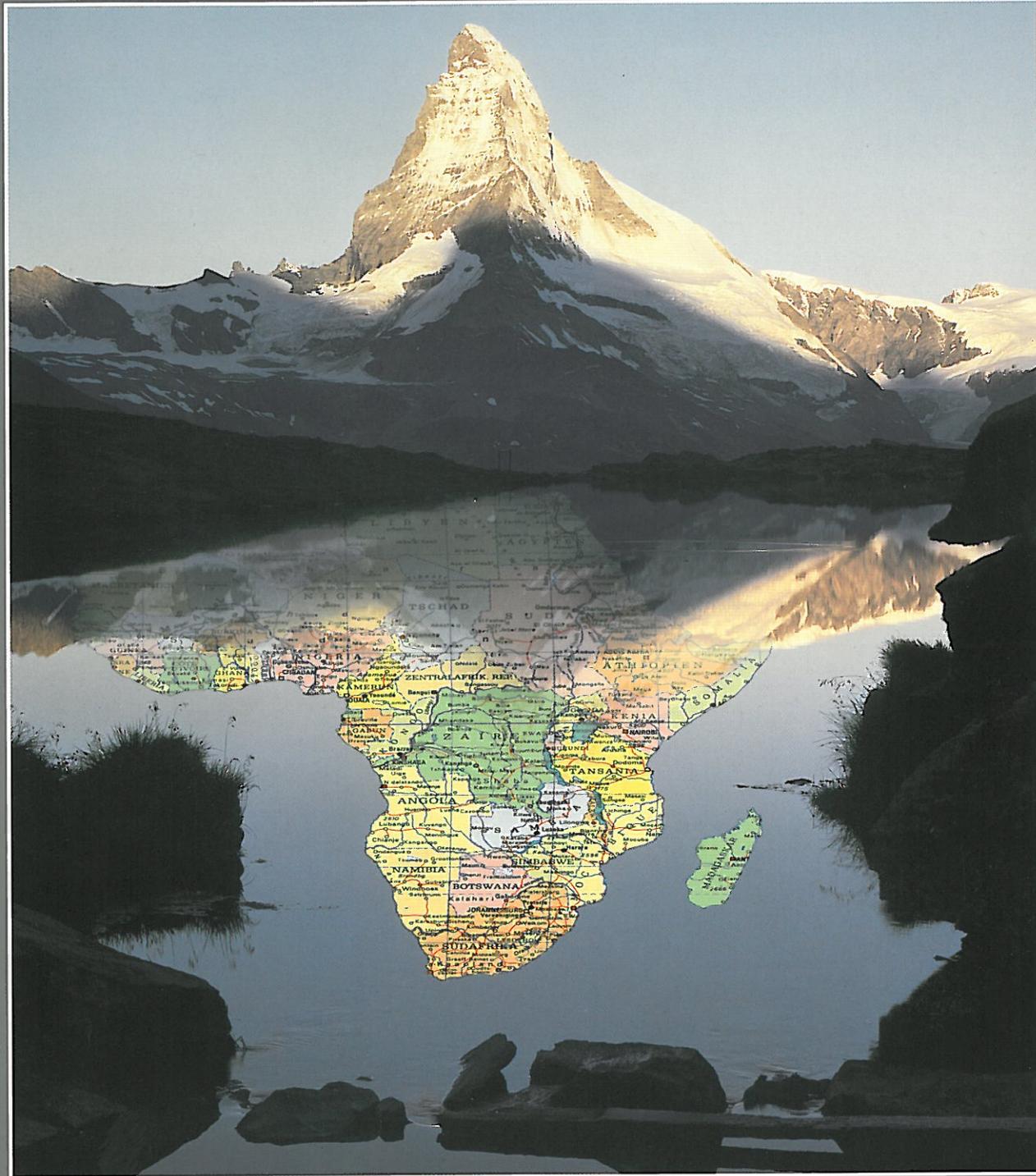


Echo aus dem Untergrund



Nationales Forschungsprogramm
Geologische Tiefenstruktur

NFP 20
PNR20

Echo aus dem Untergrund

Ergebnisse aus dem Nationalen
Forschungsprogramm 20
(NFP 20) über die geologischen
Tiefenstrukturen der Schweiz

Franz Auf der Maur
Peter Heitzmann
Peter Lehner
Beat Schenk

Sechzig Kilometer unter Meer

Die Oberflächengeologie der Schweiz ist durch lange Jahre intensiver Forschung sehr gut bekannt. Aber wie setzen sich die an der Oberfläche sichtbaren Strukturen in die Tiefe fort und wie sind die Schweizer Alpen in ihrem Inneren aufgebaut? Über die Fundamente der mächtigen Viertausender wussten wir bis vor kurzem noch weniger als über die Oberfläche des Mondes. Das Nationale Forschungsprogramm (NFP 20) «Geologische Tiefenstruktur der Schweiz» hat hier Abhilfe geschaffen: Im Auftrag des Bundesrates und des Schweizerischen Nationalfonds erkundeten Geologen und Geophysiker den tiefen Untergrund der Schweiz.

Drei grosse reflexionsseismische Messkampagnen führten durch den Osten, den Westen und den Süden der Schweiz. Schallwellen durchdrangen den Untergrund bis in Tiefen von 60 Kilometern. Die Auswertung des umfangreichen Datenmaterials förderte Überraschendes zutage: Vergessene Täler und Seen, bisher unbekannte Gesteinsdecken und eine durch die Echos aus dem Untergrund erhärtete Vorstellung darüber,

wie Afrika und Europa miteinander verzahnt sind.

Das Nationale Forschungsprogramm «Geologische Tiefenstruktur der Schweiz», für dessen Durchführung der Schweizerische Nationalfonds 14,5 Millionen Franken bereitgestellt hatte, ist auch Teil eines internationalen, von der European Science Foundation initiierten Forschungsprogramms, das den europäischen Kontinent vom Nordkap bis an die Küste Tunesiens ergründen will. Die dabei gewonnenen Resultate werden bei der Erschliessung von Rohstoffvorkommen und geothermischen Energiequellen, bei der Vorhersage von Erdbeben oder der Planung und dem Bau unterirdischer Verkehrswege von grossem praktischem Nutzen sein.

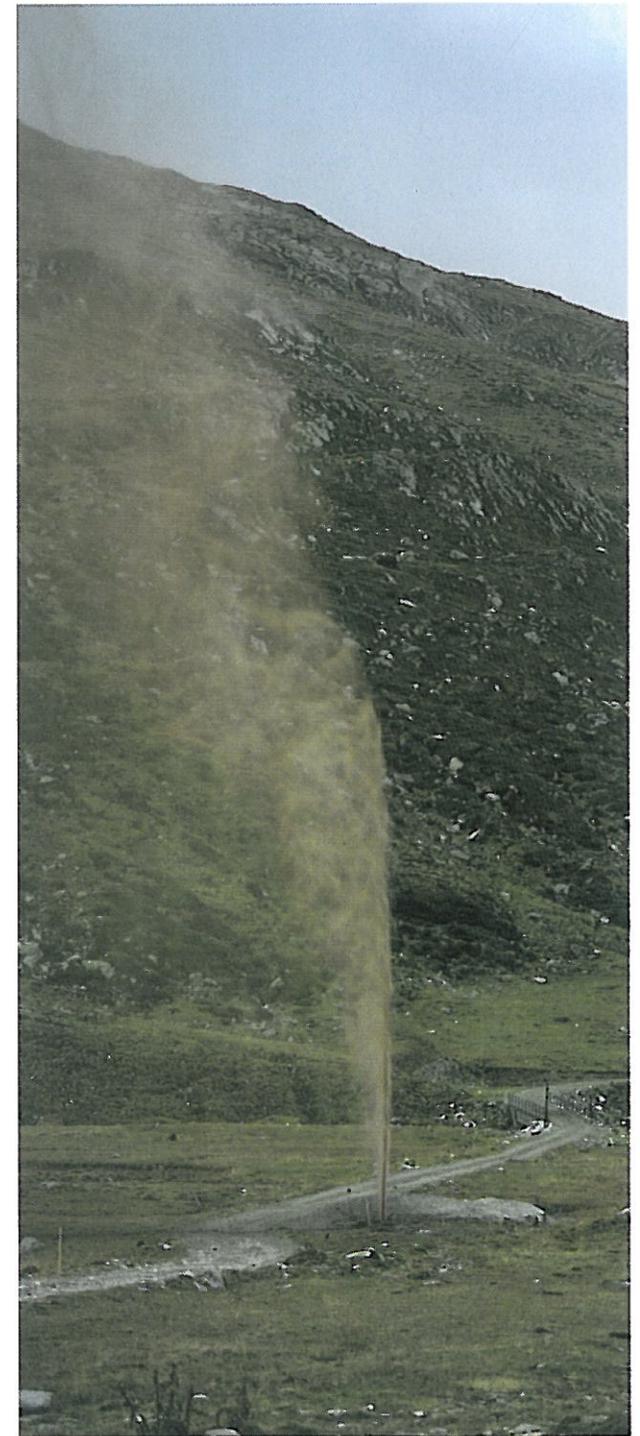


Rätselhafter Rawil

Die Landschaft am Rawilpass zwischen Bern und Wallis sieht aus wie zu Schöpfungsbeginn: Am Anfang war die Erde wüst und leer. Doch wer genau hinschaut, bemerkt in der Felseinöde mehrere Gruppen von Menschen, die kilometerlange Kabel verlegen. Eine Trainkolonne der Armee bringt Nachschub. Dann kreist ein Helikopter um die Gipfel, landet kurz bei der Passhöhe auf 2400 m ü.M. und scheucht startend eine Kolonie Bergdohlen auf. Die Stille dauert nicht lange: Nun ist's der Lärm eines Bohrgerätes, der von den Flühen widerhallt. Kein Zweifel, hier tut sich etwas...



Ein Knall! Staub wirbelt hoch und wird vom Wind weggetragen, bevor das Echo der Sprengung verklungen ist. Schallwellen dringen in den Untergrund, brechen sich an den Grenzen der Gesteinsschichten und kehren zur Erdoberfläche zurück. Von Geophonen aufgefangen, geben sie den Geologen Kunde vom inneren Aufbau unserer Berge. 200 Jahre nach Beginn der wissenschaftlichen Alpenforschung durch den Genfer Horace-Bénédict de Saussure (auf der 20-Franken-Banknote abgebildet) wird hier ein neues Kapitel der Naturwissenschaften aufgeschlagen: Wie sieht die Schweiz im tieferen Untergrund aus? So lautet die Frage, zu deren Beantwortung wir vorerst 18 Milliarden Jahre zurückblättern müssen...



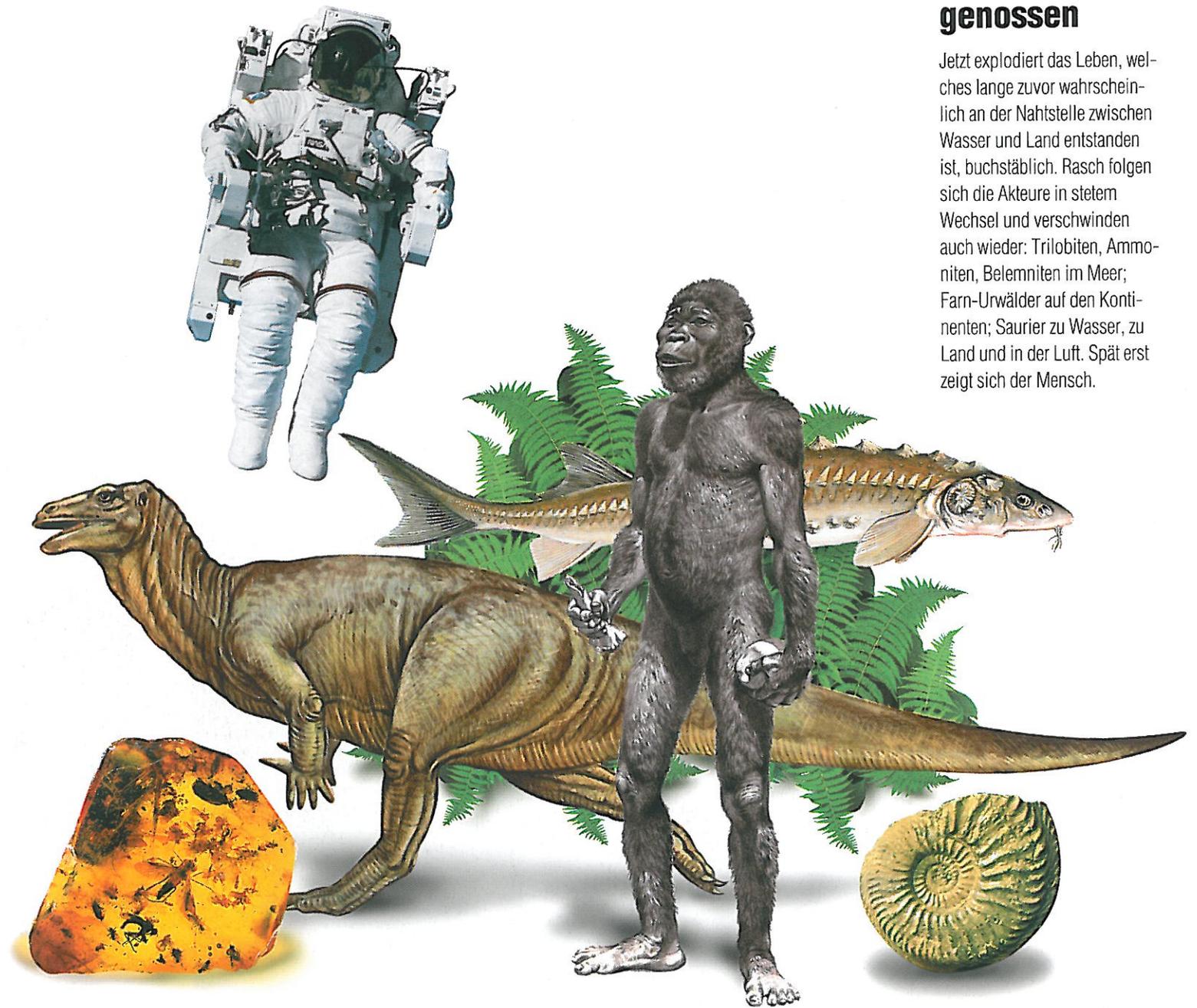
Urknalleffekt

Heute vor 18 Milliarden Jahren (es können auch deren 12 oder gar 20 gewesen sein, die Astrophysiker sind sich da noch nicht einig) - vor unvorstellbar langer Zeit also fand sich die ganze Materie unseres Universums in einem einzigen Punkt vereinigt. Ein Knall... der Urknall! Staub wirbelt durchs weite All, formt sich zu Galaxien. In einer dieser Milchstrassen bildet sich sehr viel später - vor etwa 5 Milliarden Jahren, die Astrophysiker sind sich da durchaus einig - unser Sonnensystem: Im Zentrum als Fixstern die Sonne, darum herumkreisend die neun Planeten. Planet Nummer drei ist die Erde, deren Entwicklung wir uns nun näher ansehen wollen. Die ältesten Spuren freilich sind durch spätere Umwälzungen verwischt worden. Ein klareres Bild bekommen wir erst aus der Zeit vor gut 500 Jahrmillionen...



