gibt es im Internet: www.geologie-ist-alles.at

- „Geo-Atlas Österreich“, hrsg. v. T. Hofmann & H.-P. Schönlaub, Böhlau, 111 S., € 19,90

EINE FELSIGE HEIMATGESCHICHTE

Bunte und unterhaltsame Erdgeschichte unseres Landes



Mehr als eine Milliarde Jahre bewegte Erdgeschichte, die ältesten Gebirge, Wasser und Land, zum Leben erweckte, vermeintlich „tote“ Steine, Landschaften und Berge: In diesem Band ist all jenes versammelt, was die Erdgeschichte unseres kleinen Landes zu einer so großen Geschichte werden ließ. Mit zahlreichen Abbildungen, Übersichtskarten und Zeitleisten versehen bleibt das Buch dennoch kompakt und übersichtlich, weckt Interesse und Freude an den Geheimnissen der Erde, die Österreich in so reichem Maße beherbergt.

- „Rocky Austria – Eine bunte Erdgeschichte von Österreich“, GBA, 64 Seiten, € 12,35



UNTERWEGS IN DER KARNISCHEN REGION

Es geht auf eine Reise, hunderte Millionen Jahre in die Vergangenheit



Eine Reise durch den Geopark Karnische Region: An ausgewählten Schauplätzen zwischen Feistritz und Maria Luggau werden einzelne Stationen einer hunderte Millionen Jahre währenden Reise erlebbar. Ausgangspunkt sind die Karnischen und Gailtaler Alpen. Nirgendwo sonst finden sich auf so engem Raum so viele Zeugnisse längst vergangener Zeiten. Zu beziehen über die Geologische Bundesanstalt: www.geologie.ac.at

- „Der wahre Held ist die Natur“ v. H.-P. Schönlaub, GBA, 271 S., € 29,-

KURZ & FÜNDIG

ZEIT FÜR GOLD

NACHSCHLAGEWERK FÜR FANS

Das Tauerngold entdeckte man vor 2.000 Jahren in Rauris, Gastein oder Heiligenblut. Insgesamt wurden rund 60 Tonnen Gold gewonnen. Zum international gefeierten Comeback des Goldes erscheint nun die grundlegend überarbeitete, aktualisierte Monografie „Das Buch vom Tauerngold“, hrsg. von W. Paar u. a., Pustet Verlag, 568 Seiten, € 50,-

GRENZEN VERSCHWIMMEN IN NIEDERÖSTERREICH

In Niederösterreich sind, wie in keinem anderen Bundesland Österreichs, viele unterschiedliche geologische Einheiten vertreten, die weit über die Landesgrenzen hinausreichen. So erstreckt sich etwa der uralte Gebirgsrumpf der Böhmisches Masse in die Tschechische Republik und über Oberösterreich bis nach Deutschland. „Niederösterreich“ von G. Wessely e. a., Geolog. Bundesanstalt, 146 S., € 30,-

KARTOGRAPHISCHES ...

... AUS NIEDERÖSTERREICH

Kurzerläuterungen ergänzen die beiden Kartenblätter zur geologischen Karte Niederösterreichs. „Geologische Karte von Niederösterreich (1:200.000)“, hrsg. v. GBA, 47 S., € 24,-

