

# VOM URKNALL ZUM GAILTAL SOO MILLIONEN JAHRE ERDGESCHICHTE IN DER KARNISCHEN REGION

Der Bevölkerung im Gail-, Gitsch- und Lesachtal gewidmet

# VOM URKNALL ZUM GAILTAL SOO MILLIONEN JAHRE ERDGESCHICHTE IN DER KARNISCHEN REGION

VON
HANS PETER SCHÖNLAUB

**HERMAGOR 1991** 

Dritte, verbesserte Auflage.

### Impressum

- © Geologische Bundesanstalt, Postfach 154, A-1031 Wien.
  - 1. Auflage: Hermagor 1988.
  - 2. Auflage: Hermagor 1989.
  - 3. Auflage: Hermagor 1991.

169 Seiten, 103 Abbildungen, 29 farbige Fototafeln, 4 geologische Karten.

Herausgeber und Verleger: Verwaltungsgemeinschaft der Gemeinden des politischen Bezirkes Hermagor (Kärnten, Österreich).

Satz und Layout: Dr. Albert Daurer, Geologische Bundesanstalt, A-1031 Wien.

Umschlagentwurf: Schönlaub Marketing & Promotion, D-4000 Düsseldorf.

Zeichnungen: Leo Leitner, A-3500 Krems.

Fotoreproduktion: Reprozentrum Schlick KG, A-8020 Graz.

Druck: Dareb Druck Ges.m.b.H., A-9300 St. Veit an der Glan.

Erstellt von der Verwaltungsgemeinschaft der Gemeinden des politischen Bezirkes Hermagor gemeinsam mit der Geologischen Bundesanstalt im Rahmen der Teilrechtsfähigkeit.

ISBN 3-900312-78-8.

### Inhalt

Vorwort	9	Panorama Valentintörl Ost	118
Einleitung	10	Panorama Valentintörl West	119
Naturpfad Plöckenpaß (Haltepunkte 1-11)		Panorama Rattendorfer Alm	132
1) Die Stunde Null die Geburt des Universums		Geopunkte	133
2) Die ersten Sekunden	17	Geopunkt Rattendorfer Schneid, Grenzstein n-127	134
3) Die Urerde	19	Geopunkt Straße Straniger Alm - Waidegger Alm,	
4) Der Ursprung des Lebens	21	Höhe 1700 m	
5) Die ersten Organismen	23	Panorama Straniger Alm Ost	138
6) Fossilien und Zeit	25	Panorama Waidegger Alm West	
7) Die heutige Erde	27	Geopunkt Sattel östlich der Waidegger Alm, Höhe 1815 m	140
8) Die rätselhaften Uralpen	29	Geopunkt Gundersheimer Almstraße (Haltepunkte 1 und 2)	141
9) Gesteine erzählen –		Panorama Werbutzalm	
die Zeit zwischen 460 und 320 Millionen Jahren	30	Panorama Napalnalm Südost	150
10) Gesteine erzählen -		Panorama Napalnalm Südwest	151
die Zeit zwischen 310 Millionen Jahren und heute		Panorama Lockstanalm Ost	152
11) Gaia, die allmächtige Beherrscherin der Erde		Panorama Lockstanalm West	153
Panorama Plöckenpaß	39	Panorama Mauthener Alm	
Naturpfad Garnitzenklamm (Haltepunkte 1-11)	41	Panorama Hochweißsteinhaus	158
Naturpfad Naßfeld (Haltepunkte 1-10)	57	Panorama Treßdorfer Alm	
Panorama Kammleiten		Fossilienschatz - Fossilienschutz	161
Panorama Naßfeld	71	Dank	
Naturpfad Zollnersee (Haltepunkte 1-13)	83	Weiterführende Literatur	167
Naturpfad Wolayersee (Haltepunkte 1-12)	103	Fotonachweis	
Panorama Wolayersee	105	Georallye	169



### Vorwort

Die Karnische Region im Süden Österreichs ist für Geologen in aller Welt seit jeher ein Begriff. Gemeinsam mit Wissenschaftlern aus Österreich erforschen sie hier die Geschichte der Erde in einem rund 500 Millionen Jahre langen Zeitabschnitt, sammeln Gesteine und Fossilien, zeichnen geologische Karten und ziehen Vergleiche mit ihren Heimatländern. Diese Art von "Vergangenheitsbewältigung" ist heute weltweit in vielen Einzelheiten erfolgreich, nicht zuletzt auf Grund vieler wichtiger geologischer Beobachtungen in der Karnischen Region. Hunderte von Veröffentlichungen, vornehmlich in deutscher und italienischer Sprache, zeugen von den wissenschaftlichen Leistungen, die hier mit Fleiß und Ausdauer durch fast zwei Jahrhunderte von Generationen von Geologen erbracht wurden und noch immer werden, weil gerade in unseren Tagen wissenschaftliche Erkenntnis als Grundlage von Problemlösungen unabdingbar geworden ist. Die Geologische Bundesanstalt, verantwort-

lich für die geologische Erforschung Österreichs, trug dazu stets in entscheidendem Maße bei und setzte hier einen Schwerpunkt ihrer vom Gesetzgeber zugeordneten Aufgaben.

Den naturverbundenen Besucher, der zum ersten Mal in die Karnische Region kommt und ihre geologischen Schätze nicht kennt, beeindruckt vor allem die abwechslungsreiche Landschaft. Kaum anderswo findet er einen ähnlich reichen Formenschatz, hervorgerufen durch das wiederholte Neben- und Übereinander von harten Kalk- und weicheren Schiefergesteinen. Auf diesem wechselnden Untergrund ist eine besonders reiche und vielfältige Flora beheimatet, die hier, an der Südabdachung der Alpen in Blicknähe zum Mittelmeer besonders üppig gedeiht und der Karnischen Region einen zusätzlichen Reiz verleiht.

Landschaft, Umwelt und Geologie bilden in der Karnischen Region eine Einheit und zugleich faszinierende Geschichte, die es wert schien, allgemein verständlich nacherzählt zu werden. Ziel des vorliegenden Buches ist es daher, das umfangreiche Fachwissen über dieses Gebiet aus der Anonymität und Exklusivität der wissenschaftlichen Forschung herauszuführen und einer breiteren interessierten Öffentlichkeit bekannt und zugänglich zu machen. Vermittlung und Weitergabe von Spezialwissen an Dritte ist ein gesellschaftliches Anliegen und eine Herausforderung, der sich die Geologische Bundesanstalt im Rahmen ihrer Aufgaben und Tätigkeiten verpflichtet fühlt.

In diesem Sinne möge dem nun realisierten Vorhaben "Geo-Trail Karnische Alpen" ein gro-Ber Erfolg beschieden sein!

Wien, im Dezember 1987

T. E. GATTINGER
Direktor der Geologischen Bundesanstalt

### Einleitung

Als der berühmte Naturforscher LEOPOLD von BUCH zu Beginn des 19. Jahrhunderts in das Gail- und Lesachtal reiste, stellte er fest, daß "hier ein noch ganz unbekanntes Land zu entdecken und zu beschreiben seyn mag" (Briefe über die Karnischen Alpen an den Geheimrath v. LEONHARD, S. 160, Hanau 1824).

Mittlerweile ist die Karnische Region über die Grenzen Österreichs, ja Europas, hinaus bei Geologen bekannt und berühmt geworden. Es sprach sich herum, daß hier - wie sonst kaum irgendwo auf der Erde - die Natur gleichsam ein Bilderbuch der Erdgeschichte wiederspiegelt, dessen erste Seite vor rund 500 Millionen Jahren aufgeschlagen wurde und das in der Gegenwart noch immer geschrieben wird. Zeugnisse dieser langen Zeit sind in der Karnischen Region in Hülle und Fülle vorhanden: Es sind die zu Stein und Fels gewordenen ehemaligen Absätze am Boden eines urzeitlichen Meeres, erfüllt mit den Resten jener Lebewesen, die in der Vergangenheit die Ozeane (und zeitweise auch die Landgebiete) bevölkerten. Geologen und Fossiliensammler sind ihnen heute auf der Spur.

Es ist klar, daß die Erdgeschichte eines so langen Zeitraumes einem steten Wandel unterworfen war:

- Das Klima wechselte von anfangs kalt zu tropisch-äquatorialen Temperaturen vor rund 250 Millionen Jahren, um schließlich die heutigen Werte zu erreichen.
- Das Meer dehnte sich wiederholt auf das Festland hin aus, anschließend zog es sich wieder zurück.
- Der Meeresboden glich zeitweise einem Fahrstuhl, der sich hob und senkte.
- Das Wasser in den Ozeanen war mehrmals vergiftet, dann wieder sonnendurchflutet, warm und erfüllt von allen Arten urzeitlicher Lebewesen bis hin zu Organismengemeinschaften, wie sie für Riffe typisch sind.
- Einmal war die Karnische Region in Küstennähe, zeitweise gebirgiges Festland, ein anderes Mal Schelfgebiet, dann wieder offenes Meer.

Alles das und noch viel mehr läßt sich aus Steinen und den darin enthaltenen Versteinerungen herauslesen. Das macht den Reiz der Geologie aus, und das sind die Gründe dafür, daß die Karnische Region zu einem "Hit" in diesem Fach wurde und heute zu den "top ten" jener Gebiete auf der Erde zählt, die in besonders klarer Form ein lückenloses Bild der Erdgeschichte über einen längeren Zeitraum nachzeichnen.

"Jeder von uns ..... in der Wissenschaft weiß, daß das, was er gearbeitet hat, in zehn, zwanzig, fünfzig Jahren veraltet ist. Das ist das Schicksal, ja: das ist der Sinn der Arbeit in der Wissenschaft."

MAX WEBER 1919 in seinem berühmten Aufsatz "Wissenschaft als Beruf".

Diese Auszeichnung für ein Gebiet war lange Zeit allerdings nur einem kleinen Kreis von Fachleuten bekannt. Der Gedanke lag daher nahe, die von vielen Spezialisten aus dem In- und Ausland gewonnenen wissenschaftlichen Ergebnisse an eine breitere interessierte Öffentlichkeit weiterzugeben. Dazu kam, daß mit dem Erscheinen dieses Werkes auch eine vollständige geologische Neuaufnahme abgeschlossen werden konnte und damit erstmals für die Karnische Region moderne geologische Karten vorliegen (Österreichische Kartenblätter 196 Obertilliach, 197 Kötschach, 198 Weißbriach, 199 Hermagor).