Unzeit- genossen

Jetzt explodiert das Leben, welches lange zuvor wahrscheinlich an der Nahtstelle zwischen Wasser und Land entstanden ist, buchstäblich. Rasch folgen sich die Akteure in stetem Wechsel und verschwinden auch wieder: Trilobiten, Ammoniten, Belemniten im Meer; Farn-Urwälder auf den Kontinenten; Saurier zu Wasser, zu Land und in der Luft. Spät erst zeigt sich der Mensch.



Die Erde lebt...

Während die Entwicklung des Lebens seinen Gang nimmt, verändert sich auch das Angesicht der Erde. Kontinente entfernen sich voneinander und driften aufeinander zu; Ozeane bilden sich und verschwinden wieder; Bergketten werden aufgetürmt und abgetragen; Eiszeiten überziehen Teile des Planeten mit einem Leichentuch, bis die Gletscher den Palmen weichen müssen... Seit Urzeiten ist die Erde ein lebendiger Planet.

*Schwarzer Raucher
(Black Smoker) Ostpazifik,
2815 Meter tief*



Im heißen Herzen unseres Heimatplaneten sitzt der Motor, der die dünne Erdkruste nicht zur Ruhe kommen lässt. Zählflüssige Wirbel von auf- und absteigenden Strömungen im Erdmantel übertragen ihre Kräfte auf die äussere Gesteinsschale, welche aus einzelnen bewegli-



chen Platten besteht. Unsäglich langsam nach menschlichem Massstab, doch erstaunlich rasch vor dem Hintergrund erdgeschichtlicher Zeiträume werden die Wirkungen der Plattentektonik sichtbar (Tektonik ist die Lehre von der Architektur der Erde). In den Ozeanen quillt



...und bebt.

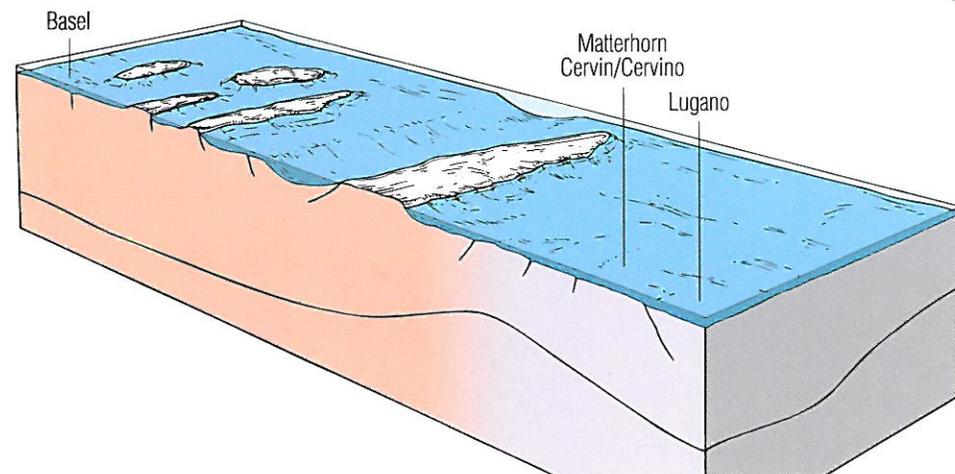
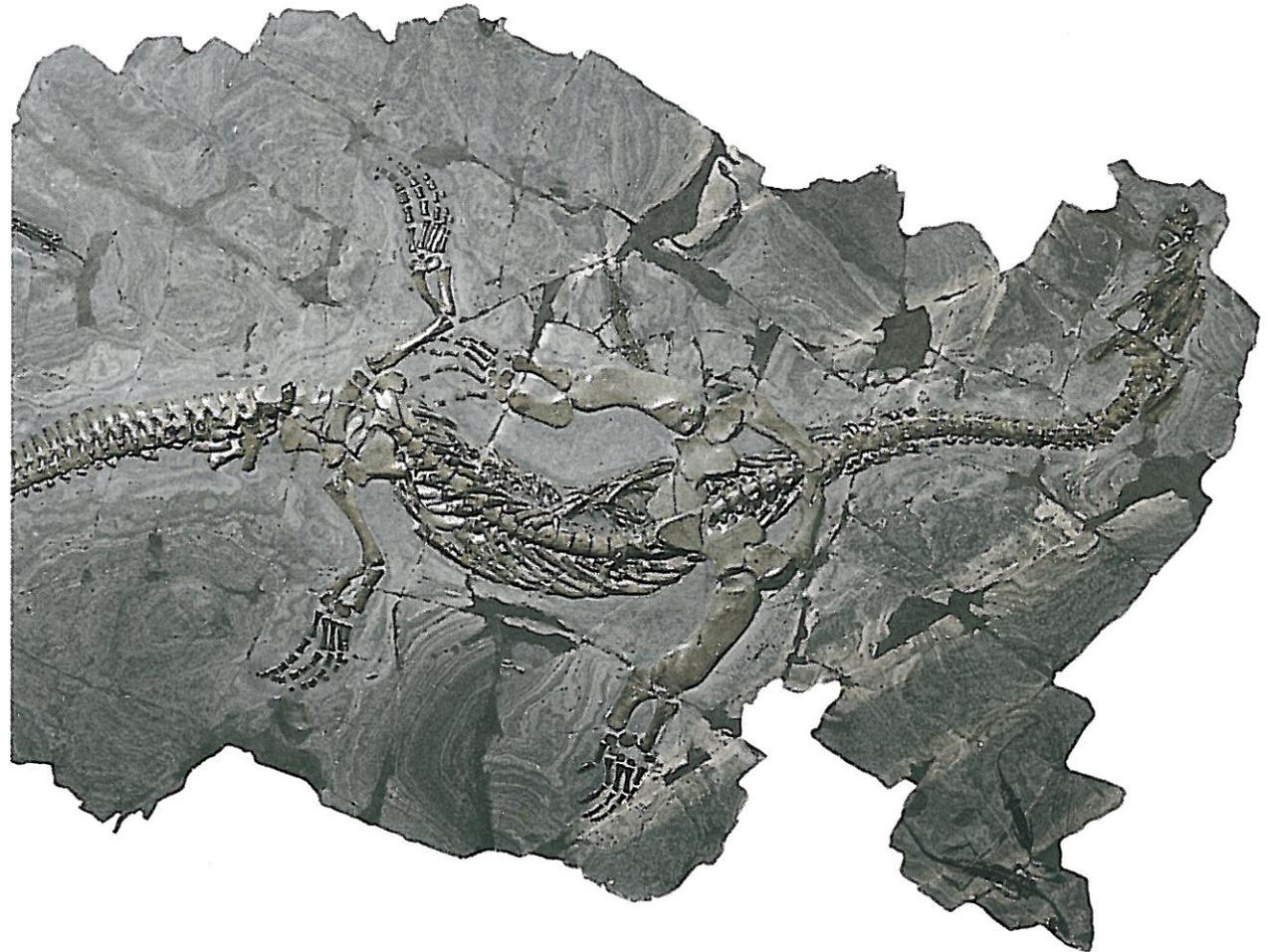
zwischen auseinanderdriftenden Platten aus untermeerischen Vulkanen glutflüssiger Gesteinsbrei empor und bildet neuen Ozeanboden. Wo hingegen zwei Platten zusammengestoßen, versinkt die eine in der Tiefe, und es entstehen Inselketten oder Gebirge – ein Vorgang, der stets mit Erdbeben und Vulkanausbrüchen verbunden ist. Plattenbewegungen können mehrere Zentimeter im Jahr ausmachen. Im Verlauf eines Menschenlebens kommen so etliche Meter zusammen, und während Jahrmillionen summieren sich die Kilometer zu Hunderten. Verständlich deshalb, dass die Verteilung von Land und Wasser, von Gebirgen und Ebenen zu früheren Epochen der Erdgeschichte ganz anders ausgesehen hat... auch im Gebiet der heutigen Schweiz!

*Bay Bridge (San Francisco)
nach dem Erdbeben vom
17.10.89 (Magnitude 7,1)*

200 Millionen Jahre

Im Tessin vor 200 Millionen Jahren. Zur Triaszeit dehnt sich dort ein flaches Meer mit zahlreichen Inseln. Seltsame Saurier tummeln sich im oder am warmen Wasser: der fischartige Mixosaurus, der wendige Ceresiosaurus, der räuberische Ticinosuchus und der Tanytropheus mit seinem Drei-Meter-Hals. Versteinerungen solcher Tiere haben Naturforscher in den Schieferbrüchen am Monte San Giorgio bei Serpiano ausgegraben. Das wenig tiefe Trias-Meer bedeckt fast das ganze Gebiet der heutigen Schweiz. Dies beweisen Saurierfunde im aargauischen Fricktal, bei Emosson im Unterwallis sowie im Nationalpark des Unterengadins. An der Wende von der Triaszeit zur Jurazeit neigt sich dann die Flachmeerperiode dem Ende entgegen. Platten driften auseinander, und es bildet sich ein tiefer Ozean zwischen dem afrikanischen und dem europäischen Kontinent: die Tethys.

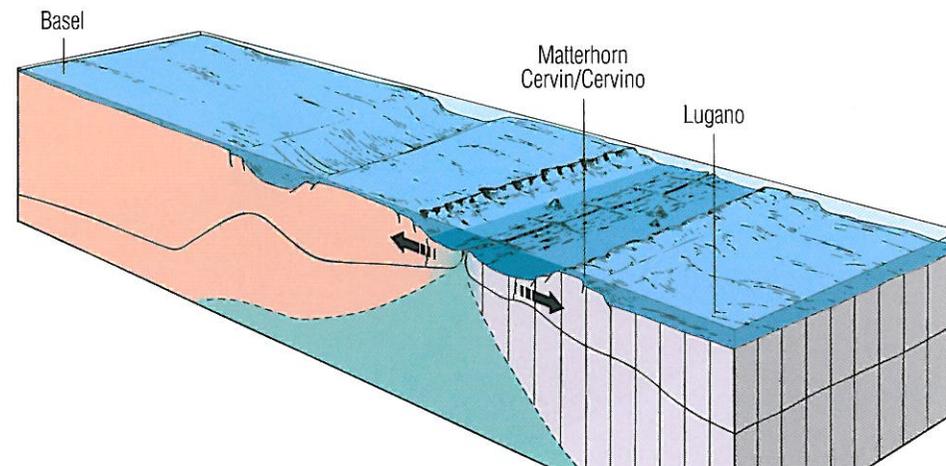
Ceresiosaurus,
Monte San Giorgio



150 Millionen Jahre

Vor 150 Millionen im Wallis. Statt schneebedeckte Drei- und Viertausender der Hochgebirgsregion zwischen Saas Fee und Zermatt zeigen sich untermeerische Vulkane. Hier bildet sich während der Jurazeit das Tethys-Tiefeseebecken. Es entsteht ein Trog, in welchem sich Gesteinsmaterial ablagert, das später in den Felswänden der Alpen zutage tritt. Dazu gehören - neben Sedimenten wie Kalken und Sandsteinen - auch die sogenannten Kissen-Laven der Unterwasser-Feuerberge. Beim Kontakt mit dem kalten Meerwasser erstarrt die glühende Lava nämlich in Kissenform. Wo Geologen solche Gesteine finden, können sie Rückschlüsse auf deren untermeerische Entstehung ziehen.