... AUS DEM LAND SALZBURG

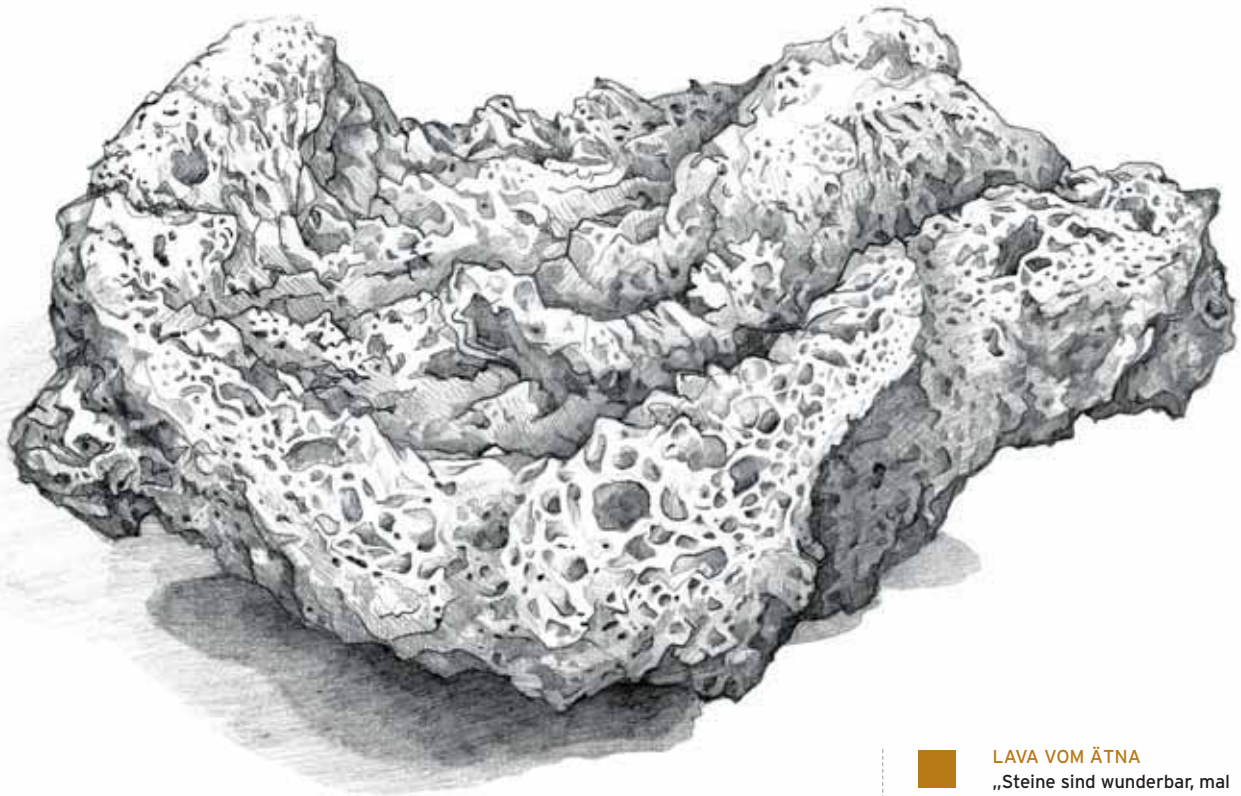
Die Erläuterungen zur „Geologischen Karte von Salzburg“ enthalten alle Aspekte der Geologie des Bundeslandes. „Geologische Karte von Salzburg (1:200.000)“, hrsg. v. GBA, 162 S., € 22,-

... AUS OBERÖSTERREICH

Die „Geologische Karte von Oberösterreich“ reicht vom südlichen Bayerischen Wald bis nach Salzburg und in die Steiermark. „Geologische Karte von Oberösterreich (1:200.000)“, GBA, € 14,-

Mehr Info:

www.geologie.ac.at/GEOKARTEN

**LAVA VOM ÄTNA**

„Steine sind wunderbar, mal klein, mal groß, mal rund, mal kantig, teigig oder kristallin, faserig, pelzig oder mit Lufteinschlüssen, mal monochrom, mal bunt, schwermütig, verspielt, grotesk.“

DIE ZEIT DER STEINE

Sie sind unvergänglich, für die Ewigkeit. Unsere Erde ist ein Stein. Und eigentlich wären wir auch gern einer.



FRANZOBEL ist Schriftsteller und begeisterter Steinesammler.

Immer habe ich mich bei Steinen wohlfühlt, immer habe ich sie gemocht, sie sind ruhig und in sich aufgehoben, trocken wie so mancher Witz. Immer habe ich Steine gerne aufgeklaut und Geschichten darin erzählt gefunden. Steine sind wunderbar, mal klein, mal groß, mal rund, mal kantig, teigig oder kristallin, faserig, pelzig oder mit Lufteinschlüssen, mal monochrom, mal bunt, schwermütig, verspielt, grotesk. Steine sind phantastisch, ich sammle sie, laufe mit Begeisterung in

mineralogische Kabinette, in Steinabteilungen oder ins Naturhistorische Museum. Ja, sogar einen Roman, meinen dicksten, habe ich genannt: „Das Fest der Steine“.