Aus diesen Gründen wurde das Vorhaben "Geo-Trail" gestartet, in dem die wichtigsten und auch für den Laien interessantesten Ergebnisse der modernen geowissenschaftlichen Forschung der Öffentlichkeit wie in einem riesigen Freilichtmuseum, d.i. immerhin in einem rund 500 km² großen Gebiet in der gesamten Karnischen Region, in verständlicher Form präsentiert werden. Dazu gehören:

5 Naturpfade in besonders interessanten und leicht zugänglichen Gebieten, ausgestattet mit 59 Gesteinsbeschreibungstafeln.



om Urknall zum GAILTAL

00 Millionen Jahre Erdgeschichte

LESACHTAI

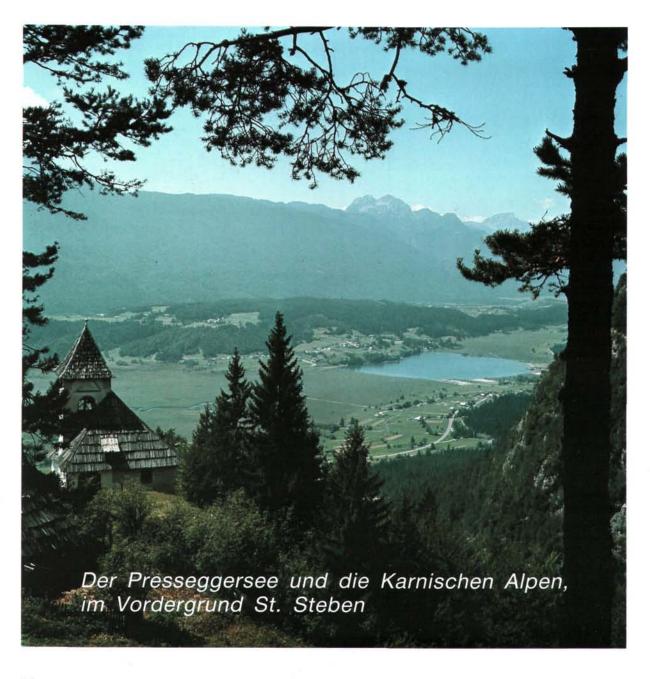
A-9622 Weißbriach, Fremdenverkehrsamt, Tel. 04286/219

A-9632 Kirchbach, Fremdenverkehrsamt, Tel. 04284/228

A-9635 Dellach im Gailtal, Fremdenverkehrsamt, Tel. 04718/301

A-9640 Kötschach-Mauthen, Fremdenverkehrverein, Tel. 04715/8515

A-9653 Liesing, Fremdenverkehrsamt Lesachtal, Tel. 04716/243

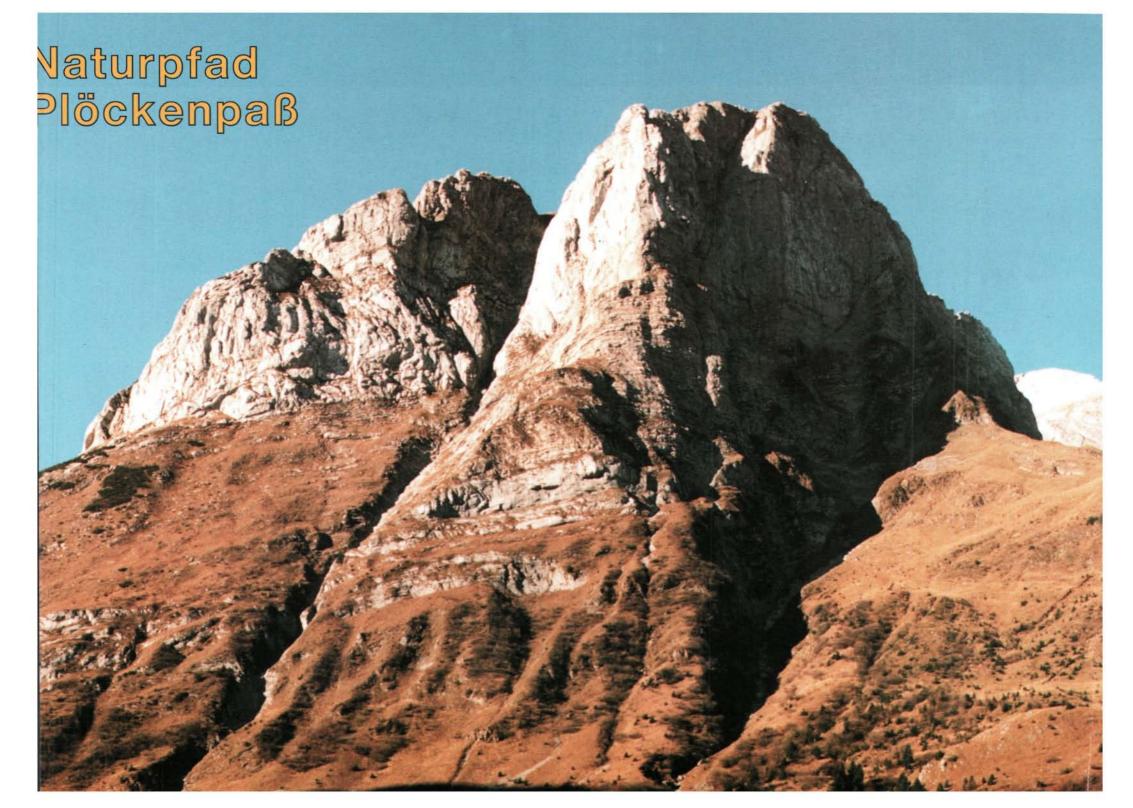


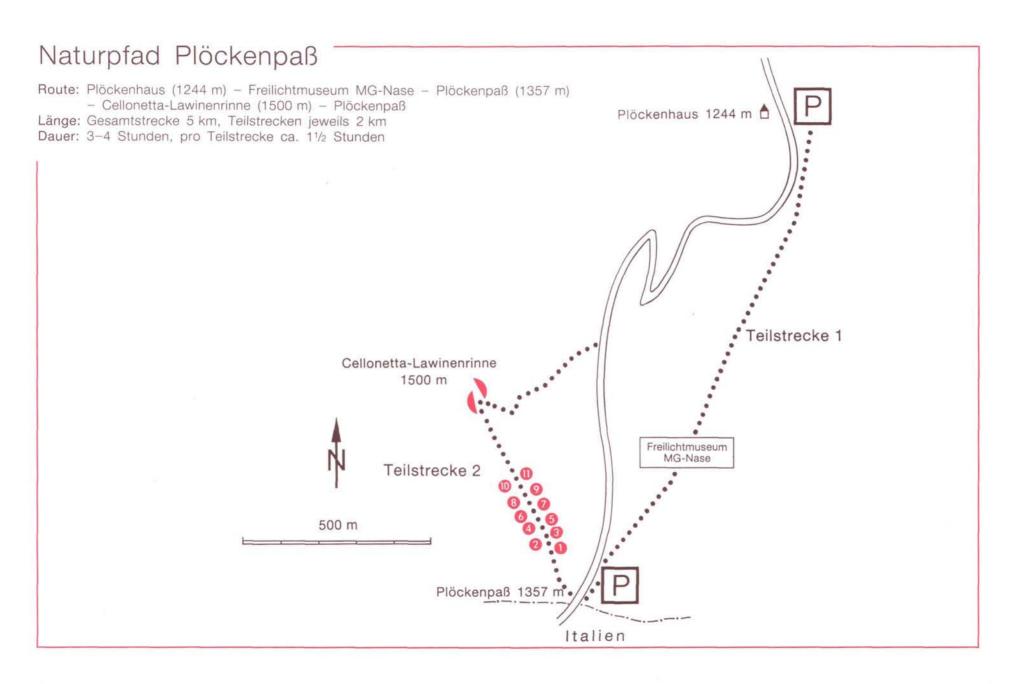
- 20 großflächige Panoramatafeln an besonders geeigneten Aussichtspunkten bzw. integriert in die Naturpfade.
- 6 Tafeln an 5 "Geopunkten", das sind Schlüsselstellen zum Verständnis des geologischen Baues, der Gesteinswelt oder bestimmter Fossilien.
- 5 im Aufbau befindliche kleine Ausstellungen in Hütten des Österreichischen Alpenvereins bzw. an anderen Plätzen, die die lokalen geologischen Verhältnisse wiedergeben und die bereits bestehenden geologischen Ausstellungen im Heimatmuseum in Möderndorf bzw. im Rathaus von Kötschach-Mauthen ergänzen.

Das vorliegende Buch faßt alle genannten Aktivitäten zusammen und ist vom Inhalt her identisch mit den Tafeln. Es wird allerdings erweitert durch die eine oder andere Tabelle, zahlreiche Landschafts- und Fossilienbilder, ein Kapitel über das Sammeln und den Schutz von Fossilien, vier geologische Detailkarten zu den Naturpfaden sowie durch einen Quiz, der Sie zum Besuch anregen soll.

Unser Ziel ist erreicht, wenn es uns gelungen ist, mit Hilfe des Programms "Geo-Trail" Interesse an der für Viele rätselhaften und sogar "toten" Natur zu wecken und Anregungen zum Wandern und Sehen zu geben. Dies in der Überzeugung, daß die Wanderung durch die zeitlich geraffte Erdgeschichte und das Leben in der Vergangenheit ein faszinierender Weg ist, den der Mensch der Jahrtausendwende auf der Suche nach seinen Wurzeln des öfteren beschreiten sollte.

Das gesamte Projekt kostete rund 1,25 Millionen Schilling. Helfen Sie mit, die Anlagen zu erhalten, damit sie auch nachfolgende Besucher im gleichen Zustand antreffen!





# Die Stunde Null ... die Geburt des Universums (1)

Die Sterne und das Weltall bestehen nicht seit ewigen Zeiten. Es muß einmal einen Anfang gegeben haben, die Geburt des Universums. Nach der gängigen Vorstellung, die erstmals 1922 der russische Mathematiker Alexander Friedmann äußerte (und nicht, wie zuweilen angenommen wird, der belgische Abbé George Lemaitre 1927), begann alles mit einer gigantischen Explosion, dem "Urknall" oder "Big Bang", vor etwa 15-20 Milliarden Jahren. Seither dehnt sich das All mit galaktischer Fluchtgeschwindigkeit aus, die nach dem amerikanischen Astronomen E. Hubble um so größer ist, je weiter eine Galaxie von der Erde entfernt ist. Bis in die fernsten Randbezirke ist das All erforscht und vermessen, rund 20 Milliarden Lichtjahre beträgt, nach jüngsten Berechnungen, seine Ausdehnung. Wie lang die Expansion dauern wird und ob es sich jemals wieder zusammenziehen wird, um in einem neuen Urknall zu explodieren, weiß niemand.