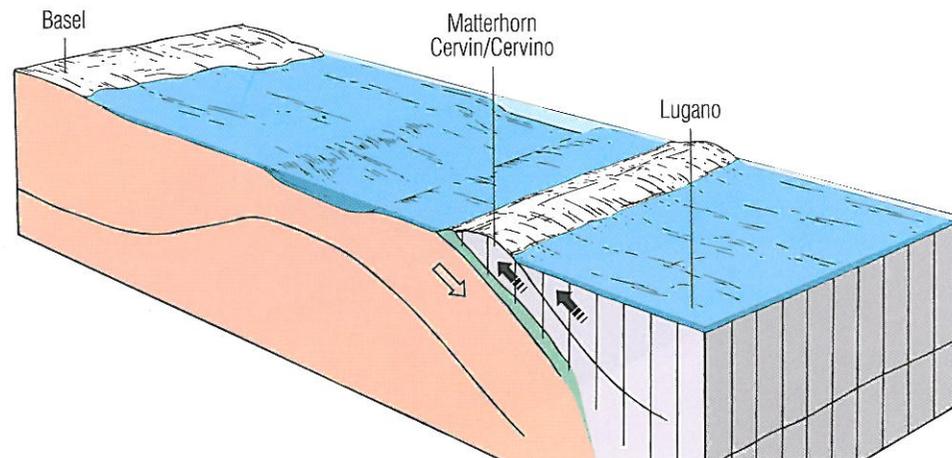
Kissenlava (Pillow lava)



90 Millionen Jahre

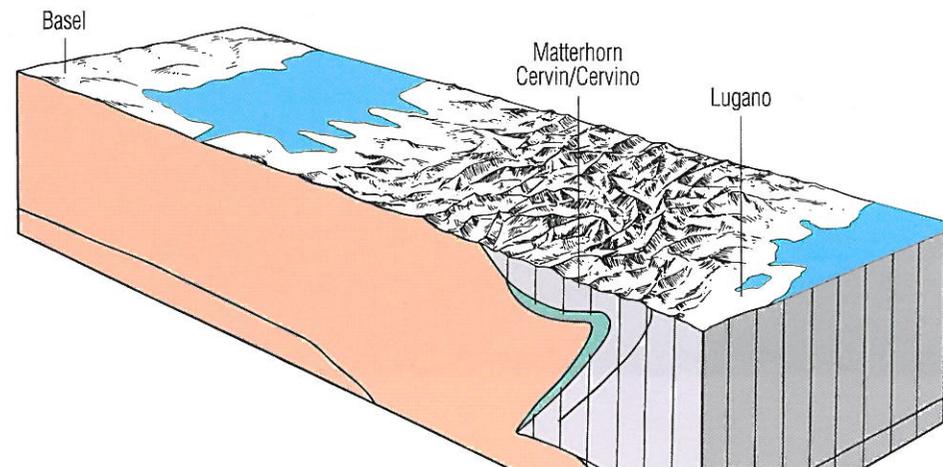
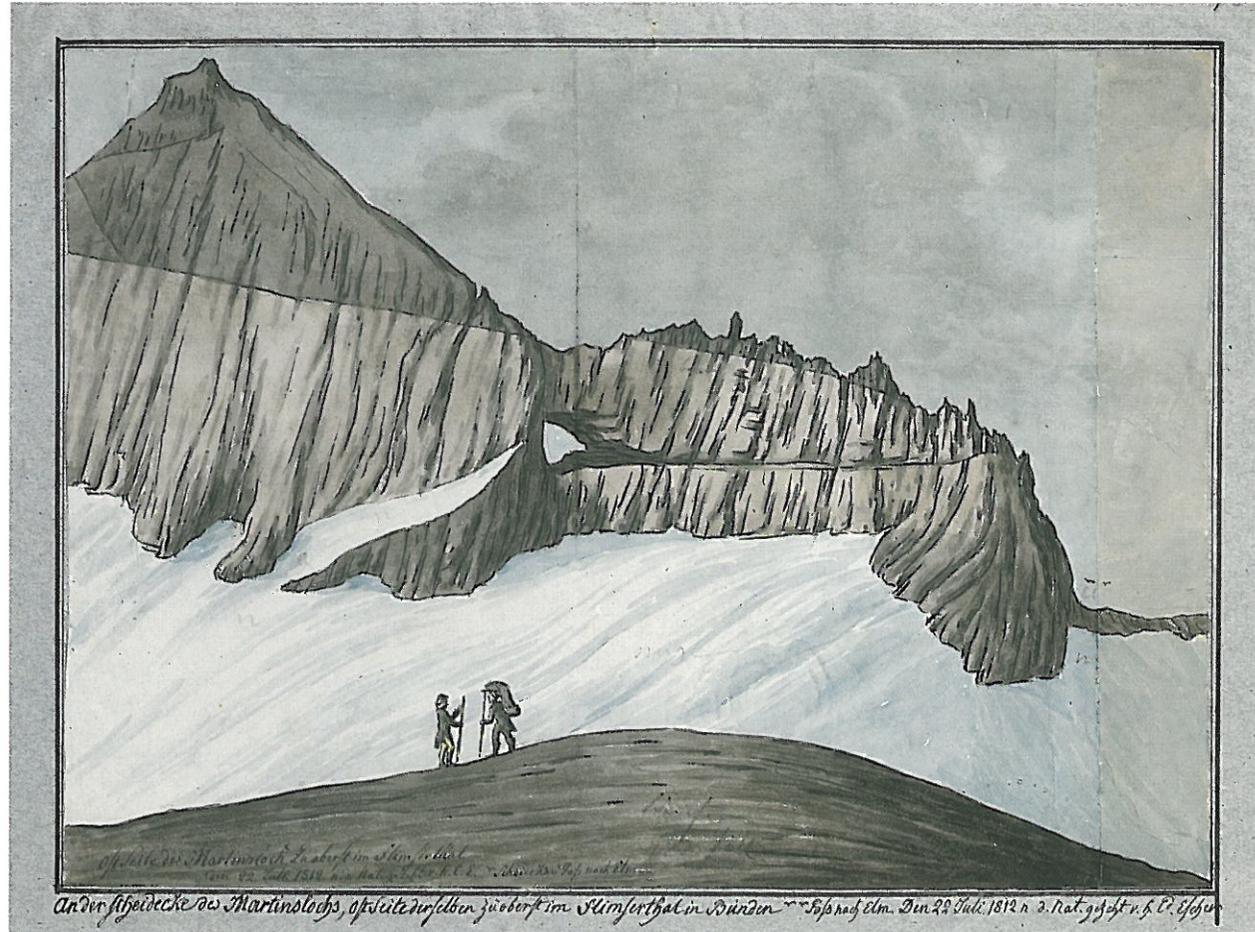
Vor 90 Millionen Jahren wiederum im Wallis. Jetzt zur Kreidezeit beginnt eine Annäherung von Afrika gegen Europa - es kommt zur Kollision der Platten. Ein Teil von Afrika gleitet über Europa. Kilometerdicke Gesteinspakete, Decken genannt, werden zusammengestaucht, ineinander- und übereinandergeschoben. So setzt die alpine Gebirgsbildung ein. Dabei geraten einzelne Decken vorübergehend in beträchtliche Tiefen (40-60 km), wo hoher Druck und Hitze sie umformen. Diese Umwandlung heisst Metamorphose. Aus Kissenlaven etwa entstehen auf diese Weise Eklogite, dunkelgrüne Gesteine, wie man sie im oberen Teil der Vispertäler findet.

Eklogit (Hochdruckgestein)



20 Millionen Jahre

Vor 20 Millionen Jahren im Glarnerland. Auch nach dem Wechsel von der Kreide zum Tertiär geht die alpine Gebirgsbildung weiter, ja, nun erreicht sie ihren Höhepunkt. Die beiden Kontinente haben sich ineinander verzahnt. Für die Erdwissenschaften ist es eine schwierige - doch äusserst faszinierende - Aufgabe, anhand der geologischen Verhältnisse das damalige Geschehen zu rekonstruieren. Zwar hat die Erosion inzwischen mächtige Gesteinsdecken abgetragen (was die wissenschaftliche Arbeit erschwert), andererseits aber auch Einblicke ins Innere des Gebirgskörpers geschaffen (und dadurch wichtige Schlüsselstellen entblösst). Eine solche Stelle ist die Glarner Überschiebung in den Tschingelhörnern am Segnespass. Hier schoben sich dunkle, mehr als 200 Millionen Jahre alte Verrucanogesteine über die helleren und wesentlich jüngeren Flyschgesteine. Die Grenze ist messerscharf; sie war bereits im letzten Jahrhundert den Geologen aufgefallen und hatte Anstösse zu Theorien über die Entstehung der Alpen gegeben.

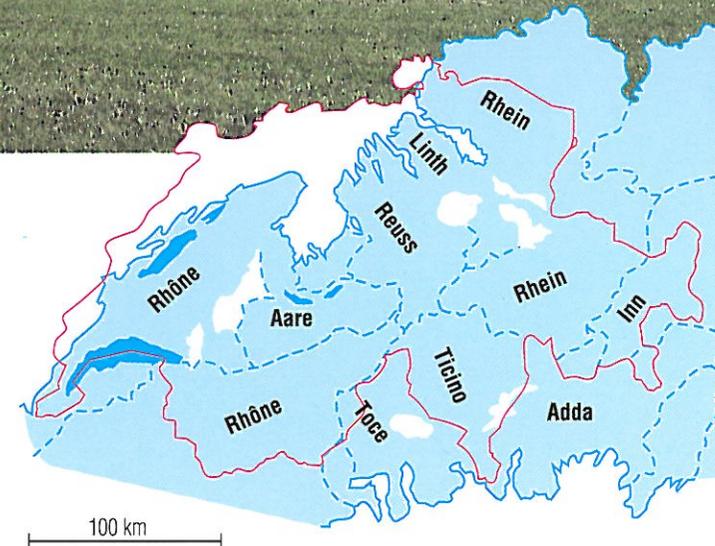
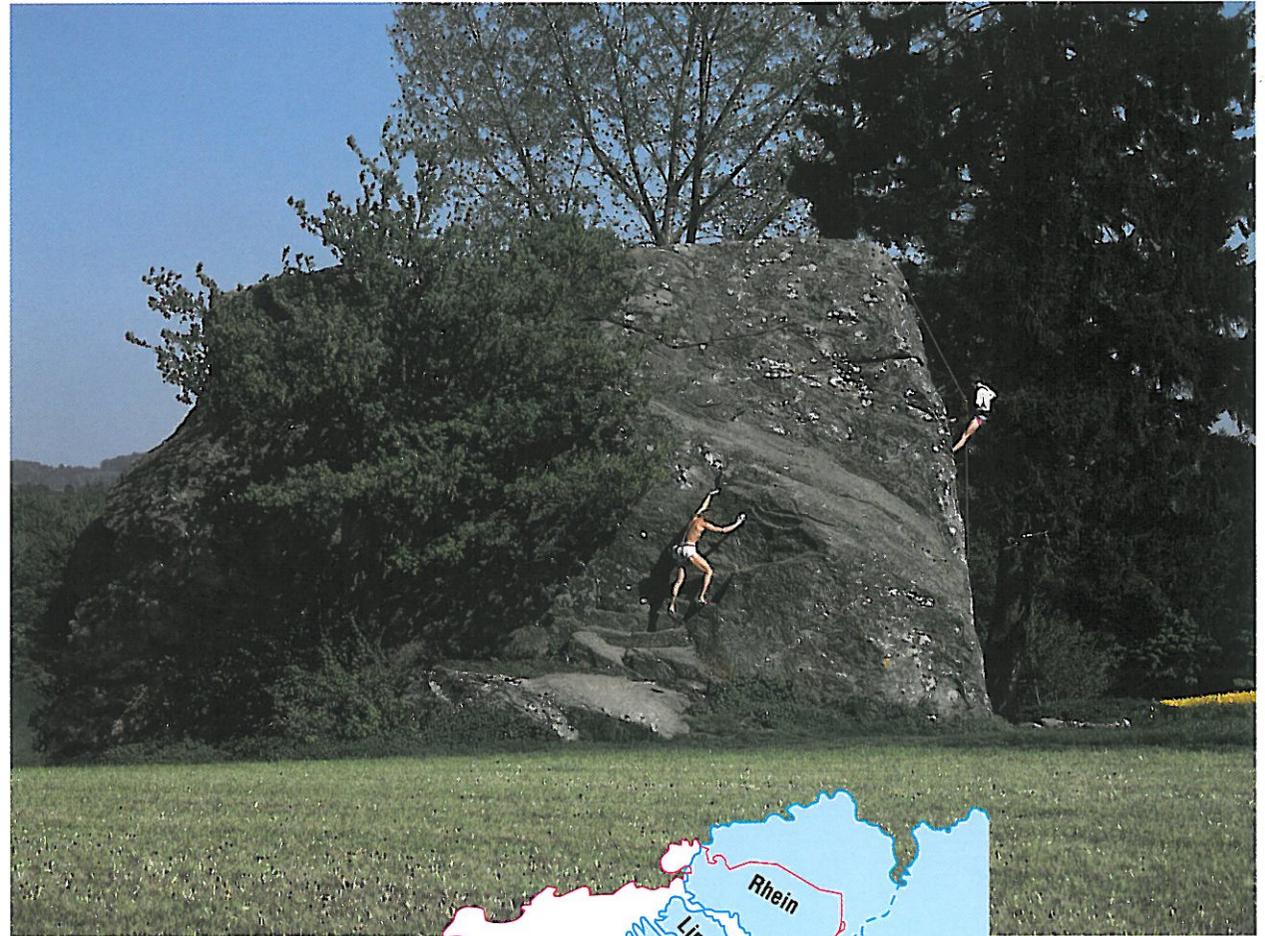


Tschingelhörner
(Hans Conrad Escher von der Linth, 22. Juli 1812)

20 000 Jahre

Vor 20 000 Jahren bei Bern. Dunkel ist's und kalt – kein Zweifel, es gibt gemütlichere Gegenden als die Gletscher-
sohle auf dem Höhepunkt einer Eiszeit. 300 Meter Eis türmen sich über jener Stelle, wo später die Bundesstadt zu stehen kommen soll. Nun vereinigen sich hier Aaregletscher und Rhonegletscher samt den mitgeführten Gesteinsfrachten aus den Alpen. Ebenfalls viel später werden Naturforscher die Moränen untersuchen und diesen Gletschervorstoss der – vorläufig – letzten Eiszeit zuordnen. Im wesentlichen hat der Wechsel von Eiszeiten und Zwischeneiszeiten im Verlauf der jüngsten Jahrmillion das Relief der Schweiz geprägt. Ihm verdanken wir die Schönheiten unserer Landschaft, das Entstehen von Tälern und Seen, aber auch, indem die Gletscher feinerriebenes Gesteinsmaterial als Mineraldünger herbeiführten, die Fruchtbarkeit der Moränenböden.