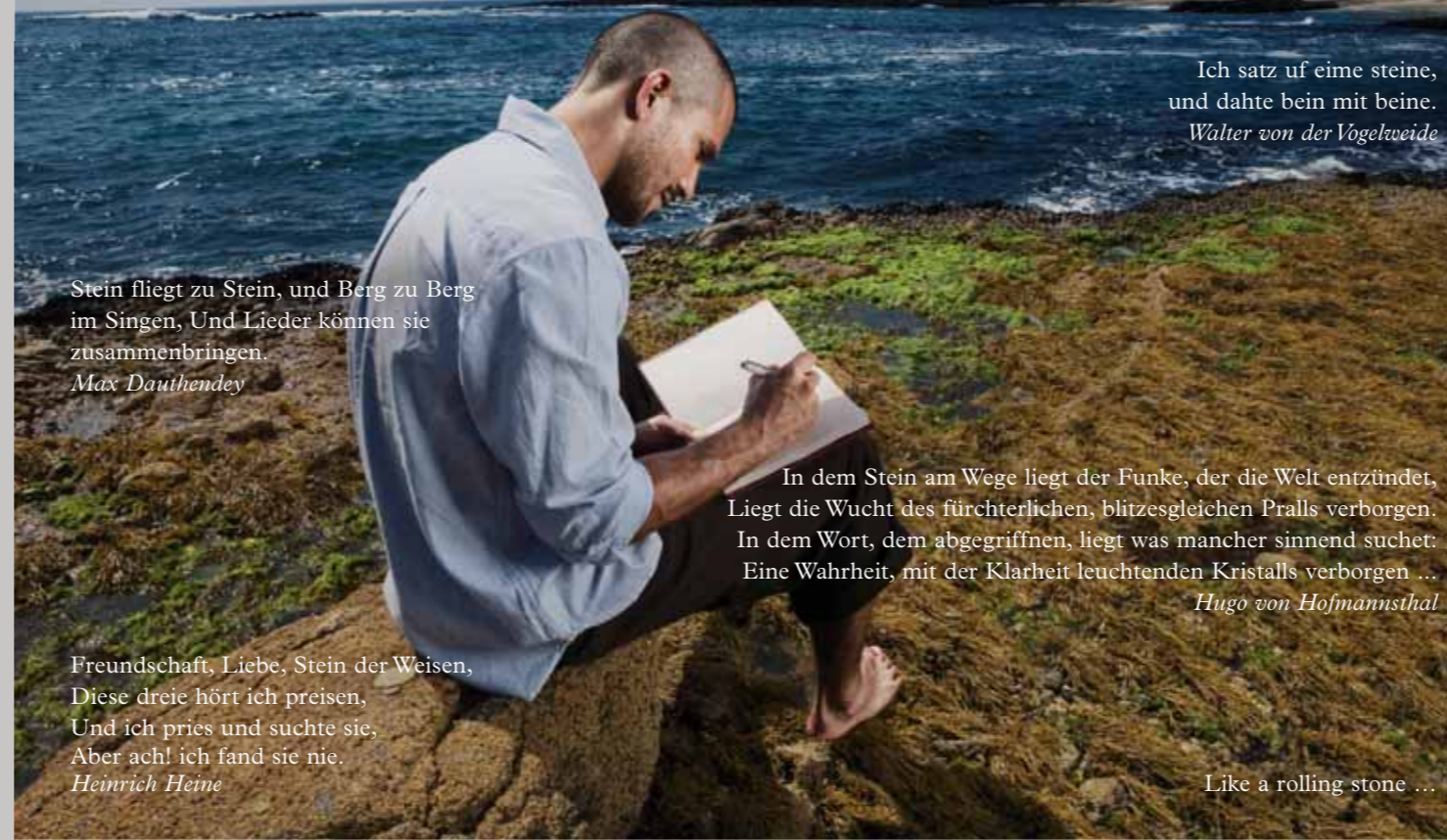
Auch die Erde müsste Stein heißen. Ganz zu Anfang nämlich, als noch keiner da war, irgendetwas zu benennen, wäre auch nie jemand auf die Idee gekommen, die Erde so zu heißen, wie sie heißt, weil sie nämlich erdlos war, nackt und steinig. Ist die namensgebende Erde doch nichts anderes als die festgetretene Masse zerfallener Pflanzen und Lebewesen, eine ungeheuerliche Leichenmasse eigentlich, eine wahnwitzige Abfolge von Generationen. Um wie viel langsamer sind da die Steine, sie vergehen nicht, zumindest nicht so schnell, leben immer noch in ihrer ersten Generation. Doch wovon träumen sie