Die ältesten Körper unserer Milchstraße sind rund 11 Milliarden Jahre alt. Es sind Kugelhaufen von über 100.000 Sonnen in einem Feuerrad aus insgesamt etwa 200 Milliarden Sonnen. Wenn wir, als Größenvergleich, den nordamerikanischen Kontinent als Milchstraße nehmen würden, hätte daran gemessen das Volumen des gesamten Sonnensystems die Größe eines

Apfels und die Umlaufbahn der Erde wäre nicht größer als ein Stecknadelkopf. Doch es gibt im ganzen Universum unendlich viele Milliarden Milchstraßen, die noch dazu mit unvorstellbarer Geschwindigkeit auseinanderrasen. Wird diese Bewegung zurückgerechnet, so haben alle einen gemeinsamen Ursprung im "Urknall" vor etwa 15–20 Millarden Jahren.

Bevor es zum kosmischen Blitz kam, war das Weltall ein heißer, extrem verdichteter Klumpen von Materie, einer winzigen Feuerkugel gleich, deren Einzelteile durch die Explosion in alle Richtungen auseinanderstoben und erst allmählich zu immer dichteren Gaswolken und schließlich zu Sonnen, Planeten, Monden und Galaxien komprimierten.

Der Blick in die Tiefe des Alls ist zugleich ein Blick in die ferne Vergangenheit. Ein 10 Lichtjahre entfernter Stern sieht im Teleskop so aus, wie er vor 10 Jahren war; eine im Februar 1987 in der Magellan'schen Wolke entdeckte Supernova (= explodierender Superstern) kündete vom Tod eines Sterngiganten vor etwa 155.000 Jahren; eine ferne Galaxie hat das Greisenalter von Milliarden Jahren – ebenso viele Jahre ist das Licht durch das All geeilt, um die Nachricht von der Geburt, der Existenz oder dem Sternentod zu uns zur Erde zu tragen.

Bislang war das räumliche Bild vom Aufbau des kosmischen Riesenreiches höchst lückenhaft. So vermutete etwa der berühmte Albert Einstein schon 1917, daß der Kosmos eine homogene Struktur sei, in der Galaxien, Sterne und andere kosmische Gebilde gleichförmig ("homogen") im unendlichen Raum verteilt seien. Tatsächlich existierte aber lange Zeit nur vom Umfeld der Erde und von einigen ausgewählten galaktischen Sternenkolonien ein realistisches dreidlmensionales Raumbild. Erst ab dem Jahr 1986 begann sich allmählich der galaktische Nebel zu lichten und alle früheren Vorstellungen über den Aufbau des Kosmos mußten revidiert werden: Nach dem neuen Modell, das vorerst auf der Vermessung von 15.000 Galaxien basiert, ist die kosmische Materie nicht homogen, sondern höchst ungleichmäßig im Raum verteilt: Galaxien können zu Haufen und Superhaufen zusammengeballt sein und so "cluster" bilden, zu riesigen Ketten verknüpft oder zu anderen komplexen Riesenstrukturen vereinigt sein, wie etwa die erst 1990 entdeckte "Große Mauer" beweist. Sie ist einige hundert Millionen Lichtjahre lang aber "nur" wenige 10er Millionen Lichtiahre dick. Dennoch, diese Haufen sind kleine Gebilde, nehmen sie doch weniger als 1 % des Kosmos ein, in dem die Verteilung der Galaxien im großen Maßstab als gleichförmig angesehen wird.

Einem Magneten ähnlich, wirken die gigantischen Materieansammlungen durch ihre Schwerkraft auf benachbarte und weiter entfernte Galazien ein. Auch unsere Milchstraße wird von einem dieser Haufen, "Great Attractor" genannt, angezogen und führt dadurch eine Eigenbewegung von etwa 600 km pro Sekunde aus, die relativ zur Expansion des gesamten Universums erfolat.

Nach Ansicht der meisten Kosmologen besteht die Hauptmasse der Materie des Universums nicht aus den bekannten Atombausteinen, sondern ist unsichtbar, dunkel und "exotisch". Ihre Masse ist 10–100 mal größer als die der sichtbaren Materie. Sie soll die kinetische Energie des expandierenden Universums gleichsam ausbalancieren, damit der Kosmos nicht in einem Chaos mündet: Ihre Schwerkraft hält alle Himmelsobjekte stabil zusammen.

Die fernsten noch "sichtbaren" Himmelsobjekte, die Quasare, sehen wir in ihrem Frühstadium. Noch weiter draußen im All würden wir die

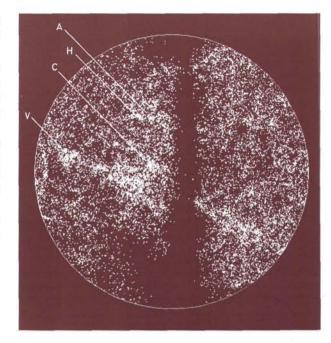
Schöpfung des Universums miterleben – einen heißen feurigen Gasnebel sehen, aus dem die feste Materie entstanden ist. Sie rast wie eine Feuerwand mit Lichtgeschwindigkeit von uns weg und sendet dabei langwelliges Licht aus, das uns als unsichtbare Radiostrahlung erreicht. Wir empfangen sie aus allen Richtungen als schwache "2,7 K-Hintergrundstrahlung".

Bisher wurde diese Strahlung als "Echo vom Urknall" gedeutet. Nach jüngsten Forschungsergebnissen ist sie ungewöhnlich gleichmäßig, was mit der tatsächlichen Struktur des Kosmos in Widerspruch zu stehen scheint. Dies war denn auch neuerdings der Hauptgrund, das Standardmodell des Urknalls "ins Gerede" zu bringen. In der Tat beinhaltet die Theorie vom Urknall wesentliche Mängel: So kann sie beispielsweise nur schwer das derzeitige Verteilungsmuster der Gestirne am kosmischen Globus erklären, es sei denn, daß die gravitative Instabilität von ursprünglichen Dichteunterschieden am Beginn der "inflationären Phase" herrührt (siehe Kap. 2). Doch generell fehlen Signale von den Protogalaxien aus der Frühzeit des Kosmos. Rätselhaft ist auch, weshalb im gesamten Kosmos anscheinend überall die gleichen physikalischen Bedingungen, wie z.B. Temperaturen, herrschen. Schließlich soll das

Universum insgesamt zu "jung" sein, um solche kosmische Supergebilde, wie oben erwähnt, zustandezubringen.

Mag es uns da trösten, daß sich auch Kosmologen die quälende Frage stellen, ob nicht alles doch ganz anders gewesen sei! Denn – kann das Universum aus dem Nichts entstanden sein?

Wenn wir uns die Zeit seit der Schöpfung des Universums vor rund 15 Milliarden Jahren in einem kosmischen Kalender in ein einziges Jahr gedrängt vorstellen, so fällt der Urknall auf den 1. Jänner, die Entstehung der Erde auf den 14. September und der Beginn des Lebens auf den 25. September. Der Mensch erscheint zu Silvester gegen ½11 Uhr abends ...



Computerbild der Verteilung von Galaxien auf einer Seite des Himmelsglobus

Das dunkle senkrechte Band kommt durch Absorption des Lichtes infolge von Staub in der Milchstraße zustande.

V = Virgo, C = Centaurus, H = Hydra, A = Antila-Haufen.

Beachte stärkste Konzentration von Licht unter Centaurus.

Aus: Nature, Nr. 350, 1991.

### Die ersten Sekunden ... (2)

Kosmologie ist die Wissenschaft von der Entstehung des Universums. Sie fragt nach dem Ursprung des Seins, nach der Schöpfungsgeschichte, in der alles entstanden ist: Materie, Licht, Raum, Zeit.

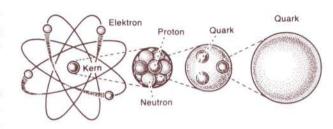
Als Standardmodell der Kosmologen galt bis in die Mitte der 80er Jahre die Theorie vom Urknall, mit dem vor rund 20 Milliarden Jahren alles begann. Heute stellt sich die Wissenschaft ein etwas modifiziertes Szenario von der Geburt und Geschichte des Universums vor. Nach dem amerikanischen Physiker A. Guth ist der Urknall darin nicht mehr der absolute Nullpunkt des kosmischen Kalenders.

Atome bestehen aus schweren Kernen und leichten Eiektronen, die den Kern wie kleine Planeten umkreisen. Der Atomkern ist selbst wieder aus kleineren Neutronen und Protonen aufgebaut. Diese sind aus noch kleineren Teilchen, den Quarks, zusammengesetzt. Alle zusammen haben eine Masse, sie sind also Materie.

Daneben gibt es aber auch masselose Teilchen. Sie werden als Photonen oder, besser verständlich, als Strahlungsteilchen oder Quanten bezeichnet. Beispiele sind das Licht, die UV-Strahlung, die Röntgenstrahlung oder die Gamma-Strahlung. Je kurzwelliger die Strahlung ist, um so energiereicher ist sie.

Wie in einem Spiegelbild gibt es zu jedem Masseteilchen ein Antiteilchen. So hat zum Beispiel das negative Elektron ein positives Antielektron. Die Antiteilchen bilden die Antimaterie, die sich mit der Materie nicht verträgt. Wenn die beiden Feinde aufeinandertreffen, zerstören siesich gegenseitig und lösen sich in Strahlung auf. Umgekehrt kann aber auch aus Strahlungsteilchen, den Quanten, Materie entstehen. Lichtquanten werden dann zu Elektronen- und Antielektronen-Paaren.

Die erste sinnvolle, wenn auch für den Normalmenschen völlig unverständliche Zeitmarke der Astrophysiker ist 10-43 Sekunden "nach dem Beginn der Zeit": Eine zehntel trilliardstel trilliardstel Sekunde, die "Planck-Zeit", ist vergangen. Zu dieser Zeit hatte das



Der Aufbau von Atomen

gesamte Universum nicht einmal die Größe eines Elementarteilchens, alle Materie war bei Temperaturen von 10<sup>32</sup> Grad (eine Zahl mit 32 Nullen) in unendlich dichte, heiße Strahlung und Energie umgewandelt. Materie konnte unter solchen extremen Bedingungen nicht existieren.

Diesen Zustand beschreiben Physiker als "Singularität". In ihm waren alle physikalischen Größen wie z.B. die Schwerkraft und die Bindungskräfte der Atomteilchen in einer einzigen Superkraft vereinigt.