*Findling,
Steinhof Kanton Solothurn*



Monte Rosa

Liskamm

Castor

Breithorn



Theodulpass

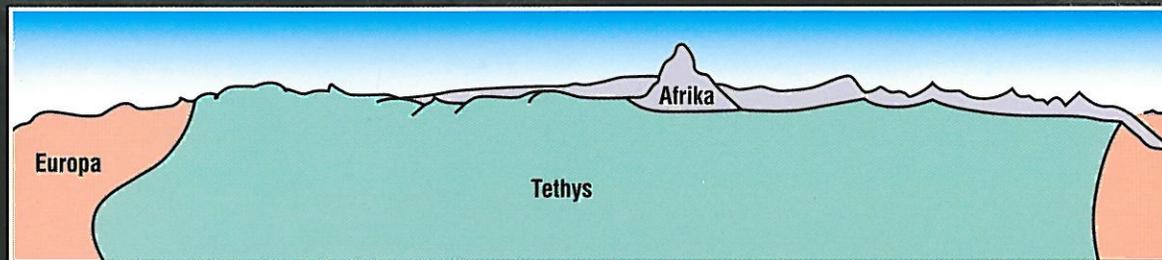
Matterhorn

Dent-Blanche



Jetzt ein Gruss aus Afrika

Ein weiteres Mal im südlichen Wallis - heute. Majestätische Ruinen heben sich in den Himmel. Denn wo die Touristen schöngeformte Schneeberge wie das Matterhorn und seine Nachbargipfel sehen, erkennen die Geologen nichts weiter als die Trümmer eines bereits zu einem guten Teil abgetragenen Gebirges. Wer die erdgeschichtliche Entwicklung der letzten 200 Millionen Jahre mitverfolgt hat (Seiten 10 - 14), wird nun ohne Probleme erkennen, dass beispielsweise das Matterhorn einst zu Afrika gehörte. Bei Zermatt ist besonders gut zu sehen, wie der afrikanische und der europäische Kontinent übereinandergeschoben wurden. Hier also findet sich die Kollisionsnaht nun im Hochgebirge. Es brauchte 200 Jahre geologischer Forschung, bis diese Zusammenhänge bekannt waren. Entscheidende Erkenntnisse über den tieferen Untergrund wurden erst in jüngster Zeit gewonnen...



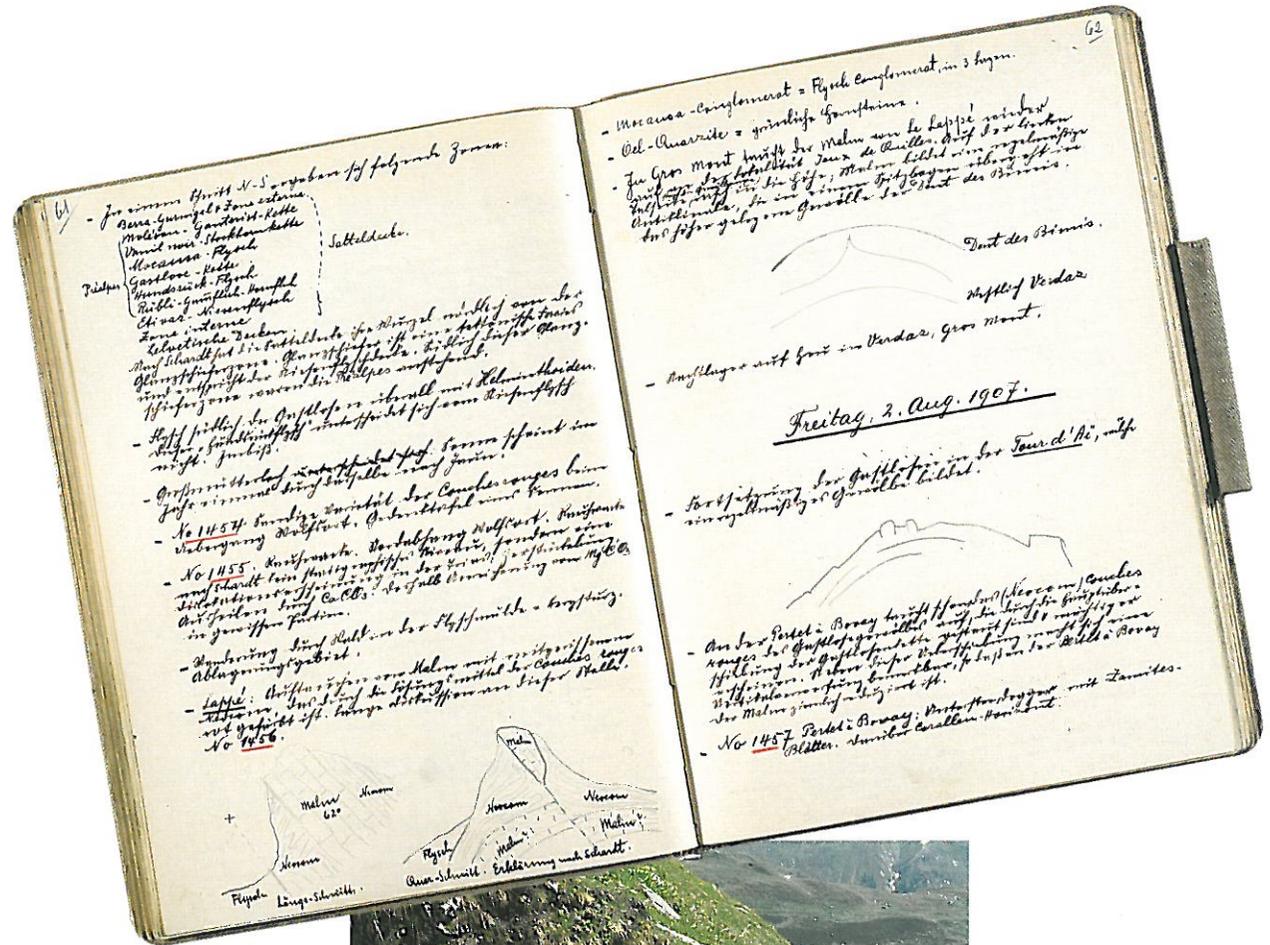
Gestern

Auf dem Kopf den wetterfesten Filzhut, in der Hand den Hammer, im Rucksack Wurst und Brot neben kiloschweren Steinbrocken, das Nachtlager im Heu einer Sennhütte oder unter den Sternen - so sah das Bild eines Alpengeologen zwischen 1800 und 1950 aus. «Mente et malleo», mit Köpfchen und Hammer, war der Leitsatz dieser Naturburschen. Trotz beschränkter Mittel trugen sie in ihren Notizbüchern - Feldbücher genannt - wesentliche Erkenntnisse zusammen:

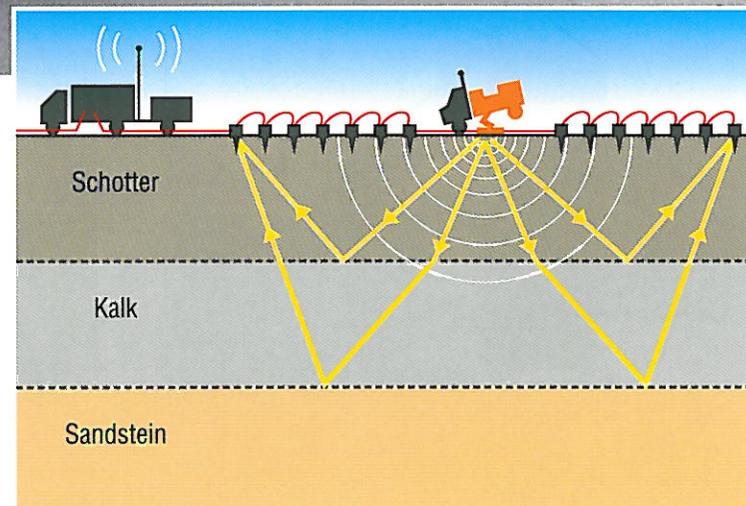
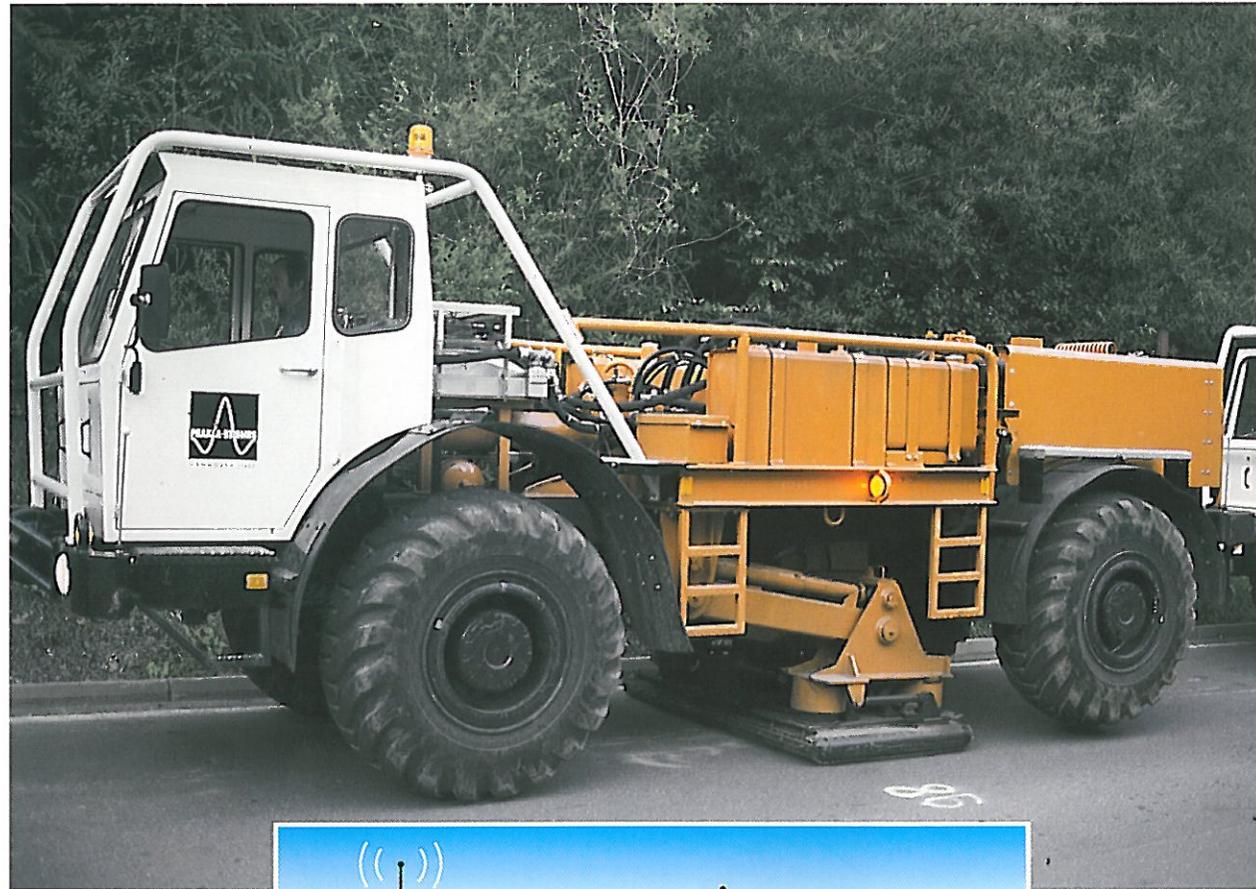
- über Verbreitung, Alter und Entstehung der verschiedenen Gesteine
- dass nicht vulkanische Gewalten, sondern Überschiebungen in der Erdkruste (also tektonische Kräfte) die Alpen aufgetürmt haben
- dass die Alpen einen ausserordentlich komplizierten inneren Baustil aufweisen
- dass die Schweiz bezüglich Bodenschätzen nicht besonders üppig bedacht wurde.

Und wie das so ist in der Wissenschaft: Jede gewonnene Erkenntnis warf neue Fragen auf...