im schweren Schlaf ihrer Versteinerung? Davon, dass sie eine Jungfrau küsst und sie sich dann in einen Prinz verwandeln? Oder von Skifahrern, die über sie brettern, denen sie den Belag aufreißen können? Von Brunnen, Mühlen oder einer Zeit, wo man wieder mit Steinen baut? Einer Überwindung der steinlosen Architektur des 21. Jahrhunderts?

Beim Nachdenken über all die Glashäuser, Steinbrüche und Pyramiden, all die Mineralien und Edelsteine, ist mir ein Gedanke hochgestiegen und hat beharrlich wie der berühmte Tropfen auf den Stein geklopft, nämlich der, dass die Erde mit der Zeit versandet. Ständig brechen Steine, werden gesprengt, zerschlagen, und irgendwann, in ein paar Millionen Jahren, wird nur noch feiner Kiesel übrig sein, der sich mit der Zeit zu Sand zerreibt - und so wird die verstrandete Erde dann auch heißen.

Ich bin gerne unter Steinen, sie sind ruhig und in sich aufgehoben, versprechen Konstanz und Ewigkeit, beruhigen, geben Kraft. Aber manchmal täte doch auch Bewegung und Veränderung nicht schlecht. Aber nicht zu rasch, weil man sich sonst die Knochen bricht. Und Knochen sind der menschliche Versuch, Stein zu werden. Knochen sind der Versuch des Menschen, Gegenstand der Geologie zu werden. Aber umsonst. Die Steine leben nun einmal in einer anderen Zeit, sie denken in Jahrtausenden und atmen in Jahrmillionen. Was dazu führt, dass man Steine manchmal auch für feste Tränen hält. Tränen einer anderen Zeit.

GEOLOGIE IST EIN GEDICHT



Ich satz uf eime steine,
und dahte bein mit beine.
Walter von der Vogelweide

Stein fliegt zu Stein, und Berg zu Berg
im Singen, Und Lieder können sie
zusammenbringen.
Max Dauthendey

In dem Stein am Wege liegt der Funke, der die Welt entzündet,
Liegt die Wucht des fürchterlichen, blitzesgleichen Pralls verborgen.
In dem Wort, dem abgegriffnen, liegt was mancher sinnend sucht:
Eine Wahrheit, mit der Klarheit leuchtenden Kristalls verborgen ...
Hugo von Hofmannsthal

Freundschaft, Liebe, Stein der Weisen,
Diese dreie hört ich preisen,
Und ich pries und suchte sie,
Aber ach! ich fand sie nie.
Heinrich Heine

Like a rolling stone ...

Geologie sind Steine. Und Geologie ist Forschung, Wissenschaft und harte Fakten.
Weit gefehlt: **Geologie ist ein Gedicht!**
Steine sind seit jeher besungen worden, **kommen in Gedichten und Gstanzen vor.**

Das Universum Magazin sucht gemeinsam mit den österreichischen Geologen unter dem Motto „Geologie ist ein Gedicht“ neue Gedichte zum Thema Geologie, vom Schüttelreim bis zum vollständigen Poem, vom Gstanzl bis zur Ode, vom Haiku bis zum Sonett. Wer selbst dichtet und Steinen, Bergen, der Geologie ein dichterisches Denkmal setzt, soll sich am Wettbewerb beteiligen.

FOTO: GETTY/IMAGES

UNI
VER
SUM

planet^{erde}
Erwissenschaften zum Nutzen
der Menschheit

Zahlreiche interessante Preise sind zu gewinnen.