- 2 Die Geburt verlief rasend schnell: Bis zum nächsten Augenblick – es war 10-35 Sekunden nach dem Nullpunkt – wurde der Embryo von einer Abstoßungskraft (Antigravitation) betroffen, die ihn auf die Größe eines Fußballs aufblähte. Die große Energie wurde dadurch etwas "verdünnt", seine Temperatur fiel auf unter 10.000 Billionen Billionen Grad.
- Mit dem Ende der Phase des schnellen Aufblähens, auch als "Inflation" bezeichnet, wandelte sich die Energie in der "unterkühl-

ten" Blase in Hitze, Materie und Strahlung um. Es setzte der eigentliche Urknall ein, in dem der fußballgroße Kosmos explosionsartig zerrissen wurde. Ab jetzt konnten Elementarteilchen und die 4 Naturkräfte ihr Eigenleben entwickeln.

- Das Universum war nun eine Art "Ursuppe", das ist ein Plasma mit den Bestandteilen der Protonen und Neutronen, den Quarks, sowie den Elektronen. Nach einer zehntausendstel Sekunde nach dem Urknall verschmolzen je drei Quarks zu größeren Teilchen wie Protonen und Neutronen. Sie schwammen in einem Strahlensee, der 10 Billionen Grad heiß war (erst unterhalb von 10.000 Grad ist es kühl genug, um Atome zusammenzuhalten).
- 6 Am Ende der ersten Sekunde war schon fast alles fertig. Dann begann der komplizierte weitere Ausbau, der zur Entstehung der Sonnen, Planeten, Monde und schließlich des Lebens führte.
- Nach rund 3 Minuten, die Temperatur war inzwischen auf etwa 900 Millionen Grad gefallen, entstanden die ersten Bausteine des Kosmos, die Atomkerne der leichtesten Elemente Wasserstoff und Helium. Noch verhinderten die große Hitze und die Strahlungsdichte die Bildung weiterer Atome.
- Während der nächsten 300.000 Jahre war das Universum in einer Wasserstoffwolke gefangen. In dieser Zeit kühlte es so weit ab, daß die Gravitation – die schwächste Kraft in der Natur – die Materie zusammenziehen

### Naturpfad Plöckenpaß

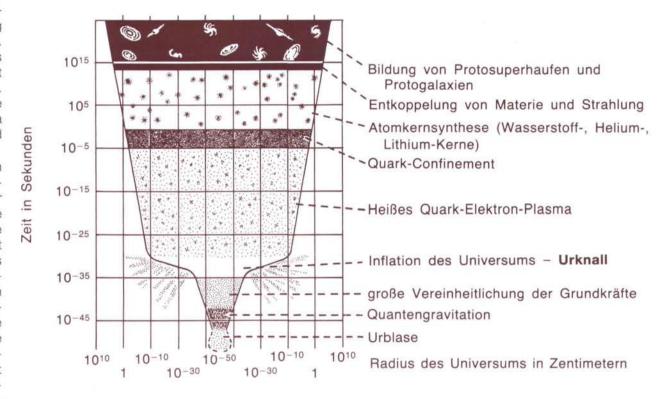
konnte. Die Folge war ein enormer Druckund Temperaturanstieg. Er bewirkte, daß je drei Heliumkerne zusammenstießen und zu einem Atomkern mit je 6 Protonen und Neutronen verschmolzen. Es entstand das Element Kohlenstoff, das die Grundlage für das gesamte irdische Leben darstellt. Dieser Prozeß konnte freilich erst im Inneren von Sternen stattfinden, er ist der Schritt zur Bildung aller weiteren, noch schwereren Elemente. Sie machen aber nur den Bruchteil eines Prozents aus, denn das Universum besteht zu 3/4 aus Wasserstoff und zu 1/4 aus Helium.

Nach 1-2 Milliarden Jahren formten sich die ersten Galaxien, unsere Milchstraße ist etwa 10 Milliarden Jahre alt, Sonne und Erde rund 4,6 Milliarden Jahre.

Was war nun "vor" dem Urknall bzw. vor dem absoluten Nullpunkt der kosmischen Zeitrechnung? Ruhte das Universum tatsächlich in einer Singularität, in der alle physikalischen Gesetze aufgehoben sind? Einzelne Kosmologen, wie z.B. der Brite S. HAWKING, neigen der Ansicht zu. daß das Universum keinen "Anfang" hat. Es kann nicht mit dem Urknall ("Big Bang") beginnen und sich eines Tages wieder auf einen unendlich dichten und kleinen Punkt zusammenziehen ("Big Collapse"). Die Raum-Zeit-Linie würde nach dieser Meinung eine Schleife ohne Anfang und Ende darstellen, endlich und grenzenlos zugleich und von Ewigkeit zu Ewigkeit reichend. Es ist, als ob wir uns auf einer Kugeloberfläche bewegen würden, die nirgends beginnt und nirgends endet.

Ist das Universum ein Einzelfall oder nur Teil in einem "Multi-Universum"? Nach der heutigen Vorstellung ging dem Urknall eine "Inflation" voraus. Sie erfaßte eine praktisch dimensionslose, aus einem "Schaum" hochgepeitschte Blase. Nach dem russischen Astrophysiker A. LINDE

hätten sich in diesem Bad noch viele andere Blasen befunden, die in chaotischer Weise verschiedene Wege beschritten hätten. Unsere kosmische Blase wäre demnach nur eine unter vielen, die noch dazu verschiedenes Alter hätten ...... Wir werden es nie genau wissen.



Ereignisse in der Frühzeit des Universums (Quellen: vgl. weiterführende Literatur, S. 167)

### Die Urerde (3)

Am Anfang war die Erde eine riesige unförmige Wolke aus verdichteten Gas- und Materieteilchen. Dieser "Protoplanet" begann sich allmählich wie ein Ball zu drehen. Die Rotation bewirkte eine weitere Verdichtung und heizte den Kern stark auf. Die schweren Elemente Eisen und Nickel wanderten vom Rand gegen das Zentrum, das ebenso wie der umgebende Mantel durch freigesetzte Energie verflüssigt wurde.

Die Frage, wie die Erde am Anfang aussah, kann niemand beantworten. Es ist, als ob die ersten Seiten in einem Geschichtsbuch fehlten. Auf der Erde gibt es nämlich kein Ursprungsgestein mehr. Alles Urgestein wurde zu Staub zermahlen, geschmolzen und mindestens einmal (in den Alpen wohl bis zu viermal) umgeformt. Die ältesten Urkunden der Erdgeschichte wurden 1985 aus Westaustralien gemeldet: Danach kristallisierten bestimmte Mineralkörner (Zirkone), die in Sandsteinen gefunden wurden, bereits vor 4.3 Milliarden Jahren in einer Gesteinsschmelze. Das Muttergestein wurde bisher nicht entdeckt. Heute gilt der Acasta-Gneis im Norden Kanadas mit 3962±3 Millionen Jahren als ältestes Gestein auf der Erde, gefolgt von der Isua-Formation in Südwestgrönland mit 3,8 Milliarden Jahren. Das ist zwar sehr alt, doch liegt zwischen diesen Altern und der Geburt der Erde noch fast eine weitere Milliarde Jahre. Die Lücke wird wenigstens teilweise durch die australischen Funde ausgefüllt, der Rest sind Vermutungen. Am Mond ist das Datenmaterial etwas vollständiger, da dort noch geringe Überbleibsel aus den



Glutflüssige Urerde vor 4,5 Milliarden Jahren (oben) und vor 4 Milliarden Jahren (unten) mit hartem, schwarzem Lavagestein



ersten Jahren mit einem Alter von 4,5 Milliarden Jahren vorhanden sind.

Am Beginn herrschten auf der Erdoberfläche Temperaturen von mindestens 1200 Grad. Alles Material war damit flüssig. Die Hitze wurde ungehindert ins All abgestrahlt, da es noch keine Atmosphäre gab. Auf der Erde trat eine Entgasung ein, viele im ursprünglichen Gasnebel enthaltenen Edelgase wie Helium, Argon, Neon, Krypton und Xenon konnten in den Weltraum entweichen.

Durch weitere Abkühlung sanken schließlich die Temperaturen auf Werte, daß erste Minerale kristallisieren konnten. Sie schwammen wie eine harte Schaumkruste auf den glutflüssigen heißen Magmenseen. Durch Zusammenschluß von Mineralien, weiterer Temperaturabnahme und unter Bildung neuer Minerale entstanden die ersten Gesteine, die flächenhaft die Erde zu bedecken begannen. Damit wurde die Wärmeabstrahlung gebremst, zugleich aber die Erdkruste immer dicker und fester. Dies mag vor rund 4 Milliarden Jahre geschehen sein.

Die erste sehr dünne Kruste war wahrscheinlich bereits in siliziumarme ozeanische Basalte und siliziumreiche kontinentale Granite differenziert. Sie war allerdings nicht sehr stabil und

zerbrach teilweise, da sie einem pausenlosen Bombardement aus dem Weltraum ausgesetzt war, Überreste der Geburt des Sonnensystems. Vor rund 4–3,5 Milliarden Jahren hatte sie schließlich eine Konsistenz und Dicke erreicht, daß sie "lebensfähig" war und sich erste Urkontinente bilden konnten. Ihnen konnten die alles verschlingenden Konvektionsströmungen im Erdinneren, dem Mantel, nichts mehr anhaben. Ihre Thermodynamik wurde teilweise zu Driftbewegungen genutzt, die bereits die ältesten Kontinente ausführten. Wie ein im Wasser treibendes Blatt veränderten sich so die Lagen einzelner kontinentaler "Platten" ständig.

Auf der Urerde gab es kein Wasser, da dafür die Temperaturen zu hoch waren. Es gab auch keine Luft, wie wir sie heute kennen. Zu Beginn war die Erde von Wasserstoff und Helium umgeben, Gasen, die im Universum reich vorhanden sind. Mit der wachsenden Sonne verschwand diese Atmosphäre. Die Urerde produzierte fortan ihre eigene "Luft", die zuerst ein Giftgas aus Methan, Kohlendioxid, Ammoniak und Wasserdampf war. In dieser Atmosphäre verglühten Meteoriten, bestehend aus Millionen Tonnen organischen Kohlenstoffs, und Kometen brachten riesige Mengen gefrorenen Wassers, das jedoch

sofort verdampfte, da der Planet noch immer zu heiß war. Wenn dieses Giftgas im kühlen Weltraum kondensierte, fiel extrem "saurer Regen" zu Boden, um neuerlich zu verdampfen. Sintflutartige Niederschläge, Blitzentladungen, Vulkaneruptionen, Erdbeben, Finsternisse und Meteoritenbombardements bildeten ein Szenario wie Dantes Inferno und prägten für rund 1 Milliarde Jahre das Antlitz der Erde. Es gab kein Leben, da es in dieser Sauerstoff-freien Welt weder entstehen noch existieren konnte.