Feldbuch Eduard Gerber
(1876 bis 1956)



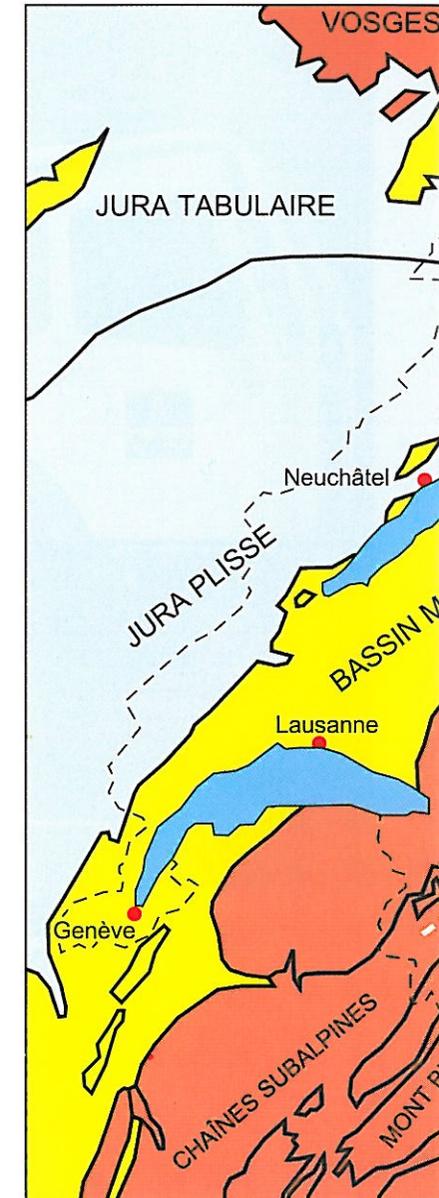
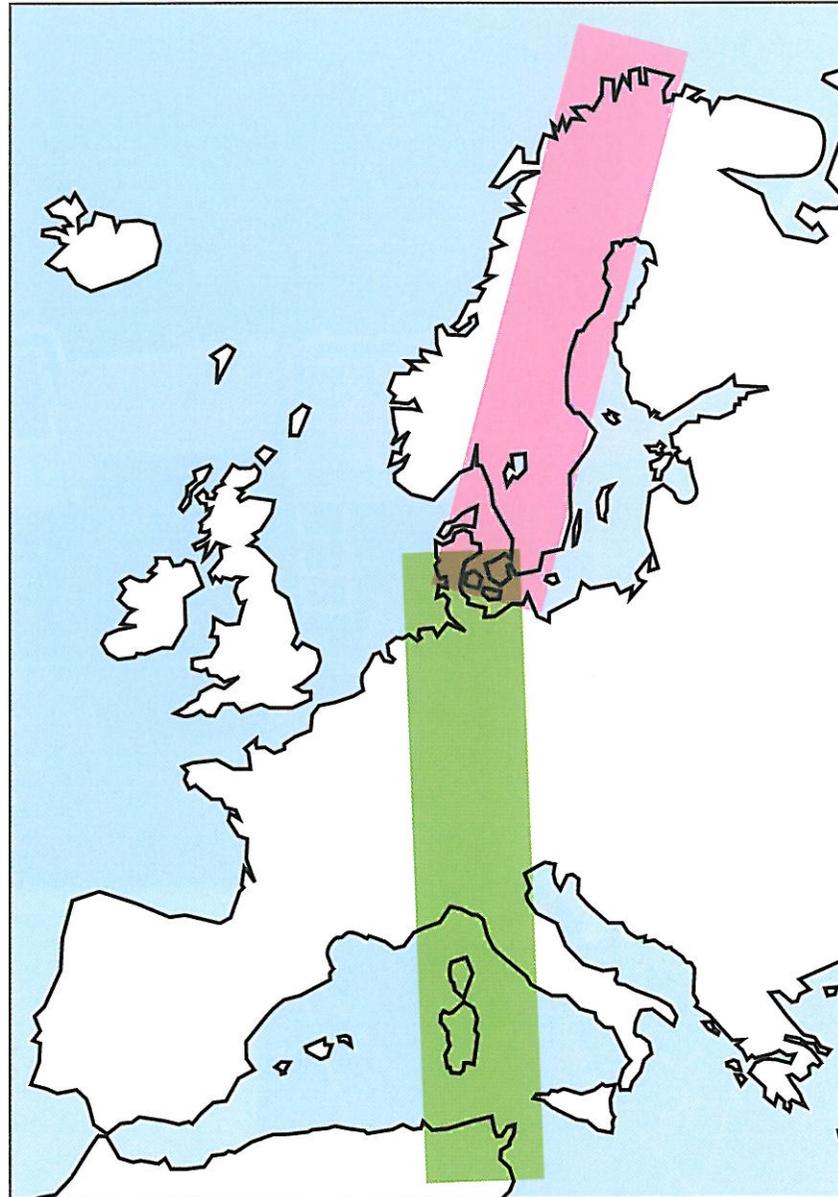
Heute



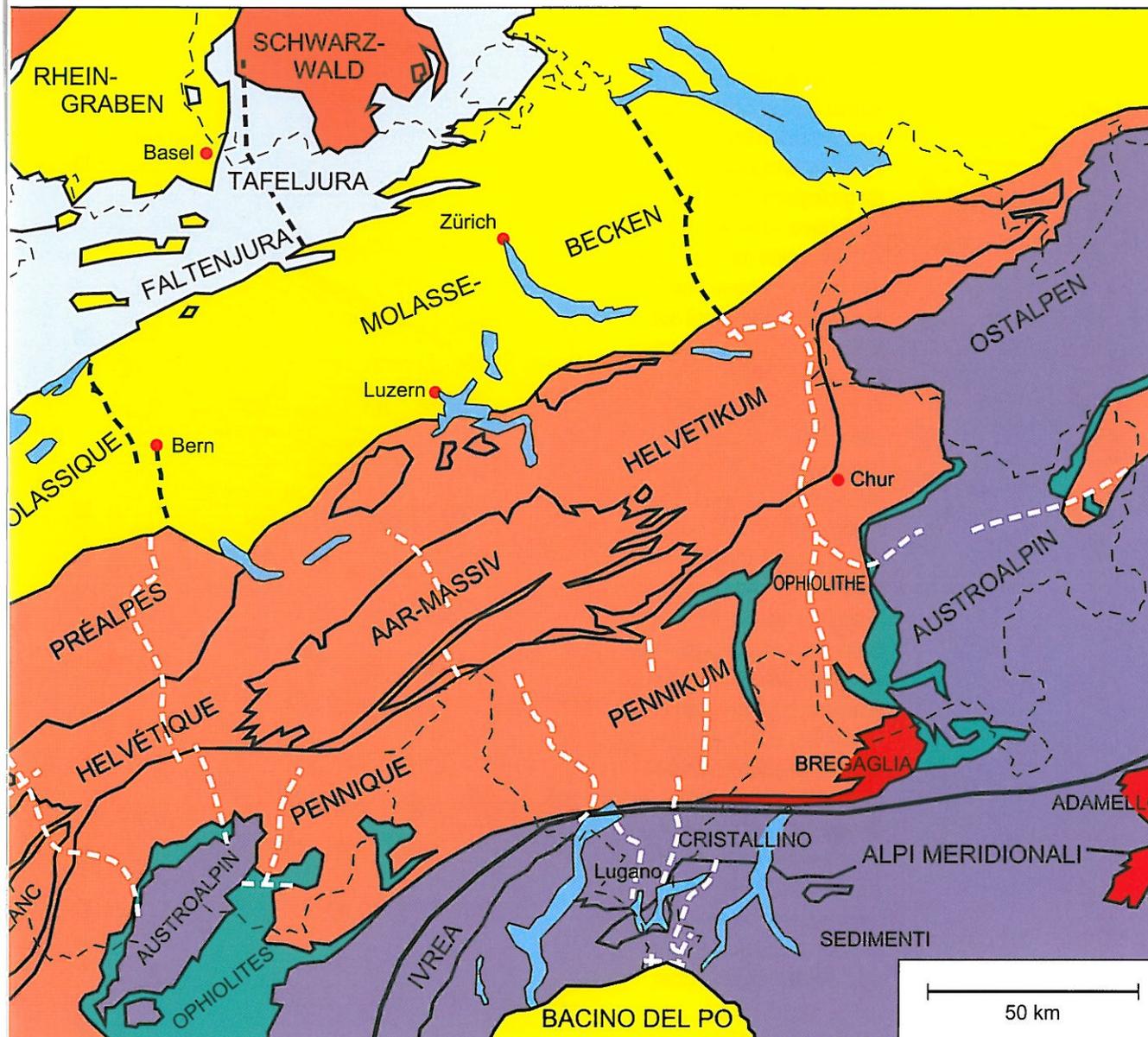
Die wenigen Bergwerke auf Schweizer Boden hatten den Gebirgskörper nur gerade angetastet, die Eisenbahntunnel von Rekordlänge führten zwar durch die Alpen hindurch, nicht aber zu deren Fundament – kurz, die Wurzeln der Berge blieben lange Zeit der Beobachtung entzogen, wichtige Fragen zum Bauplan unbeantwortet. Bis dann vor etwa 40 Jahren die Geophysik zu Hilfe kam. Seither ergänzen Sprengungen und Vibratoren als besonders wichtige Hilfsmittel die Arbeit mit dem Geologenhammer: Schallwellen dringen tief in den Untergrund vor, werden von den Gesteinsschichten zurückgeworfen und Sekunden später als Echo an der Erdoberfläche wieder aufgefangen. So entsteht aus Millionen von Daten ein plastisches Bild jener Bereiche, die dem menschlichen Auge verborgen sind. Und so entwickelt sich, während High-Tech das Naturburschen-Image der Alpenforschung in den Hintergrund drängt, die Geologie von der Erfahrungswissenschaft in Richtung exakte Wissenschaft.

Das NFP 20...

Geophysikalische Untersuchungsmethoden – vor allem die eben skizzierte Seismik – haben in jüngster Zeit unsere Kenntnisse über den Aufbau Europas entscheidend erweitert. Längs einer 4000-Kilometer-Linie vom Nordkap bis nach Tunis, der Europäischen Geotraverse, wurde in einem internationalen Gemeinschaftsprojekt der ganze Kontinent gründlich untersucht. Eine Schlüsselstelle bilden naturgemäss die Alpen. Daher kommt dem Teilstück auf Schweizer Boden besondere Bedeutung zu: Unser Beitrag heisst «Geologische Tiefenstruktur der Schweiz» und ist ein Nationales Forschungsprogramm (NFP 20) des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.



...vorwärts...



Um das ganze Gebiet der Eidgenossenschaft zu erfassen, haben sich Geologen und Geophysiker nicht auf eine einzige Linie beschränkt, sondern mehrere Traversen ausgewählt. Die Karte auf dieser Seite zeigt ihren Verlauf. Dank guter Information der Bevölkerung liessen sich die Feldaufnahmen für diese Grundlagenforschung ohne Probleme durchführen. Das NFP 20 ist eines der aufwendigeren Nationalen Forschungsprogramme mit mehreren hundert Beteiligten; die gesammelten Daten wurden in Zürich und Lausanne an speziellen Rechenzentren ausgewertet. Hier die wichtigsten Kennzahlen des Programmes:

Dauer: 1985 - 1993

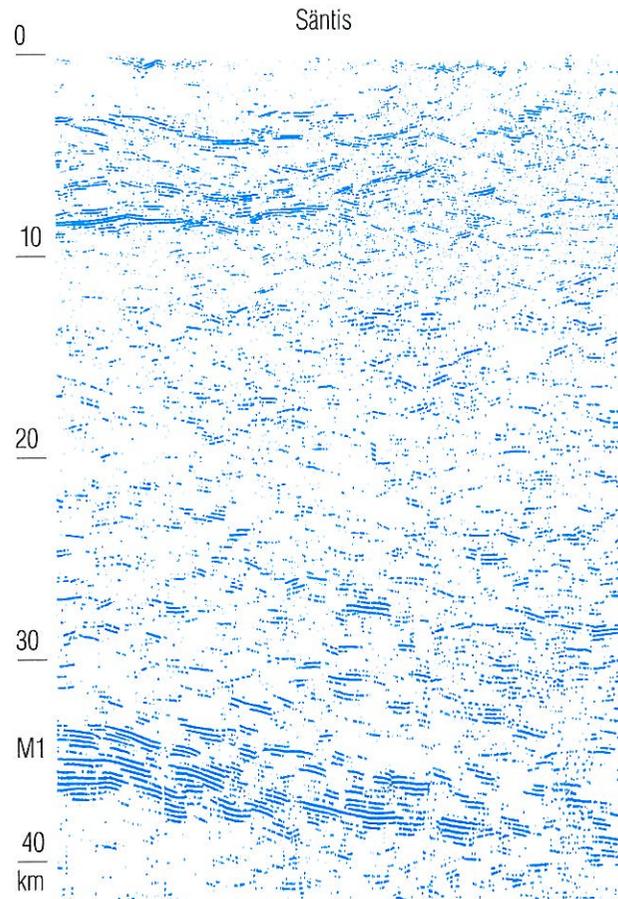
Kosten: 14,5 Mio. Fr.