Einsendeschluss: Montag, 20. September 2009

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

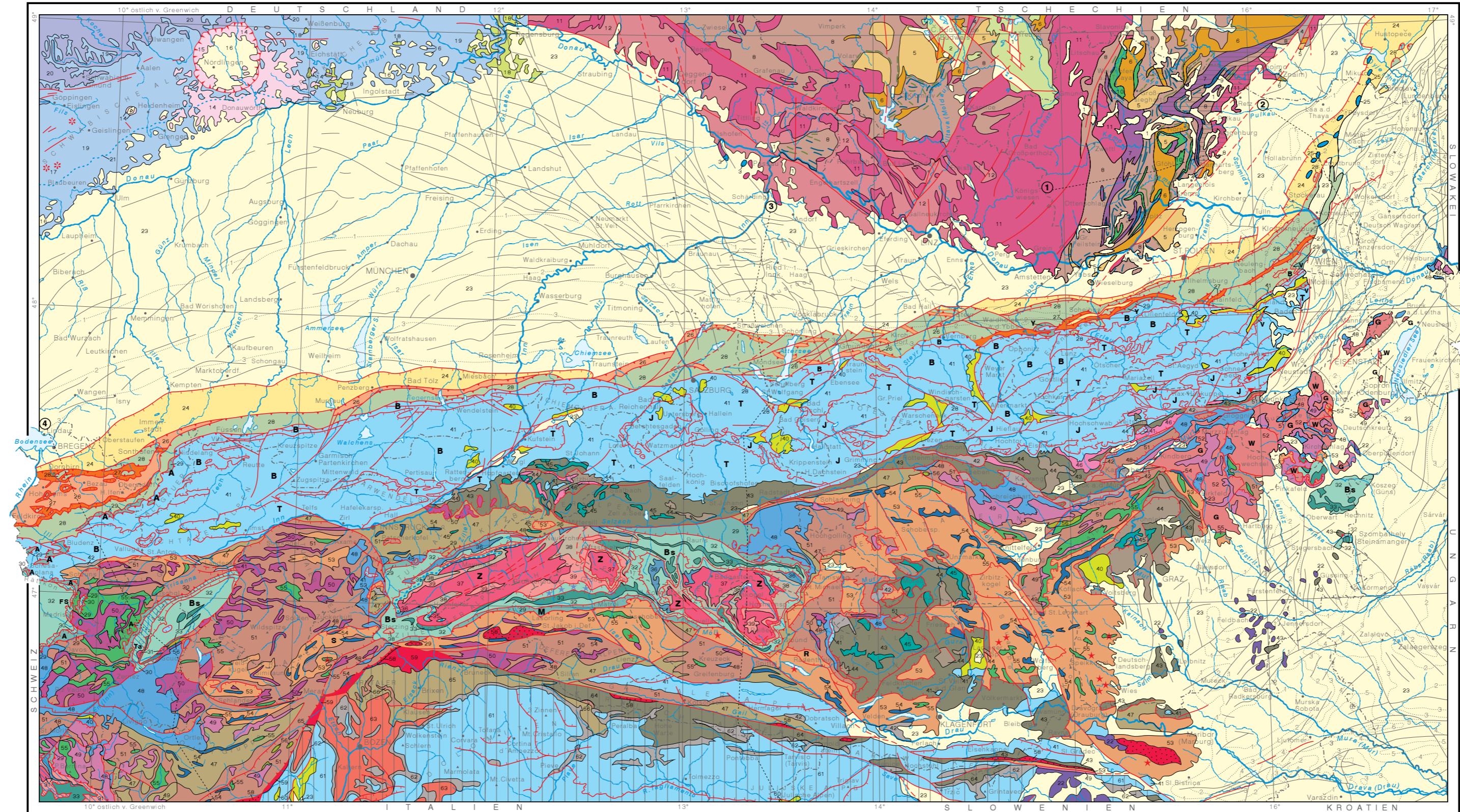
Alle Infos und das Teilnahmeformular finden Sie unter:

www.geologie-ist-alles.at/10_c_Geologie_ist_ein_Gedicht.html

GEOLOGISCHE ÜBERSICHTSKARTE DER REPUBLIK ÖSTERREICH 1:1 500 000 (OHNE QUARTÄR)

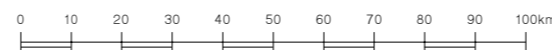
Herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1999

Bearbeitet von H. EGGER, H.G. KRENMAYR, G.W. MANDL,
A. MATURA, A. NOWOTNY, G. PASCHER †, G. PESTAL,
J. PISTOTNIK, M. ROCKENSCHAUB und W. SCHNABEL.