Nach hunderten Millionen Jahren ließ die unerträgliche Hitze allmählich nach, die erste Atmosphäre kühlte sich auf Temperaturen ab, die unter dem Siedepunkt des Wassers lagen. Nun begann sich die primitive Atmosphäre gleichsam selbst zu reinigen, indem Wasserdampf kondensierte und es zu regnen begann. Die Niederschläge sammelten sich in Ozeanbecken und verdünnten die darin befindlichen giftigen Säuren, sie fielen in Krater und Vulkane, ergossen sich über festes Vulkangestein oder aufgelockertes Felsmaterial, das in Massen zu Schlamm wurde: Die ersten Ablagerungsgesteine entstanden. Das Zeitalter des Höllengottes Hades, auch Hadeikum genannt, ging damit zu Ende, es folgte die Ära des Archaikums.

# Der Ursprung des Lebens (4)

Mit dem Aufstieg des Planeten Erde aus der Hölle und dem Chaos entstand das Leben auf der Erde. Die Einzelheiten sind jedoch noch nicht gelöst. Bekannt ist, daß sämtliches Leben aus komplexen organischen Molekülen, den Aminosäuren als Bausteine der Proteine und anderen organischen Verbindungen wie Kohlehydraten, Fettsäuren, Zucker und Vitaminen aufgebaut ist. Proteine bauen im Organismus u. a. Haut und Muskeln auf (z. B. Kollagen in der Haut, Keratin im Haar), andere wirken als Enzyme.

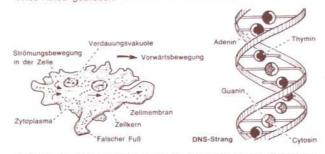
Alle Aminosäuren, die in der Natur vorkommen, werden jedoch nur von Lebewesen hergestellt. Das Problem schien anfangs so schwierig wie das Rätsel vom Huhn und dem Ei: Was war früher da, die Aminosäuren oder die Lebewesen?

Diese Frage ist heute beantwortet: Experimentell wurde bereits im Jahr 1953 unter Bedingungen, wie sie auf der primitiven Erde geherrscht haben, nachgewiesen, daß sich Aminosäuren spontan gebildet haben müssen, die Entstehung des Lebens gleichsam unvermeidbar war. Die Urerde muß voll von den dazu notwendigen Grundstoffen gewesen sein. Wasser, Kohlenstoff und Energie in Form von ultravioletten Strahlen, Blitze und Donner standen überreich zur Verfügung, organische Moleküle konnten sich daher in unendlich vielen Kombinationen entwickeln und damit die Schritte in Richtung des Lebens beschleunigen.

Leben selbst aber konnte bisher kein Mensch erschaffen, nur die dazu notwendigen Spuren konnte er finden. Sie haben bereits existiert, bevor Leben auf der Erde begann, ja, sie kommen allem Anschein nach in 4,6 Milliarden Jahre alten Meteoriten bereits vor!

Alle Forschungen nach dem Ursprung des Lebens stoßen an eine bisher unüberwindbare Barriere: Wie ist der Doppelstrang der Desoxyribonukleinsäure (DNS) entstanden, eine Art Lochstreifen mit sämtlichen Informationen und Plänen der Zelle? Durch die DNS wird das Leben jedes Organismus definiert, sie ist das feinste Stück Molekulararchitektur, ein geniales Wunderwerk der Natur. Ohne sie könnte keine Zelle leben und funktionieren, geschweige denn sich vermehren und fortpflanzen.

Selbst ein Einzeller, die primitivste Lebensform, ist eine äußerst komplexe Schöpfung. Im Zellkern einer Amöbe befindet sich der aufgewikkelte Doppelstrang der DNS, einer Wendeltreppe von Molekülen gleichend, auf der sämtliche Informationen für die Zelle gespeichert sind. Sie erfährt, wann und wie sie wächst, sich regeneriert oder sich fortpflanzt. Die relativ einfachen Einzelteile des DNS-Moleküls heißen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin. Wie sie zur DNS zusammengefunden haben und wie die erste Zelle zu leben begann, ist bis heute ein ungelöstes Rätsel geblieben.

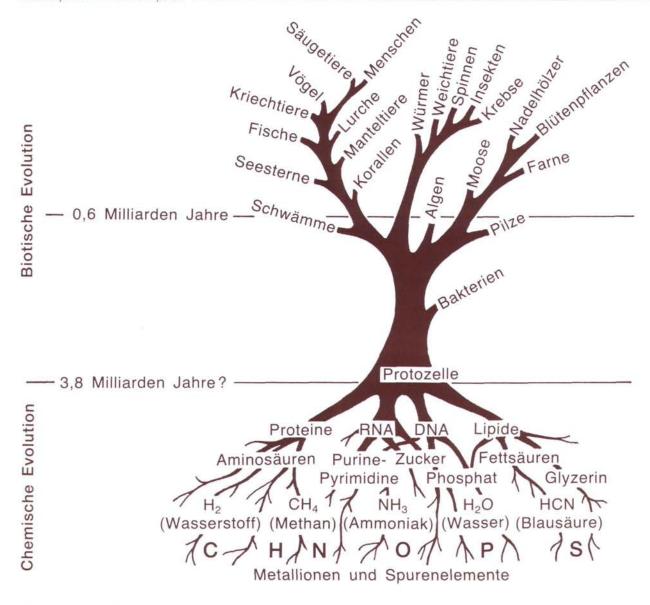


Aufbau des Desoxyribonukleinsäure-Moleküls (DNS) im Zellkern einer einzelligen Amöbe

Durch Leben wurde und wird die Erde ständig verändert. Die ersten Zellen fanden in der "Ursuppe" reichlich Nahrung. Die Versorgung war durch Aminosäuren gesichert, an denen kein Mangel herrschte. Ihre Neubildung erfolgte durch die ultravioletten Strahlen der Sonne, Blitze, die Schockwellen auslösten, sowie durch Gase aus dem Erdinneren. Bald ergaben sich jedoch Nahrungsengpässe, da das Angebot von losen organischen Molekülen zur Neige zu gehen drohte. In ihrer Not ersannen die Zellen eine Lösung, die Photosynthese hieß. Mit Hilfe der Strahlenenergie des Sonnenlichts waren sie damit in der Lage, selbst neue organische Moleküle zu erzeugen. Ohne Photosynthese wäre jedes Leben undenkbar und wahrscheinlich längst verschwunden. Erfinder waren die Blaugrünalgen, die wahrscheinlich vor rund 2,7 Milliarden Jahren entstanden.

Neben der Energie des Sonnenlichts benötigten die Zellen aber auch den Rohstoff zu ihrem Bau, der im wesentlichen aus Wasserstoff besteht. Sie erhielten ihn, indem sie Moleküle von Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) teilten, der einerseits in organischen Abfallprodukten, andererseits in vulkanischen Gasen in reichlicher Menge vorhanden war. Damit war dem Hunger ein Ende gesetzt.

Der Lernprozeß der Zellen ging freilich weiter. Sie lernten, Wassermoleküle (H<sub>2</sub>O) zu spalten, und wurden dadurch vom Schwefelwasserstoff unabhängig. Sonnenlicht und Meerwasser genügten fortan zu ihrem Leben.



Durch die Spaltung von Wassermolekülen (H<sub>2</sub>O) wurde von den Blaugrünalgen vor rund 2,6 Milliarden Jahren gleichzeitig Sauerstoff (O) freigesetzt, der zuerst ins Meerwasser abgegeben wurde. Sauerstoff ist chemisch ein Gift, das bekanntlich Eisen rosten läßt und lebendes Gewebe verbrennt.

Der von den Algen verursachte steigende Sauerstoffgehalt wurde mit der Zeit zur Gefahr für das Leben im Meer. Bald gab es keine im Meer gelösten Eisenverbindungen mehr, die das Giftgas Sauerstoff binden konnten. Es drohte die größte Umweltkatastrophe, von der die Erde je betroffen wurde.

Um ihr Überleben zu sichern, mußten die Zellen lernen, Sauerstoff nicht nur zu ertragen, sondern ihn auch zu ihrem eigenen Vorteil zu nutzen. Sie entwickelten bestimmte Enzyme, das sind Katalysatoren für biochemische Reaktionen, mit deren Hilfe sie die aus Sauerstoff und organischen Molekülen bestehenden Verbindungen für sich unschädlich machen konnten. Mit dem folgenden Prozeß der Atmung benutzten sie Sauerstoff schließlich als Energielieferanten.

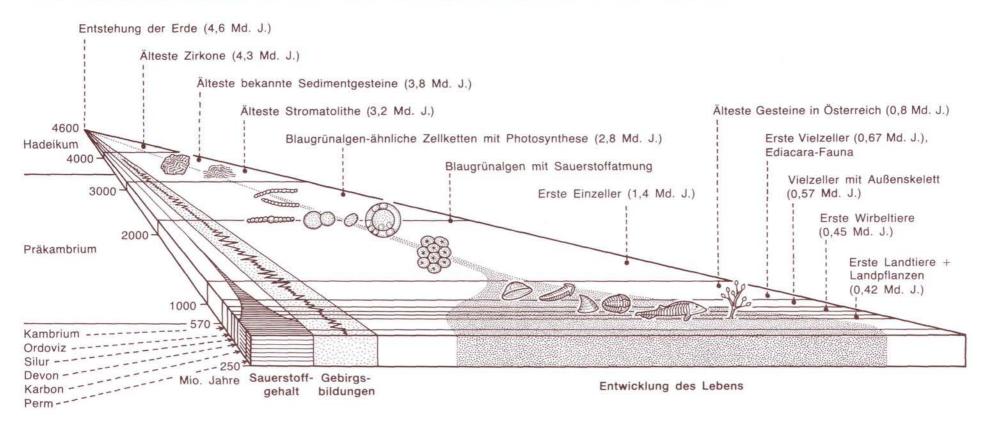
Vor rund 1,3 Milliarden Jahren war damit die Gefahr der Sauerstoffexplosion auf der Erde gebannt. Er konnte nun, ohne das Leben zu gefährden, ins Meer entweichen, aber auch in die Atmosphäre, um hier durch einen schützenden Ozonschild die ultraviolette Einstrahlung der Sonne abzuschwächen, die für jedes Leben auf dem Lande tödlich war. Erst als sein Gehalt auf 10 % des heutigen Wertes angestiegen war, konnte der Schritt auf das Land gewagt werden, um dort zu leben.