Anzahl Einzelprojekte: 34

Gesamtlänge der Traversen:

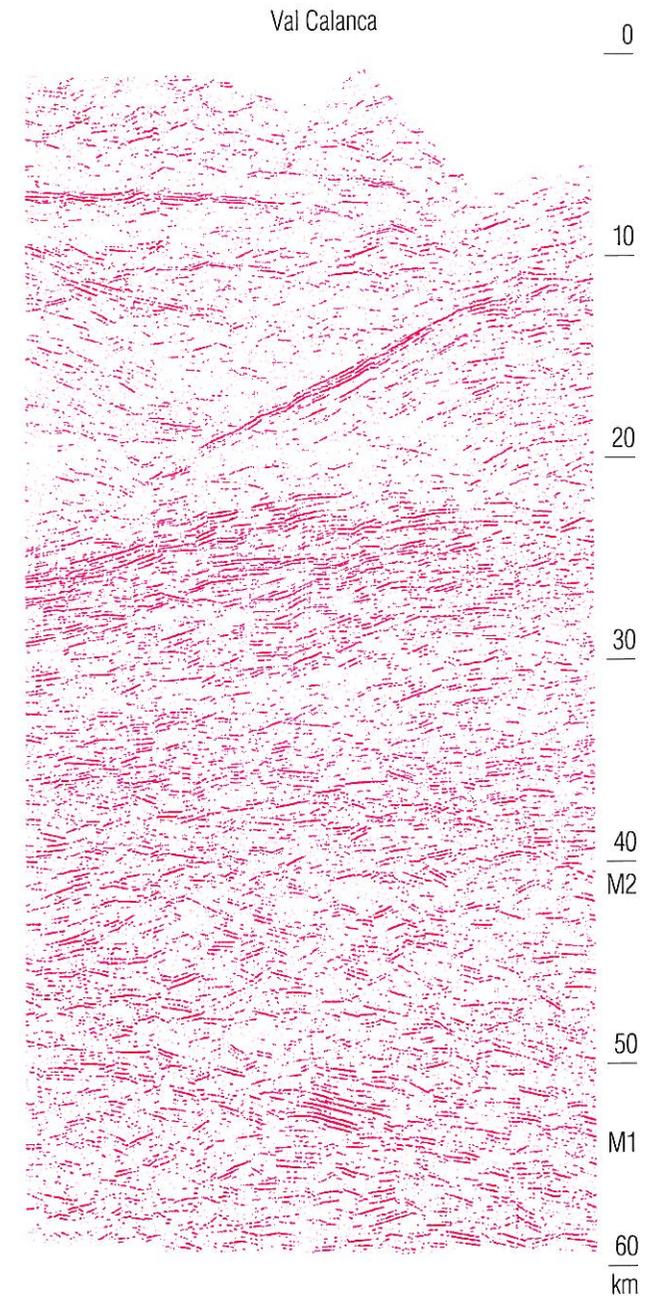
etwa 700 Kilometer

...tiefenwärts

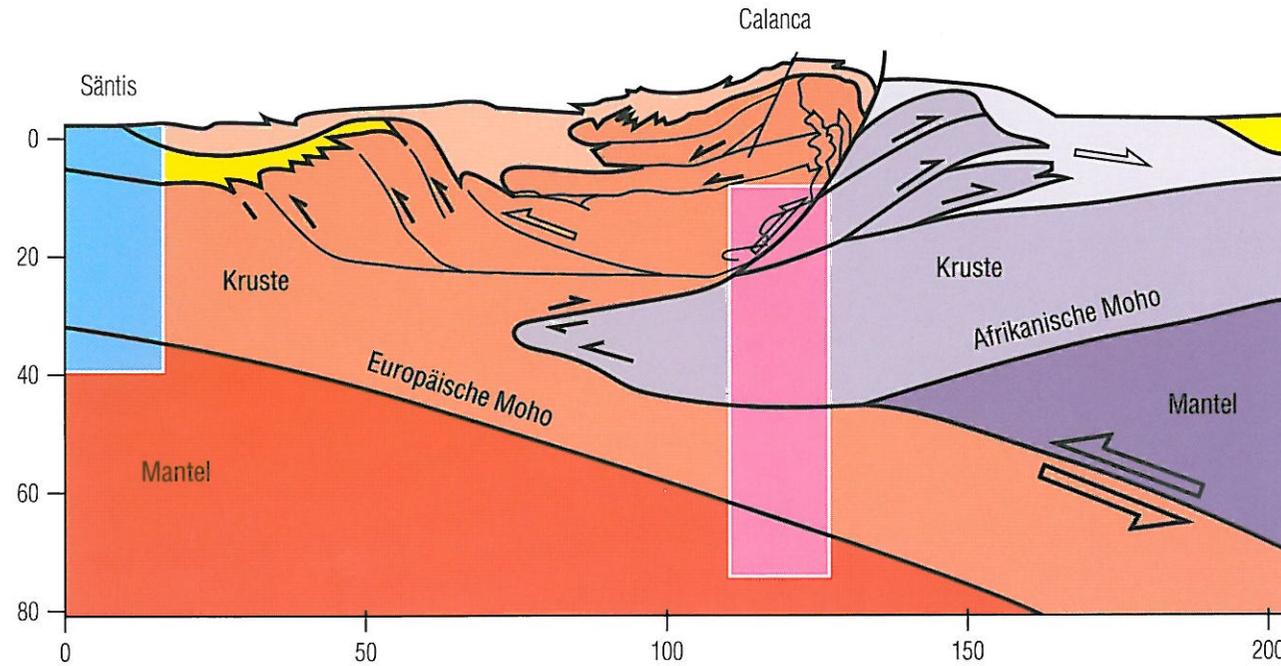


Im November 1992 diskutierten an einem Symposium in Interlaken etwa hundert Spezialistinnen und Spezialisten die Ergebnisse des Nationalen Forschungsprogrammes über die geologische Tiefenstruktur der Schweiz. «Eine wichtige Aufgabe besteht darin, zunächst den sichtbaren, oberflächennahen Bereich mit dem tieferen Untergrund in Zusammenhang zu bringen», hatte die Programmleitung als allgemeine Zielsetzung des NFP 20 formuliert. In der Tat zeigten die seismischen Profile, dass sich die aus früheren Feldaufnahmen bereits bekannte Deckenstruktur der Alpen auch in der Tiefe fortsetzt. Im Tessin etwa ist nun die Deckenstruktur der tiefsten bis anhin bekannten geologischen Einheit, der Leventina-Decke, nachgewiesen. Darunter fand man sogar zwei zuvor unbekannte Gesteinsdecken. Auch das Aarmassiv, früher Inbegriff erdgeschichtlicher Stabilität, erwies sich keineswegs als fest verankert, sondern als weit nach Norden auf das Vorland überschoben.

M1 Europäische Moho
M2 Afrikanische Moho

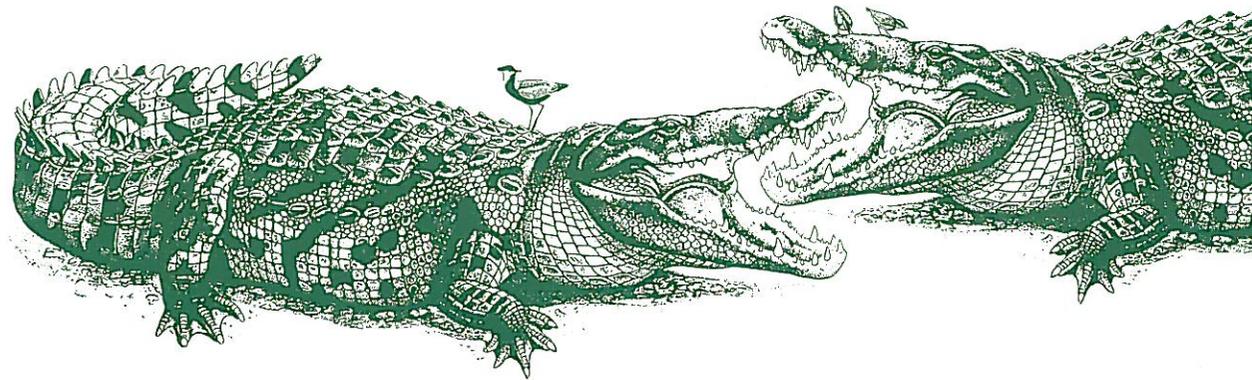


Kontinente, Kollisionen, Krokodile.



In der Südschweiz galt das Hauptinteresse der Insubrischen Linie: Wie setzt sich diese Grenze zwischen Zentralalpen und Südalpen in grosser Tiefe fort? Seismische Profile bis in 60 Kilometer Tiefe – etwa jenes aus dem Calancatal – zeigen ihren Verlauf. Wie unser Schnittbild erkennen lässt, fällt die Insubrische Linie unter die Zentralalpen ein - die «afrikanischen» Südalpen schieben sich also im Untergrund als Keil weit nach Norden vor. Die so entstandene Struktur gleicht jener zweier Krokodile, deren Kiefer sich ineinander verbeissen. Offenbar haben sich die Zentralalpen, nachdem der afrikanische Deckenkomplex über die europäische Kruste geschoben worden war, in einer zweiten Phase entgegen der allgemeinen Schubrichtung nach Süden bewegt.

Schnittbild durch die Ostalpen

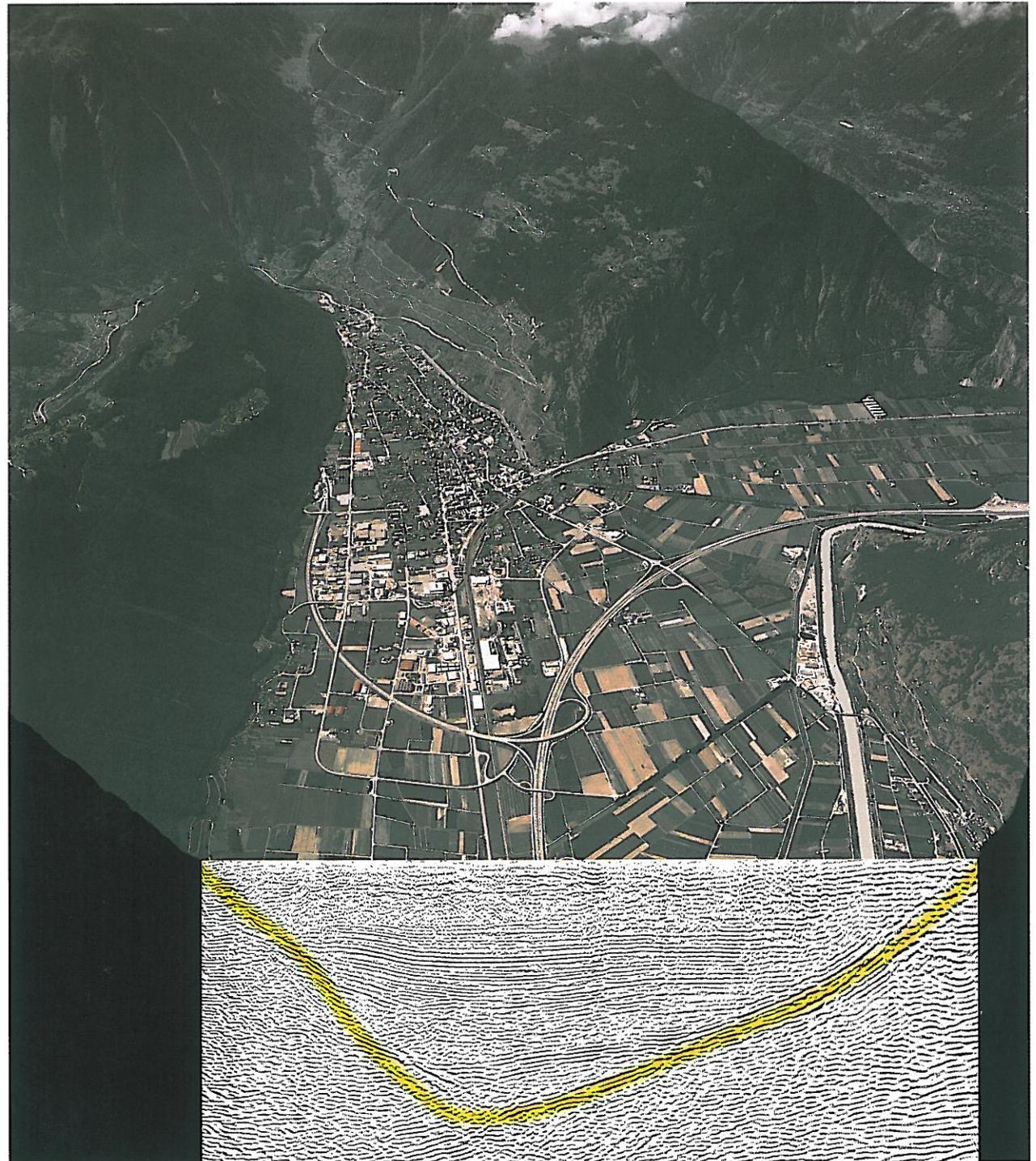


Ansicht und Einsicht

Neben neuen Erkenntnissen über Tiefenstruktur und Gebirgsbau der Schweiz lieferten die Forschungsarbeiten des NFP 20 auch interessante regionale Informationen. Dies zeigt ein Beispiel aus dem Rhonetal zwischen Sitten und Martigny. Im Mittelwallis war vor etlichen Jahrtausenden nach Ende der letzten Eiszeit ein tiefer, langgestreckter See. Dessen Ablagerungen wurden durch seismische Profile im Rahmen eines NFP-20-Projektes nachgewiesen. Überraschend ist vor allem, wie tief hier die Felsoberfläche liegt.