Erhältlich im Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.
© Geologische Bundesanstalt
Strukturelemente des Beckenuntergrundes im Bereich Sloweniens und Kroatiens unter Verwendung der
Kompilation von M. POLJAK, mit Genehmigung des Institutes für Geologie, Geotechnik und Geophysik, Ljubljana.

1 : 1 500 000 (1cm = 15km)



Lambert'sche konforme Kegelprojektion (Bezugsbreitenkreise 46° und 49° nördl. Breite).
Geographische Länge von Ferro = Geographische Länge von Greenwich + 17°40'00".
Topographie nach der OK 500 des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien.

Graphische Gestaltung und Ausführung: M. BRÜGGEMANN-LEDOLTER,
ADV-Bearbeitung: M. BRÜGGEMANN-LEDOLTER, J. RÜTHNER,
Druck: F. Dellerfuhs, Wien.

LEGENDE ZUR GEOLOGISCHEN KARTE VON ÖSTERREICH

BÖHMISCHE MASSE mit Sedimentbedeckung

1	Tertiäre Gesteine (Kies, Sand, Ton)
2	Kreide-Gesteine (Sandstein, Tonstein, Kies, Konglomerat; terrestrisch)
3	Jura- und Kreide-Gesteine (Kalk, Mergel, Sandstein)
4	Jungpaläozoische Gesteine (Tonschiefer, Sandstein, Konglomerat)
5	Granulit
6	Glöhier Gneis
7	Orthogneis
8	Paragneis, Glimmerschiefer, Phyllit
9	Marmor
10	Amphibolit
11	Granit
12	Migmatit, Perigneis, Grobkongneis
13	Orthogneis, Metasediment, Granit

MOLDANUBIKUM
MORAVIKUM

DEUTSCHES SCHICHTSTUFENLAND (mit Steinheimer Becken und Nördlinger Ries)

14	Auswurfmassen der Meteoritenkrater des Steinheimer Beckens und des Nördlinger Rieses (Miozän)
15	Kraterrand des Nördlinger Rieses
16	Tertiäre Gesteine (Miozän), inklusive Kraterfüllungen (Sand, Ton, Kies, Kalk)
17	Basalt (Oligozän - Miozän)
18	Oberkreide-Gesteine (Tonstein, Sandstein, Mergelstein, Brauneisenerz)
19	Jura-Gesteine (Tonstein, Sandstein, Mergelstein, Kalk, Dolomit)
20	Trias-Gesteine (Tonstein, Sandstein, Dolomit, Gips, Kalk)
21	Küftlinie der maximalen Ausdehnung des Molassemeeres gegen Norden (Miozän)

MOLASSEZONE, INNERALPINE BECKEN, WASCHBERGZONE

22	Andesit, Basalt (Miozän - Pliozän)
23	Tertiäre Gesteine der ungestörten Molassezone und der inneralpiner Becken (Mergel, Sand, Kies, Kalk)
24	Tertiäre Gesteine der subalpiner (gestörten) Molassezone und der Waschbergzone (Mergel, Sand, Kies, Kalk)
25	Jura- und Kreide-Gesteine der Waschbergzone (Kalkstein, Mergelstein, Sandstein)
26	In den Profilen: Jura- und Kreide-Gesteine der Waschbergzone sowie Perm - Kreide-Gesteine des Molasse-Untergrundes (Kalkstein, Mergelstein, Sandstein)
27	In den Profilen: Kristalline Basis: Variszisch metamorpher Molasse-Untergrund und Basis des Helvetikums (Granit, Granitgneis, Paragneis, Glimmerschiefer, Amphibolit)

HELVETIKUM

28	Mesozoische bis Ältertertiäre Gesteine (Kalkstein, Mergelstein, Mergel; flachmarin)
29	Ultrahelvetikum, Grestener Klippenzone (Kalkstein, Mergelstein, Mergel, Kohle; Mesozoikum - Ältertertiär)

PENNINIKUM (inkl. Elemente des HELVETIKUMS in den Hohen Tauern und Zillertaler Alpen)