# Die ersten Organismen (5)

Nach dem heutigen Wissensstand ist die Erde vor 4,6 Milliarden Jahren entstanden. Die ältesten mit geophysikalischen Meßmethoden ermittelten Ablagerungsgesteine sind die Isua-Gestei-

ne in Südwestgrönland, die ein Alter von rund 3,8 Milliarden Jahren haben. Noch älter sind der Acasta-Gneis im Norden Kanadas und Zirkonkristalle in Australien, die vor 3,96 bzw. 4,3 Milliar-

den Jahren gebildet wurden. Die nächstjüngeren Gesteine fanden sich in Südafrika und in Australien und sind zwischen 3,5 und 3,6 Milliarden Jahre alt.



Entwicklungsschritte der frühen Biosphäre

Diese greisenhaft alten "archaischen" Gesteine unterscheiden sich kaum von jüngeren. Es sind Sandsteine, Quarzite, Grauwacken, Tonschiefer. Feuersteine, also quarzreiche Kieselgesteine und phosphatische Gesteine, die im Flachwasser gebildet wurden. Auffallend ist ihr hoher Gehalt an organischem Kohlenstoff, der Werte bis 3 % erreichen kann. Nur Lebewesen. die offensichtlich Photosynthese betrieben, waren imstande, solche Mengen Biomasse zu produzieren. Aus Kohlendioxid und Wasser wurden dabei durch den Farbblattstoff Chlorophyll mit Hilfe des Sonnenlichts Kohlenhydrate gebildet. die als Nahrung benötigt wurden. Vor 3.8 Milliarden Jahren muß also auf der Erde bereits stellenweise ein reges Leben existiert haben.

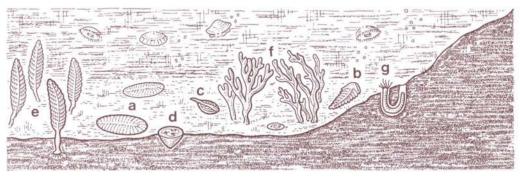
Die ältesten Fossilien aus der Urzeit der Erde sind mikroskopisch klein und stammen von Bakterien und anderen Mikroben ab. Es ist die Zeit der Mikrofossilien, in der zuerst Einzeller ohne echten Zellkern lebten. Erhalten sind aber keine Abdrücke oder Ausgüsse, wie die meisten Fossilien, es ist die Zelle selbst. Wir sehen Zellwände, Zellscheiden und andere äußere Hüllen, die einen kugeligen, röhren- oder stäbchenförmigen Körper von wenigen Tausendstelmillimeter-Grö-Be bilden, Ursprünglich war diese Haut aus Kohlehydraten, z. B. Cellulose, aufgebaut, dem in der irdischen Biosphäre am weitesten verbreiteten Strukturmaterial von Tieren und Pflanzen. Daß diese zarten Gebilde so lange erhalten blieben, geht auf ihre frühe Umwandlung durch mobile Kieselsäure zurück. Aus dem Ursprungsgestein entstand der äußerst feinkörnige, sehr harte "Flint", das ist Feuer- oder Hornstein, der die darin enthaltenen Zellstrukturen vollständig versiegelte. In der Abbildung sind wichtige Vorkommen solcher erster Fossilien eingetragen.

Vor 1,5-1,3 Milliarden Jahren entwickelten sich Zellen mit Zellkern, die erstmals Sauerstoff atmen konnten. Dieser Schritt führte zu neuen Lebensformen und zu einer sprunghaften Vermehrung der Organismenwelt. Gleichzeitig wurde eine Vervielfältigung der Erbvariationen durch

die nun erstmals mögliche Zellteilung erreicht. Zu diesem Zeitpunkt muß der Sauerstoffgehalt in der Atmosphäre mindestens 1 % des heutigen Wertes betragen haben, da dies die Untergrenze ist, bei der atmende Organismen gerade noch existieren können.

Der Übergang von Einzellern zu den durch Vielzelligkeit und einer Leibeshöhle charakterisierten Vielzellern (Metazoen) erfolgte relativ rasch innerhalb eines Zeitraumes von rund 500 Millionen Jahren. Die bekanntesten fossilen Formen sind in Südaustralien gefunden worden und unter der Bezeichnung "Ediacara-Fauna" zusammengefaßt worden. Sie stellen die älteste Gemeinschaft von vielzelligen tierischen Großfossilien dar, in denen Körperstrukturen überliefert sind. Ihr Alter beträgt rund 700 Millionen Jahre. Die größten Tiere waren über einen Meter groß. Ungefähr gleich alte Versteinerungen kennt man auch aus Sibirien, Neufundland, Südafrika und England.

An der Wende zum Kambrium, das ist der Beginn des Erdaltertums vor rund 570 Millionen Jahren, tauchen plötzlich die "modernen" Schalenskelette, Gehäuse und Schutzpanzer auf. Die scheinbar nun einsetzende explosive Entfaltung fast aller Tier- und Pflanzengruppen wird durch die Hypothese erklärt, daß die Lebewesen ab diesen Zeitpunkt die Fähigkeit zur Kalkabscheidung erworben haben.



a Dickinsonia
b Spriggina
c Parvancorina
d Tribrachidium

e Rangea Charnia

f Algen

g Wurm

Lebensbild der Ediacara-Fauna vor 670 Millionen Jahren

# Fossilien und Zeit (6)

Fossilien sind Zeitmarken der Erdgeschichte. Jede Zeit hat – wie die Mode – einmalige und unnachahmliche Kreationen hervorgebracht. Solche, die nur von kurzer Lebensdauer waren, werden als "Leitfossilien" bezeichnet. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, das relative Alter von Gesteinen genau zu bestimmen, in denen sie enthalten sind.

Die relative Zeitmessung von Gesteinen beruht auf dem Lagerungsgesetz des dänischen Arztes N. Steno aus dem Jahre 1669. Es besagt, daß die jüngere Schicht stets auf der älteren liegt und das räumliche Aufeinander dem zeitlichen Nacheinander entspricht. Bei ungestörter Lagerung sollten wir daher "unten" ältere und nach "oben" zu immer jüngere Gesteine finden.

Im Laufe der Erdgeschichte wandelten sich alle Organismengruppen mehr oder weniger rasch um. Die stammesgeschichtliche Entwicklung der Faunen und Floren über hunderte Millionen Jahre hinweg ist die Voraussetzung für das Vorkommen von Leitfossilien und schafft eine Ordnung in der "staubigen Leichenhalle der Versteinerungen". In geologischen Zeiten haben auf der Erde zahlreiche unterschiedliche Faunen und Floren existiert. Jede Zeit war durch bestimmte typische Lebewesen, eben Leitfossilien, ausgezeichnet. Sie waren kurzlebige Tier- oder Pflanzenarten, die häufig vorkamen, eine weite Verbreitung hatten und sich rasch und formenreich entwikkelten.

Fossilien geben aber kein absolutes Alter der Fundschichten an, sondern ermöglichen nur eine relative Datierung in einem Kalender, den sich Geologen selbst schufen. Die Namen ihrer Tage und Monate beziehen sich auf bestimmte Landschaften oder deren Bewohner, in denen entsprechende Gesteine in besonders charakteristischer Weise vorkommen. So etwa leiten sich die Bezeichnungen "Devon" von der englischen Grafschaft Devonshire ab, "Silur" und "Ordoviz" von keltischen Volksstämmen in Wales, "Karbon" und Kreide" von Kohle- bzw. Kreideablagerungen in England und Deutschland.

Als Leitfossilien eignen sich sowohl Großfossilien als auch Mikrofossilien. Zur ersten Gruppe zählen Trilobiten, viele Kopffüßer, Graptolithen, Armfüßer, Pflanzen, Schnecken und Muscheln: zur zweiten gehören u. a. Foraminiferen, Ostrakoden, Conodonten, Coccolithen, Acritarchen, Sporen und Pollen. Diese Gruppe hat heute insgesamt eine größere Bedeutung als die aus der Pionierzeit der Geologie im 19. Jahrhundert hervorgegangene Gliederung der Erdgeschichte mit Großfossilien. Schichten mit solchen gleichartigen Fossilien in weit entfernt liegenden Räumen dürfen als geologisch altersgleich angesehen werden. Aufeinanderfolgen gleicher Versteinerungen in verschiedenen Gebieten beanspruchten für ihre Bildung ebenfalls die gleiche Zeit.

Absolute Altersangaben von Gesteinen und Versteinerungen beruhen auf der Messung des Standes des Zerfalls von radioaktiven Isotopen, die in jedem Gestein eingeschlossen sind. Sie wirken als geologische Atomuhren, die mit Sanduhren verglichen werden können. Ist die

Durchlaufgeschwindigkeit des herabrieselnden Sandes bekannt, läßt sich aus dem Verhältnis der Mengen im oberen und unteren Teil der Sanduhr die Zeit berechnen, die seit Beginn dieses Vorgangs verstrichen ist.

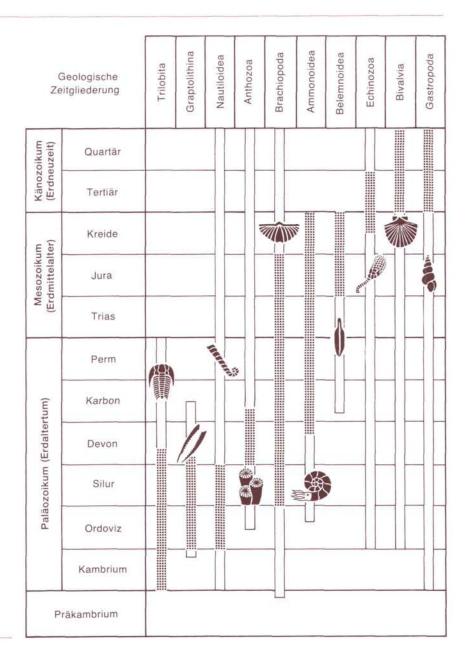
Die "radioaktive Sanduhr" begann mit der Kristallisation von Mineralien aus einer Gesteinsschmelze zu laufen, die radioaktive Isotope enthalten. Der Durchlaufgeschwindigkeit des Sandes entsprechen die bekannten Zerfallszeiten von radioaktiven Isotopen verschiedener Elemente. Jedes radioaktive Isotop eines Elements hat eine bestimmte Halbwertszeit, das ist jene Zeit, in der die Hälfte der Atome zerfallen ist. Sie wurde experimentell festgestellt und ist unabhängig von physikalischen Einflüssen absolut konstant und genau definiert: Bei Kohlenstoff (14C) beträgt sie 5568 Jahre, bei Uran (235U) 713 Millionen Jahre, bei Kalium (40K) 1,25 Milliarden Jahre und bei Thorium (232Th) 13,9 Milliarden Jahre. Beim Zerfall dieser Mutterisotope durch Strahlung entstehen nacheinander verschiedene Tochterisotope, von denen nur das zuletzt gebildete Isotop ein neues stabiles Element ist (U → Pb). Aus der Menge an Zerfallsprodukten, die in den Gesteinen enthalten sind, läßt sich die Zeit, die seit ihrer Entstehung vergangen ist, und damit das Alter des geologischen Systems errechnen, dem das Gestein angehört.