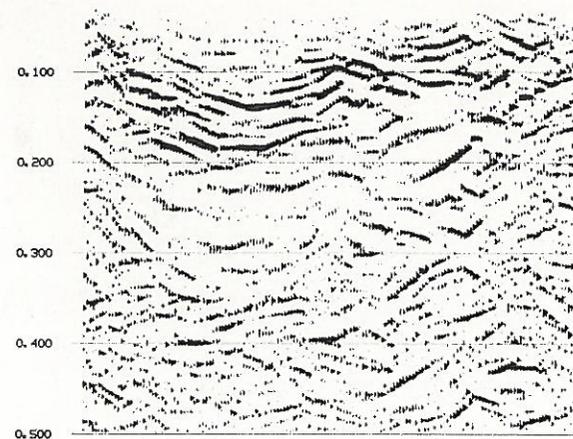
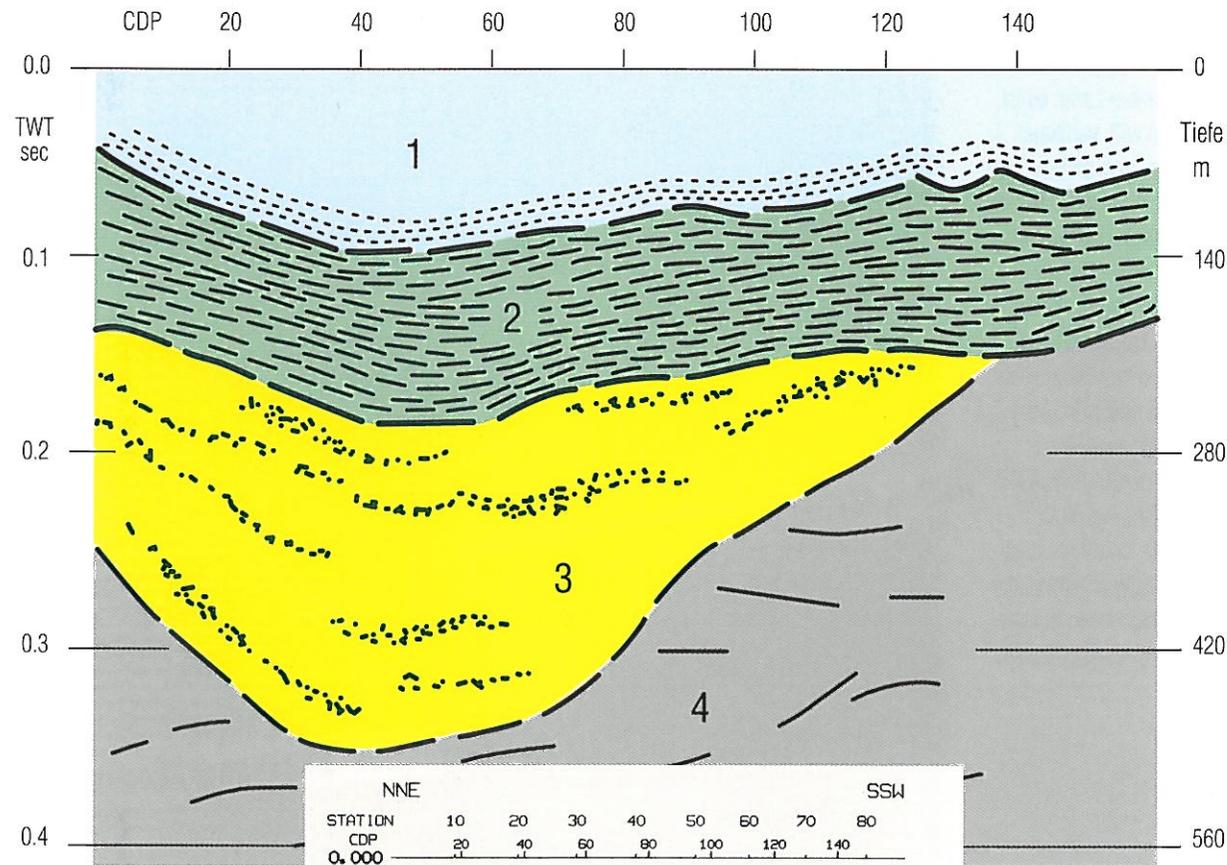
Bei Martigny befand sich der einstige Seegrund rund 1000 Meter unter der heutigen Talsohle - oder etwa 550 Meter unter Meer. So entdecken moderne Methoden der Geophysik Spuren von Seen, welche schon lange verschwunden sind, und weisen die spektakuläre Übertiefung unserer Alpentäler nach. Diese in erster Linie wissenschaftlichen Erkenntnisse haben aber durchaus auch wirtschaftlichen Wert – etwa für Erdwärmegewinnung oder Tunnelbau.

Rhonetal bei Martigny



Verborgene Täler

Seismische Profilaufnahmen bei Novazzano im Südtessin förderten unter den oberflächlichen Gletscherablagerungen und den darunterliegenden tonig-mergeligen Meeressedimenten ein vor 5 bis 6 Millionen Jahren entstandenes, verborgenes Tal zutage. Dieses und ähnliche Täler im Mendrisiotto entstanden zu einer Zeit, als das Mittelmeer fast austrocknete und wegen des niedrigen Meeresspiegels die Zuflüsse tiefe Täler in den Fels gruben. Später, beim neuerlichen Anstieg des Wasserspiegels wurde dieses Tal zuerst mit grobem Geröll gefüllt und zuletzt von feinen Meeresablagerungen in der damaligen Bucht von Balerna-Novazzano überdeckt. Heute ist in den groben Schottern vielleicht Grundwasser gespeichert.



Seismisches und geologisches Profil durch das verborgene Tal bei Novazzano:

- 1 Gletscherablagerungen
- 2 feine Meeresablagerungen
- 3 grobe Schotter
- 4 Felsuntergrund, in den das Tal eingeschnitten wurde.

Erkenntnisse...

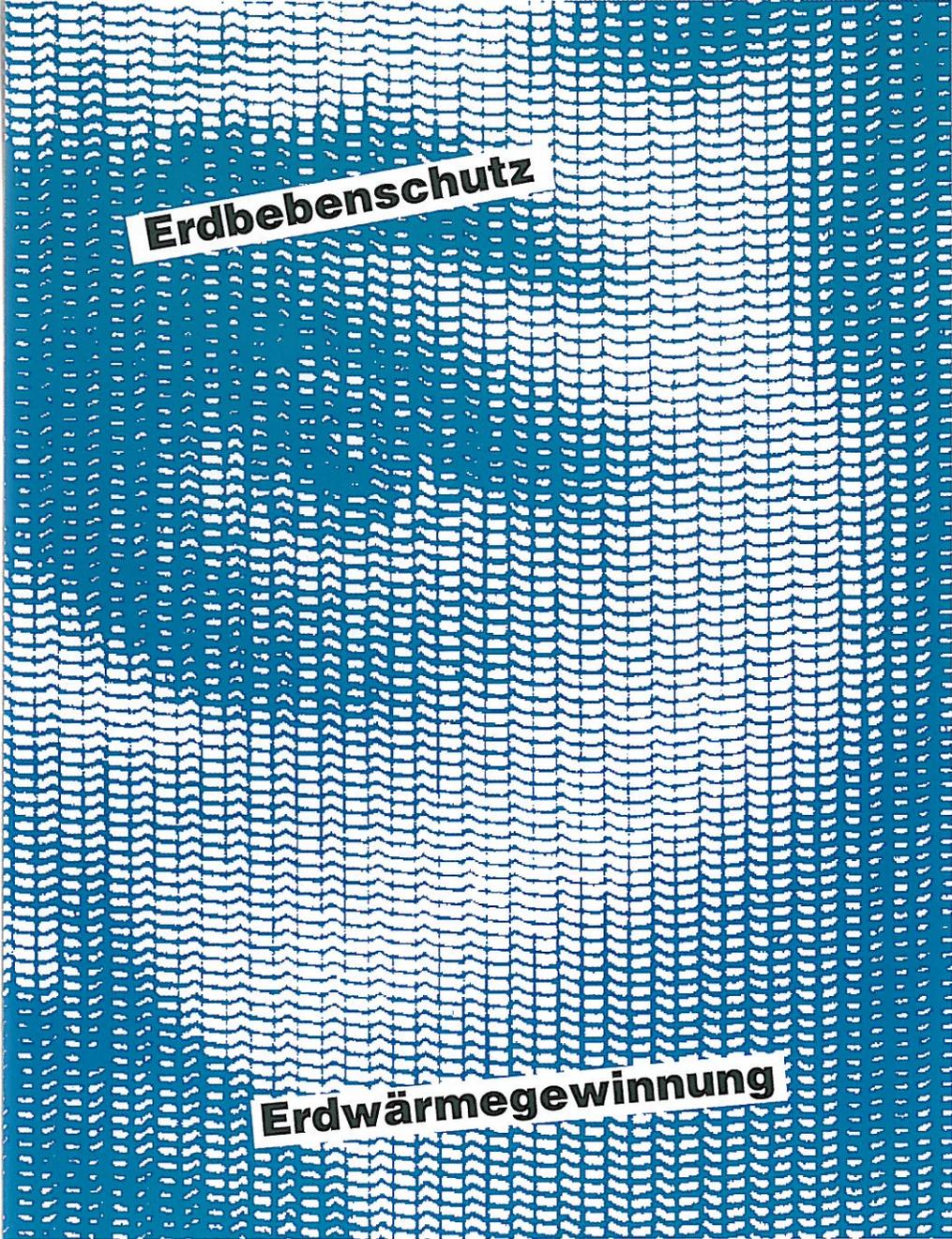
Die Oberfläche der Schweiz kennt kaum noch Geheimnisse: Längst ist jeder Quadratkilometer detailgetreu kartiert. Anders der Untergrund – wie das Fundament unseres Landes aufgebaut ist, blieb lange Zeit rätselhaft und bot bis vor kurzem Anlass zu wilden Spekulationen. Dank den Ergebnissen des Nationalen Forschungsprogrammes «Geologische Tiefenstruktur der Schweiz» sind nun wichtige Fragen beantwortet. Wir wissen, wo und wie tief die Alpen wurzeln. Wie bei Eisbergen ist bei den Fels- und Firn-Gipfeln nur der kleinste Teil zu sehen: Der Gipfelhöhe von 4 Kilometern steht eine kompliziert strukturierter Gesteinskruste von mehr als 60 Kilometern Mächtigkeit gegenüber. Daran knüpft ein weiteres Resultat an, nämlich die Erkenntnis, dass und auf welche Weise in den Schweizer Alpen Europa und Afrika miteinander verzahnt sind: wie die Kiefer zweier kämpfender Krokodile.

Solche Grundlagenforschung erweitert das erdgeschichtliche Wissen um unser Land; es ist, wenn man so will, vertikale Heimatkunde. Von diesen Fortschritten der Wissenschaft profitiert nicht allein die Schweiz, sondern via internationale Kontakte auch die Fachwelt im Ausland. Am Symposium des NFP 20 in Interlaken etwa weilten Fachleute aus vielen Ländern, unter anderen Spezialisten der Kontinentalen Tiefbohrung bei Bayreuth (Deutschland) sowie amerikanische Erdwissenschaftler, die das alpine Geschehen mit der Entwicklung ihrer Appalachen verglichen.



Landesvermessung

Tunnelbau



Erdbebenschutz

Erdwärmegewinnung

...Gewinne

Nicht nur die Grundlagenforschung profitiert: Durch das NFP 20 sind auch zahlreiche technisch verwertbare Informationen gewonnen worden:

Jede Nutzung der Erdwärme (Geothermie) braucht Grundlagen über die geologische Tiefenstruktur. Im Wallis ergab sich eine enge Zusammenarbeit zwischen dem NFP 20 und dem regionalen Geothermieprojekt, welches die künftige Anwendung dieser alternativen Energie zum Ziel hat.

Tunnelbau ist angewandte Geologie. Nur wer weiss, wie es im Innern der Berge aussieht, kann solche Grossprojekte in Angriff nehmen. Ein Teil der Osttraverse verlief über dem Trasse des damals geplanten Splügentunnels und lieferte aufschlussreiche Daten.

Als Gebirge mit bewegter Vergangenheit und Gegenwart sind die Alpen eine nicht zu unterschätzender Erdbebenzone. Messungen schwacher Beben und Lokalisierung ihrer Herde im Rahmen des NFP 20 helfen beim Abschätzen der entsprechenden Risiken.

Es gibt auch einen Zusammenhang des Nationalen Forschungsprogrammes mit der Rohstoffgewinnung: Zwischem den Forschern des NFP 20 und den Spezialisten der Erdölindustrie entwickelte sich eine fruchtbare Zusammenarbeit.

Die alpine Gebirgsbildung ist nicht abgeschlossen - unsere Alpen heben sich jedes Jahr um rund einen Millimeter. Ausserdem wird durch den anhaltenden Druck die Schweiz weiter zusammengespresst, die Entfernung zwischen Lugano und Schaffhausen also ständig kleiner. Das interessiert die Landesvermessung!

Wie weiter?