30	Rhenodanubischer Flysch (Wechsellagerung von Sandstein, Mergelstein bis Tonstein, Mergel, Kreide - Ältertertiär)
31	Melangezonen: Vorwiegend penninische Metasedimente und Ophiolite sowie geringfügig ostalpine Elemente Y =Ybbaitzer- und V =St. Veiter Klippenzone, A =Arosa-Zone, M =Matreier Zone
32	Kalkschiefer, Tonschiefer, Sandstein, Karbonatgestein, verbreitet metamorph (Jura - Eozän) mit <i>Permotrias</i> und Paläozoikum; FS =Falknis-, Sulzfluh-Decke, Ta =Tasna-Decke
33	<i>Permotrias</i> / Glimmerschiefer / Orthogneis
34	Kalkschiefer, Tonschiefer, Phyllit, Kalkglimmerschiefer, Glimmerschiefer, Quarzit; Bs =Bündnerschiefer-Gruppe (Jura - Eozän) mit <i>Permotrias</i> und Ophioliten
35	Ophiolit (Jura - Kreide)
36	Eklogit (jungpaläidisch)
37	Hochstegen-Marmor (Tauerntal; Malm)
38	Kalkmarmor, Dolomitmarmor, Quarzit (Metamorphe <i>Permotrias</i>)
39	Granitgneis, Z =Zentralgneis des Tauerntal
40	Phyllit, Glimmerschiefer, basischer und saurer Metavulkanit (Metamorphes Paläozoikum)
41	Paragneis, Migmatit, Glimmerschiefer, Amphibolit

OSTALPIN

Nördliche Kalkalpen, Drauzug, u.a.

42	Grobklastika, Mergel, Tonschiefer, Sandstein (Gosau-Gruppe; Oberkreide - Eozän)
43	Kalk, Dolomit, Mergel, Tonschiefer, Sandstein (Perm - Unterkreide)
44	B =Bajuvikum, T =Tirolikum, J =Juvavikum, V =Schjürlinge von Meliaticum

Ostalpines Paläozoikum (Grauwackenzone, Gurktaler Decke, u.a.)

45	Jungpaläozoische Gesteine (Schiefer, Sandstein, Konglomerat, Karbonat)
46	Altpaläozoische Gesteine (Phyllit, Schiefer, Grauwacke)
47	Karbonatgestein
48	Basischer Vulkanit
49	Saurer Vulkanit (Blasseneck-Porphyr)
50	Quarzphyllit (z.T. Phyllonit, Diaphthorit)

Zentralalpines Permomesozoikum

51	Karbonatgestein, Siliziklastika, Porphyroid (meist metamorph)
----	---

Ostalpines Kristallin

52	Orthogneis (Jungpaläozoikum)
53	Orthogneis (vorwiegend Altpaläozoikum)
54	Paragneis
55	In den Profilen: Ostalpines Kristallin im allgemeinen und kristalline Basis des Pannoni-schen Beckens (Paragneis, Orthogneis, Glimmerschiefer, Amphibolit)
56	Glimmerschiefer, Paragneis; G =Grobgneiskomplex, W =Wechselkomplex Glimmerschiefer; S =Schneeberger Zug, R =Radentheimer Glimmerschiefer
57	Marmor
58	Amphibolit
59	Ultrabazit (Serpentinit, Pyroxenit)
60	Eklogit (altpaläidisch)

PERIADRIATISCHE INTRUSIVA

61	Tonolit, Granodionit (Oligozän)
62	Granitoid (Permokarbon)

SÜDALPIN

63	Kalk, Mergel (Oberkreide - Eozän)
64	Dolomit, Kalk, Siliziklastika, Vulkanite (Trias und Jura)
65	Jungpaläozoische Gesteine (Schiefer, Sandstein, Kalk)
66	Bozener Quarzporphyr (Perm)
67	Altpaläozoische Gesteine (Kalk, Schiefer, Vulkanit)
68	Quarzphyllit (z.T. Phyllonit)
69	Paragneis

70	Deckengrenze 1. Ordnung (Karte / Profil)
71	Deckengrenze 2. Ordnung (Karte / Profil)
72	Bruch, Störung (gesichert) (Karte / Profil)
73	Bruch, Störung (unter Bedeckung, vermutet)
74	Bruch, Störung und Tiefenlinien (1:10000) des prätertiären Untergrundes
75	Lage der Profile