Fossilführende Schichten können nicht direkt "absolut" datiert werden, außer es schalten sich ihnen magmatische Gesteine oder vulkanische Lagen mit radioaktiven Mineralien ein, die meß-

### Naturpfad Plöckenpaß

bar sind. Dadurch können bei ausreichenden Meßdaten das Alter eines Ablagerungsgesteins oder die Dauer einzelner erdgeschichtlicher Perioden auf eine Genauigkeit von 5 Millionen Jahren im Erdaltertum und – bei Anwendung der Kalium-Argon- und der Radio-Karbon-Methode – noch genauer im Erdmittelalter und in der Erdneuzeit bestimmt werden. In der Alterstabelle der Gesteine aus den Karnischen Alpen wurden die relativen Gesteinsalter durch die aus anderen Gebieten der Erde gewonnenen Altersangaben der Perioden der Erdgeschichte ergänzt.

Die zeitliche Verbreitung der wichtigsten Großfossilien (!!!!!!!!!!!!!!! als Leitfossil wichtig)



# Die heutige Erde (7)

Welche Kräfte formen das Antlitz der Erde? Was ist die Ursache, daß das Felsgestein rund um den Plöckenpaß mit den darin enthaltenen Meeresfossilien hier oben liegt und nicht am Meeresboden, wo es vor hunderten Millionen Jahren entstanden ist und wo es eigentlich hingehört? Wer und wo war die Maschine, die solche Veränderungen zustande brachte?

In den Erdwissenschaften vollzog sich seit den späten 60er Jahren ein Wandel in der Auffassung über die Entstehung der Meere und Kontinente, der das bis dahin gültige geologische Weltbild revolutionierte. Die Anstöße kamen von verschiedenen Quellen, wie von der Geophysik, Meereskunde, Geochemie, Paläomagnetik. Geochronologie und herkömmlichen geologischen Untersuchungsmethoden wie Mikropaläontologie, Petrologie und Faunen- und Gesteinsvergleichen über Kontinente und Zeiten hinweg. Sie gipfelten im Beweis, daß entgegen früherer Meinung der Meeresboden nicht Milliarden Jahre alt sondern relativ jung ist - höchstens 180 Millionen Jahre. Der Konstanz von Größe und Lage der Kontinente und Ozeane in der Geschichte der Erde war damit die Grundlage entzogen.

Diese Idee war allerdings nicht neu: Bereits im 17. Jahrhundert wunderten sich englische und französische Naturgelehrte über das Zusammenpassen der Küstenlinien beiderseits des Atlantiks und vermuteten ein Auseinanderbrechen der Kontinente durch die Sintflut, ja es wurde sogar die Meinung geäußert, daß durch die Gezeiten-

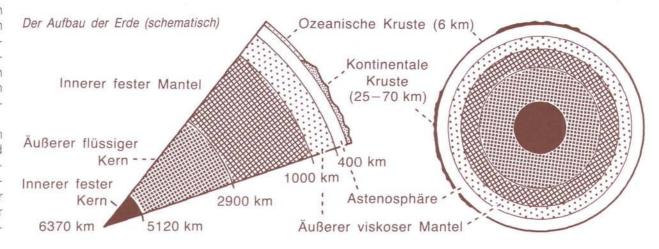
wirkung des Mondes die Kontinente hin- und hergeschoben werden. Als Pionier der neuen Zeit gilt aber A. Wegener mit seiner 1915 erschienenen Theorie der wandernden Kontinente, der Kontinentalverschiebungstheorie. Seine These versuchte er in vielen Einzelbeobachtungen zu beweisen, seine Gedanken waren aber für die damalige Zeit zu radikal, um allgemein anerkannt zu werden.

Die Beweise, die A. Wegener fehlten, wurden am Meeresboden und auf dem Festland gefunden. Beide sind energiegeladen, ruhelos und dynamisch – Teile einer lebendigen Erde! Nicht die Kontinente pflügen wie ein Schiff durch die Meere, öffnen Ozeanbecken und wandern dabei, wie Wegener glaubte, sondern starre Platten, auf denen das Festland am Rücken mitfährt. Die

Kontinente sind im Gestein, das den Meeresboden aufbaut, verankert. Wenn sich diese Platten bewegen, dann bewegen sich auch die Kontinente.

Die Erde hat einen schalenförmigen Aufbau aus verschiedenen Schichten. Ihr Zentrum besteht aus einem 2000–2500 km dicken, schweren festen inneren Kern, vermutlich aus Eisen und Nickel. Er wird von einem äußeren flüssigen Kern aus Eisen, Silizium und Magnesium umgeben, der einen Radius von ungefähr 3500 km hat.

An den äußeren Kern schließt der 3000 km dicke Mantel an, dessen Zusammensetzung wahrscheinlich Peridotit ist, ein dichtes schweres Gestein mit Olivin als Hauptmineral. Diese



Hülle ist sehr heiß und extrem verdichtet, sodaß sie sehr stabil ist.

Die Außenhaut der Erde wird als Kruste bezeichnet. Sie besteht aus dem 3-9 km, im Durchschnitt nur um 6 km dicken Meeresboden aus Basalt, und aus den 25-70 km, im Durchschnitt 35 km dicken Kontinenten, die aus Mischungen leichterer Gesteinsarten zusammengesetzt sind. Die rund 300 km dicke Übergangszone zwischen Mantel und Kruste heißt Asthenosphäre.

Die Erdkruste hat Sprünge wie eine riesige Eischale. Sie ist in etwa eineinhalb Dutzend größere Fragmente zerbrochen, die wegen ihrer starren Beschaffenheit "Platten" genannt werden. Sie bestehen aus der dünnen Erdkruste und der dichten stabilen Gesteinshülle des äußersten Mantels und haben eine Dicke von durchschnittlich 70 km. Diese feste Schicht heißt Lithosphäre; sie ist geophysikalisch gut dokumentiert und definiert. Die Lithosphärenplatten driften auf der darunterliegenden weichen Asthenosphäre wie Boote auf einem Teich. Allerdings ist dieses Medium weder flüssig noch fest, sondern plastisch weich und verformbar wie Kitt.

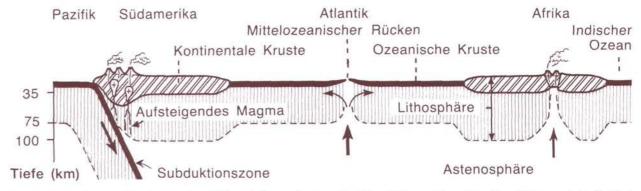
Durch den Mantel dringt Hitze an die Erdoberfläche. Sie wird durch Zerfall seiner radioaktiven Isotopen erzeugt, stammt darüberhinaus aber teilweise noch aus den ersten Tagen der Erde, als ihre Einzelteile miteinander verschmolzen. Die Wärme steigt in Form hochwallender Wärmewalzen langsam an die Oberfläche, kühlt dabei ab und sinkt wieder in die Tiefe. Solche Bewegungen nennt man Konvektion. Sie bilden einen – in vielen Details noch unbekannten – Kreislauf, der den Mantel langsam in Bewegung hält und die Platten darüber driften läßt. Sie treiben umher, kollidieren miteinander oder reiben aneinander.

Jüngste geophysikalische Ergebnisse erschüttern das bisherige Bild vom zwar glühend hei-Ben, aber friedlich schlummernden Erdkern. In Wahrheit ist dort die Hölle los: Die Oberfläche des Kerns zeigt vielfache Ausbuchtungen und Eindellungen im Zehnerkilometerbereich, hervorgerufen durch gewaltige nach außen und innen gerichtete Materialströmungen von vor allem flüssigem Eisen. Ihre Schwankungen in Richtung und Stärke sollen für die fortwährenden Veränderungen des Erdmagnetfeldes und dessen Anomalien verantwortlich sein und die bislang rätselhaften Änderungen im Schwerkraftfeld der Erde erklären. Die tief sitzenden Gesteinsströme, so wird vermutet, sind der Hauptmotor der Kontinentaldrift.

Die Bewegungen der Platten gehen von einem Spaltensystem in einem untermeerischen Riesengebirge aus, das alle Ozeane in zwei Hälften teilt: Die Mittelozeanischen Rücken, ein Gebirgszug von 74.000 km Länge und zwischen 1800 und 3000 m Höhe. Vor seiner Entdeckung wurde die Entstehung von Gebirgen meistens dadurch erklärt, daß sich die Erde wiederholt zu-

sammengezogen hätte. Das größte und längste Gebirge der Erde, nämlich jenes in den Ozeanen, paßte aber nicht zu dieser Vorstellung, denn es zeigte deutliche Spuren von Ausdehnung. Der Hauptunterschied gegenüber Gebirgen auf dem Festland ist, daß aus unzähligen Spalten Magma hervorquillt, das zu immer neuer ozeanischer Kruste erstarrt. Diese wird dem Meeresboden zu beiden Seiten des Rückens in Streifen angefügt, und gleichzeitig wird das kurz vorher gebildete Gestein zur Seite geschoben. Der Meeresboden driftet auf das Festland zu und zwingt es auf verschiedene Weise – wie auf einem doppelten Förderband – zum "Mitfahren".

Dieser Prozeß wird als "Ozeanzergleitung" oder "Sea floor spreading" bezeichnet. Seitlich von den Gebirgszügen nimmt das Alter des Meeresbodens mit zunehmendem Abstand vom Rücken stetig zu und erreicht am Rande einzelner Ozeanbecken seinen größten Betrag – maximal 180 Millionen Jahre. Außerdem wechselt die remanente Magnetisierung der Gesteine zu beiden Seiten des Rückens in bestimmten Intervallen ihre Richtung. Zeichnet man sie auf, entsteht



Plattentektonische Gliederung der Lithosphäre zwischen Pazifik, Südamerika, Atlantik, Afrika und Indischem Ozean (schematisch)

ein symmetrisches Streifenmuster, das die Umpolung des Erdmagnetfeldes während der letzten 180 Millionen Jahre widerspiegelt.