Das Nationale Forschungsprogramm NFP 20 «Geologische Tiefenstruktur der Schweiz» hat viele Fragen beantwortet, andere Probleme aber ungelöst gelassen. Hier eine Auswahl, welche die Forschung künftig beschäftigen wird:

Nahe der Erdoberfläche erscheint die Schweiz als rohstoffarmes Land. In grösserer Tiefe freilich könnten wertvolle Bodenschätze verborgen liegen. Wo? Welche (zum Beispiel Erdöl/Erdgas)?

Wann und wo ist das nächste grössere Erdbeben zu erwarten?

Wann und wie rasch kommt allenfalls eine neue Eiszeit?

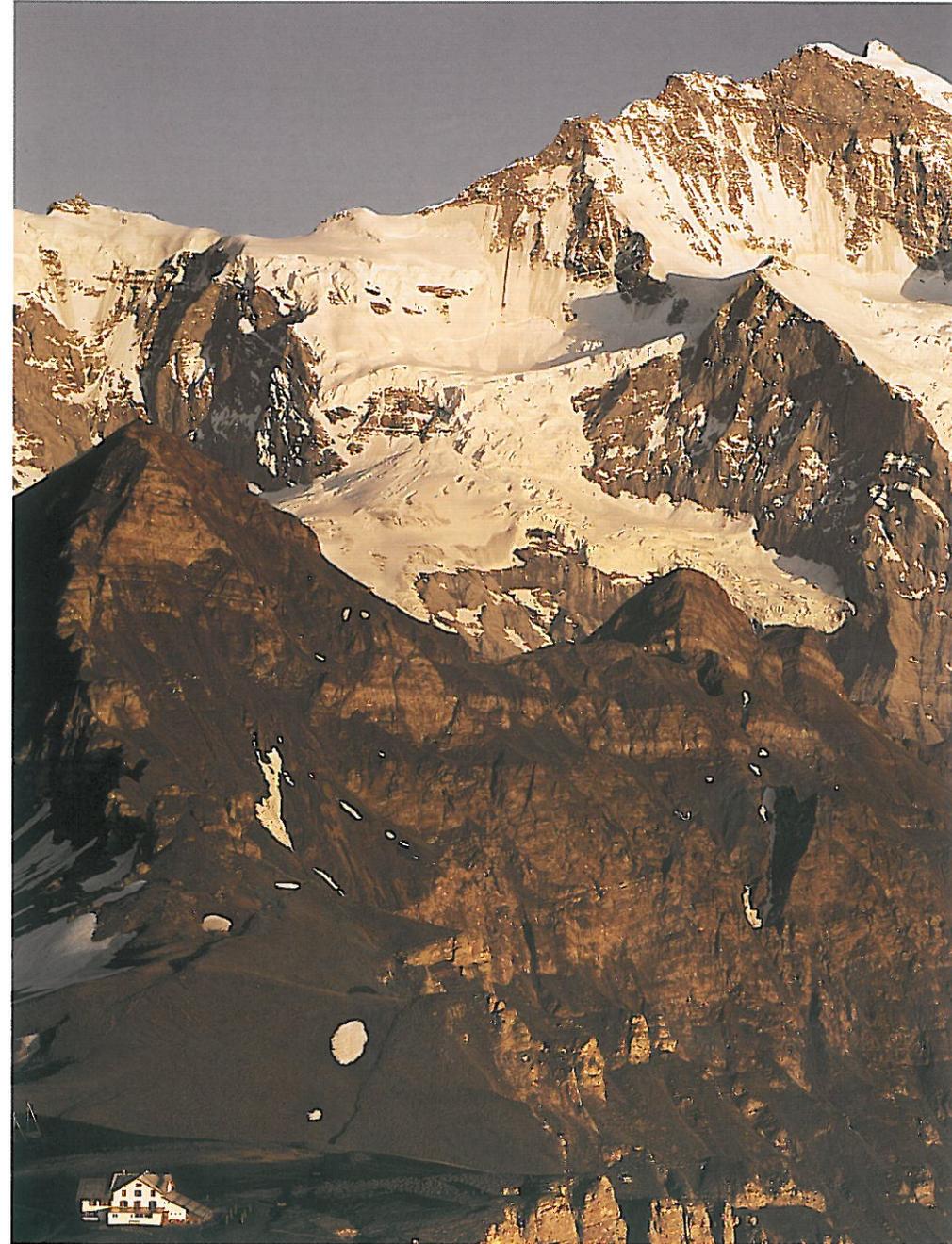
Wie lange noch wird das stolze Matterhorn, dieser Vorposten Afrikas, der Erosion standhalten und weltweit für die Natursehenswürdigkeiten unseres Landes werben?

Wie lange dauert die Alpenhebung an? Und die Bewegung der Platten, welche die Ausdehnung der Schweiz in zehn Jahrmillionen um runde 30 Kilometer schrumpfen lassen könnte?

Wie viele Millionen Jahre dürfte es dauern, bis erneut ein Ozean das Gebiet der Eidgenossenschaft überflutet und Schönes wie Hässliches zudeckt?

Wann schliesslich erhebt sich hier in Mitteleuropa das nächste Hochgebirge in der Nachfolge unserer Alpen?

Geben wir das Schlusswort einer Schriftstellerin. Was die Geologen in harter Arbeit herausgefunden haben, erkannte die schönggeistige Friederike Brun (1765-1835) ganz intuitiv und schon sehr früh: dass nämlich die anscheinend so ewigen Berge durchaus vergänglich sind und mit ihren Gesteinen an einem beständigen Kreislauf teilnehmen. Vor 200 Jahren besuchte die deutsche Literatin das Berner Oberland und notierte in ihr Tagebuch:





«Blendendes Antlitz der Jungfrau, du, die du den ersten Morgengruss der Sonne empfängst und von ihrem letzten Strahl erröthest, einst wirst du dahinsinken in Nacht und Vergessenheit. Jahrtausende sahn dich bewundernd in deinem hellen Gewande, Jahrtausende werden an dir vorübergehn! Aber deine Zeit kommt endlich, in welcher dein Urstoff sich in seine Theile auflöset und du in den grossen Schmelztiegel sinkest, aus dem dereinst uns undenkbar Schöpfungen hervortreten werden.»

Expertengruppe:
Prof. E. Niggli, Bern, Präsident
Prof. D. Bernoulli, Zürich
Prof. D. Betz, Hannover
Prof. Ch. Caron, Fribourg
Prof. M. Delaloye, Genève
Prof. A. Escher, Lausanne
Prof. P. Fricker, Strasbourg
Prof. H. Laubscher, Basel
Prof. W. Nabholz, Bern
Prof. A. Pfiffner, Bern
Prof. J.-P. Schaer, Neuchâtel
Prof. St. Schmid, Basel
Dr. Ch. Sprecher, Baden
Prof. R. Trümpy, Zürich
Dr. B. Wieland, Bern

Konsulenten:
Prof. St. Müller, Zürich
Dr. P. Eckardt, Zürich
Prof. Ch. Emmenegger, Bern
R. Schoop, Zürich

Programmleitung:
Dr. P. Lehner, Richterswil
Dr. P. Heitzmann, Bern
W. Frei, Hombrechtikon

An den Forschungsarbeiten
waren alle erdwissenschaftli-
chen Institute der schweizeri-
schen Hochschulen beteiligt.

Weiter haben mit finanzieller
Unterstützung zu den For-
schungsarbeiten beigetragen:
BEB Erdgas und Erdöl GmbH,
Hannover (D)

Bundesamt für Verkehr

CRSFA Centre de recherches
scientifiques fondamentales et
appliquées, Sion

Eidgenössisches Militär-
departement

Museo cantonale di storia
naturale, Lugano

Prakla-Seismos AG, Hannover

Shell Switzerland, Zürich

Swisspetrol Holding AG, Zug;
Geschäftsstelle: Zürich

TGK Tiefengas Konsortium
Swisspetrol/Sulzer, Zürich,
Winterthur, Kriens

Die Datenverarbeitung wurde
finanziell und während des Be-
triebes unterstützt durch:

Ecole polytechnique fédérale,
Lausanne

Eidgenössische Technische
Hochschule, Zürich

Université de Lausanne

Die wissenschaftlichen Ergeb-
nisse des NFP 20 sind in einem
Atlas publiziert (im Buchhandel
ab Ende 1994).

Zum Weiterlesen zwei allge-
meinverständliche Bücher:

- Heitzmann, Peter; Auf der
Maur, Franz: Gesteine bestim-
men und verstehen - Ein Führer
durch die Schweiz. Birkhäuser
Basel 1989.

- Labhart, Toni P.: Geologie der
Schweiz. Ott Thun 1992.

Produktionsleitung:
M. Iten, NFP-Pressestelle,
Schweiz. Nationalfonds

Text: F. Auf der Maur,
P. Heitzmann

Grafik: B. Schenk, Bern

Bildernachweis:
Umschlag: W. Burkhardt,
Buochs

Seite 6: P. Wild, Astronomi-
sches Institut der Uni Bern

Seite 8: W. Tufar, Philipps-
Universität, Marburg

Seite 9: Keystone

Seite 10: M. Felber, Museo
storia naturale, Lugano

Seite 12: H. R. Pfeiffer,
Uni Lausanne

Seite 13: Grafische Sammlung,
ETH Zürich

Seiten 15 bis 17:

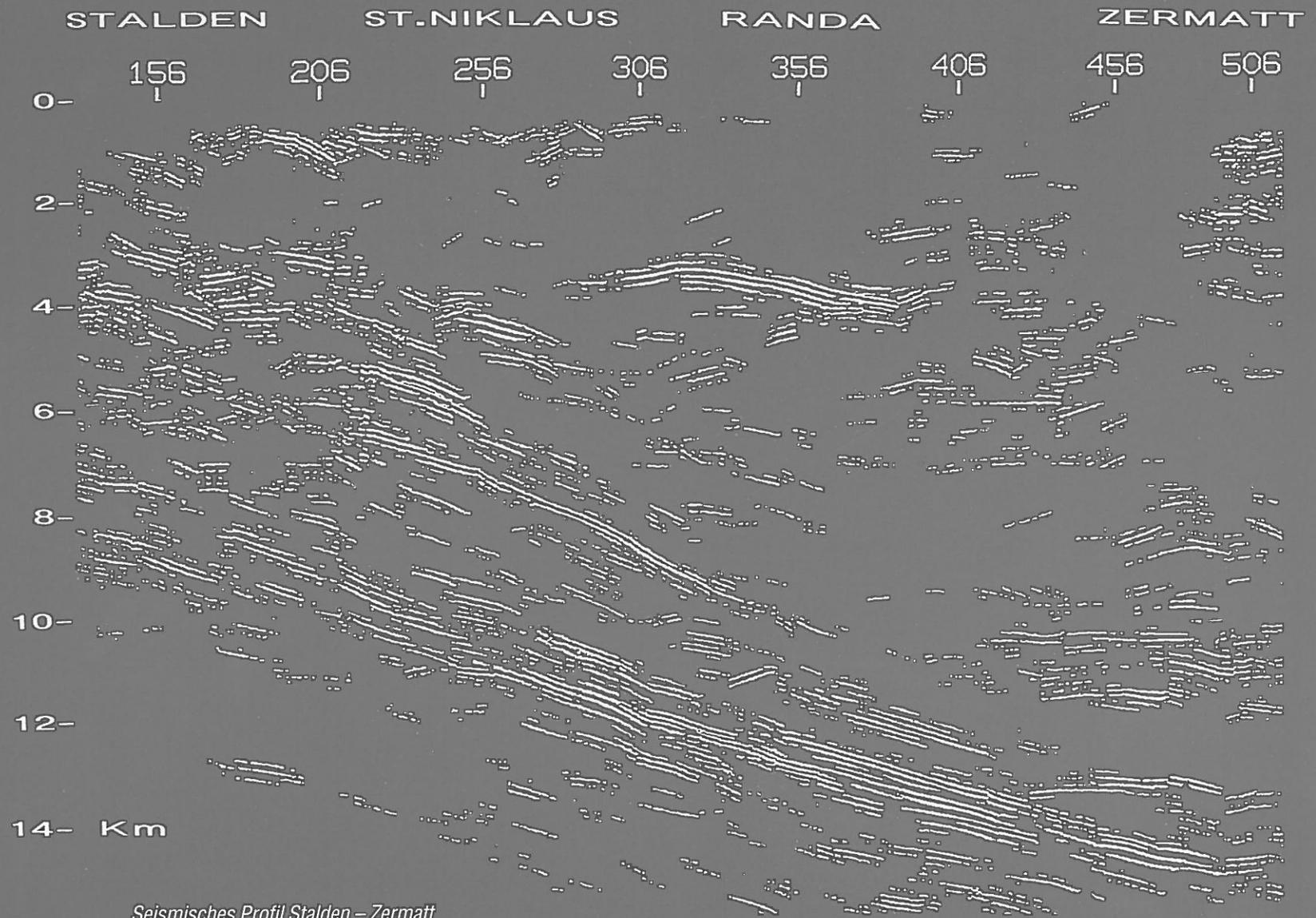
W. Burkhardt, Buochs

Seite 18: Burgerbibliothek,
Bern

Seite 24: Photoswissair, Zürich

Seite 28/29: W. Burkhardt,
Buochs

... und Autoren



Seismisches Profil Stalden – Zermatt



Das Nationale Forschungsprogramm «Geologische Tiefenstruktur der Schweiz» (NFP 20) wurde vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung im Auftrag des Bundesrates durchgeführt.