Stößt der wegdriftende Meeresboden auf eine Sperre, z. B. einen Kontinent oder eine Inselgruppe, so wird die ozeanische Kruste von der kontinentalen abgekoppelt, unter sie gedrückt und sinkt ins Erdinnere ab. Die Gräben, an denen Platten in die Tiefe verschwinden, heißen Subduktionszonen. Diese Bewegung wird von starken Erdbeben, Vulkanismus und teilweiser Aufschmelzung von Gesteinen begleitet, Ausdruck des Freisetzens großer Energien. Die andere Möglichkeit, wie Platten reagieren, ist ein frontaler Zusammenstoß, eine Kollision. Die Nahtstelle wird dann durch eine "Knautschzone", eben ein Gebirge, markiert. Platten können aber auch einfach aneinander reiben, wie z. B. an der Westküste von Nordamerika, und dabei starke Erdbeben verursachen.

# Die rätselhaften Uralpen (8)

Die Frage nach dem Alter der Alpen ist so alt wie die Alpenforschung selbst. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts suchten Generationen von Geologen die Alpen nach Gesteinen ab, die vielleicht die ältesten sein könnten. Doch bisher war keines darunter, das in der Reihenfolge bis heute die Nummer 1 – das "Urgestein" – war. Das Tor zur Vorzeit blieb verschlossen, was dahinter lag, waren Vermutungen und Spekulationen, die einfallsreiche Geologen mehr oder weniger "geopoetisch" formulierten.

Sind die Alpen aus dem "Nichts" entstanden? Wo liegt ihr Ursprung? Was weiß die Wissenschaft heute über die Alpen?

In den rund 1000 km langen und bis 250 km breiten Alpen konnte bisher – zum Unterschied von einigen anderen Gebieten in Westeuropa, wie Bretagne, Normandie und Nordspanien – kein Gestein gefunden werden, das älter als rund 850 Millionen Jahre ist. Dennoch gibt es auch hier Spuren einer noch früheren Zeit: Als Indiz dienen mikroskopisch kleine Zirkonkristalle, die am Aufbau verschiedener kristalliner Gesteine und ehemaliger Vulkanite beteiligt sind, so zum Beispiel im Gotthardmassiv in den Westalpen, im Waldviertel, in den Ötztaler Alpen oder in der Silvretta. Mittels geophysikalischer Methoden konnte ihr Kristallwachstum gemessen werden: Es begann vor rund 2,5 Milliarden Jahren und endete im Erdaltertum. Dazwischen lagen Schmelz-und Kristallisationsphasen, Bildung von hartem Fels, Erosion zu Sand und Ton, Transport, Ablagerung und erneute Aufschmelzung.

Die Zirkonkristalle gingen dabei jedoch nicht zugrunde. Im Gegenteil, jeder Abschnitt ihres früheren Lebens wurde in ihnen aufgezeichnet und gespeichert. Die neuen Kristallformen "erbten" gleichsam die Geschichte ihrer Vorfahren. Was diese Zirkone zusätzlich so interessant macht, ist die auffallend gute zeitliche Übereinstimmung der in ihnen fixierten Ereignisse mit der geologischen Entwicklung von Afrika. Diese Synchronität ist der Hauptgrund, weshalb die Uralpen neuerdings in der Nähe von Nordafrika vermutet werden.

Die ältesten, in Mitteleuropa wahrscheinlich vor 2 bis 3 Milliarden Jahren gebildeten Gesteine sind längst abgetragen und verschwunden. Der Schutt sammelte sich in ausgedehnten Meeresbecken in Form von Sanden und Tonen an, in die sich kohlenstoffreiche Lagen und gelegentlich vulkanische Ergüsse einschalteten. Hinweise auf Leben fehlen völlig, das Bild jener Zeit war eher trostlos.

### Naturpfad Plöckenpaß

Nach einer langen Phase der Sedimentation, während der mehrere Kilometer dicke Schichten abgelagert wurden, erfolgte die Versenkung in größere Tiefe. Auf die Gesteine wirkten dabei hohe Drucke und Temperaturen ein, so daß sich neue Mineralien bildeten. Nur die Zirkone blieben erhalten. Nach Gebirgsbildungen kamen sie schließlich wieder ans Licht der Oberfläche – mit der Botschaft ihrer Vergangenheit. Das geschah aber erst zu Beginn des Erdaltertums.

In Österreich finden sich die ältesten Gesteine im niederösterreichischen Waldviertel. Es sind rund 800 Millionen Jahre alte Gneise, ehemalige Vulkanite und Quarzite. Licht ins Dunkel der frühen Alpen bringen freilich erst die ältesten Fossilspuren. Es sind kugelige organische Reste

von Bruchteilen von Millimeter Größe, sogenannte Acritarchen, die vor kurzem in den Hohen Tauern, aber auch zwischen Kitzbühel und Innsbruck gefunden wurden. Allem Anschein nach sind einzelne Formen älter als 600 Millionen Jahre. Die ältesten, mit freiem Auge sichtbaren Großfossilien kommen nördlich von Klagenfurt vor und sind rund 460 Millionen Jahre alt. Nur wenig jünger sind die bisher bekannten ältesten Gesteine in den Karnischen Alpen, in Teilen der Steiermark und in Nordtirol. Bei Brixen in Südtirol kommen sogar rund 480–500 Millionen Jahre alte Schiefergesteine (Phyllite) vor.

In den vergangenen 700 Millionen Jahren führte die Reise der Alpen von der Südseite des Globus auf seine Nordhälfte. Zu Beginn weisen

die Spuren, wie oben erwähnt, nach Afrika. Dazwischen lagen zeitweise Ozeane unbekannter Breite, die die wahren Zusammenhänge mit diesem Kontinent derzeit noch verschleiern. Dazu kommt die Erkenntnis, daß Mitteleuropa aus einem bunten Mosaik von Gesteinskomplexen – eine Art Collage – besteht, Bruchstücken von Meeresböden und Fragmenten von Kontinenten, die zu verschiedenen Zeiten aus weit entfernt liegenden Gebieten zusammengewachsen sind. Das schwierige Bemühen geht heute dahin, die Wanderwege solcher exotischer Einzelteile aufzuspüren und ihre Reise wie in einem Tagebuch niederzuschreiben.

# Gesteine erzählen – die Zeit zwischen 460 und 320 Millionen Jahren (9)

Die Karnischen Alpen sind ein Bilderbuch der Erdgeschichte über einen Zeitraum von fast 500 Millionen Jahren. Die Spuren der Vergangenheit beginnen im Ordoviz, dem zweitältesten Abschnitt des Erdaltertums. Es ist möglich, daß im Lesachtaler Abschnitt noch ältere Gesteine vorhanden sind, doch konnten dort die dafür notwendigen Belege in Gestalt von Fossilien noch nicht gefunden werden.

Im Ordoviz drang das Meer in den Raum der späteren Karnischen Alpen ein und blieb hier bis in die jüngere Steinkohlenzeit. Dieser erste Abschnitt umfaßt rund 140 Millionen Jahre. In dieser Zeit wurden örtlich weit über 3000 m dicke Schichten am Meeresboden abgelagert. Zu Beginn waren es dünne Lagen von Ton, Sand und Kalkschlamm, dann folgten im Silur rund 60 m dicke Kalke neben ebenso dicken schwarzen Schiefern, Das ist das typische Gestein dieser Zeit: Dünnplattige schwarze kohlenstoffreiche Schiefer aus viel Quarz, auf denen häufig weiße Spuren zu sehen sind, die wie ein gebogenes Laubsägeblatt aussehen. Es sind die Abdrücke von koloniebildenden Meerestieren, die in jener Zeit in großer Fülle und Vielfalt die Meere bevölkerten und nach ihrem Tode im schwarzen giftigen Faulschlamm einsanken und von neuem Sediment zugedeckt wurden. Da sie wie Schriftsteine aussehen, wurde für sie der Name "Graptolithen" gewählt. Ihre Lebenszeit war relativ kurz, sie eignen sich daher hervorragend zur Datierung von Gesteinen.

Daneben lagerten sich damals aber auch Kalkschichten ab. Sie entstanden aus den Skeletten und Schalen der verschiedenen Bewohner des Meeres, seien es aktive Schwimmer in den oberen Wasserschichten, passives im Meer treibendes Plankton oder am Meeresboden lebende Tiere. Berühmt sind vor allem Verwandte der Tintenfische, die Orthoceren oder Geradhörner, die in diesen Ablagerungen sehr häufig vorkommen. Andere Reste stammen von Trilobiten, Armfüßern, Muscheln und Schnecken. Außerdem sind in diesen Gesteinen zahlreiche Mikrofossilien enthalten, die man aber nur mit der Lupe und nach aufwendigen Präparationsmethoden sichtbar machen kann.

Auf die Silur-Zeit folgte vor rund 400 Millionen Jahren die Devon-Zeit. Sie dauerte rund 40 Millionen Jahre. Es ist die Zeit der Riffe und anderer Kalkablagerungen, die Zeit, in der die Dicke des Meeresbodens um rund 1200 m anwuchs.

Riffe verlangen ein warmes Klima und ein stetiges Absinken des Meeresbodens im Gleichschritt mit dem Höhenwachstum von Korallen. Beide Voraussetzungen waren in der Devon-Zeit in den Karnischen Alpen für längere Zeit gegeben. Riffe wuchsen hier mit vielen Kilometern Ausdehnung in der Art, wie wir sie heute noch in der Karibik finden. Das Klima war dementsprechend warm, und das Meer erfüllt von Leben: Korallen, Seelilien, Schwamm-ähnliche Stromatoporen, Kopffüßer, Armfüßer, Muscheln, Schnecken und Myriaden winziger Kleinlebewesen schwammen im Wasser, ließen sich treiben oder hielten sich am Grunde oder auf abgestorbenen Organismenresten fest. Nach ihrem Tode sanken sie zu Boden oder wurden erneut von anderen umkrustet und Schlamm deckte sie zu. Dadurch sind sie uns bis heute in versteinerter Form erhalten geblieben.

Das Zentrum der Riffe war um den Wolayersee und in der Kellerwand; Gamskofel, Plenge und Polinik gehörten zur Lagune auf der Rückseite der Riffe, der Cellon, Pal und Freikofel lagen hingegen auf der zum offenen Meer hin gerichteten Seite. Hier kam vor allem der Schutt aus dem zentralen Riffkern zur Ablagerung.

Unterschiedlich starke Strömungen und verschiedenes Absinken des Meeresbodens bewirkten, daß in dieser Zeit gleich alte Schichten häufig starke Unterschiede in ihrer Dicke haben: Am Valentintörl stehen 50–100 m dicke Kalke des Devons weit über 1000 m dicken gleich alten Kalken in der Hohen Warte gegenüber.

Das Ende des ersten Abschnitts der Karnischen Alpen kam in der älteren Steinkohlenzeit. Zuerst starben infolge eines starken Anstiegs des Meeresspiegels die Korallen, und damit hörte das Riffwachstum auf. Ihre Stelle nahmen einheitliche Schlammkalke ein, die im tieferen Was-

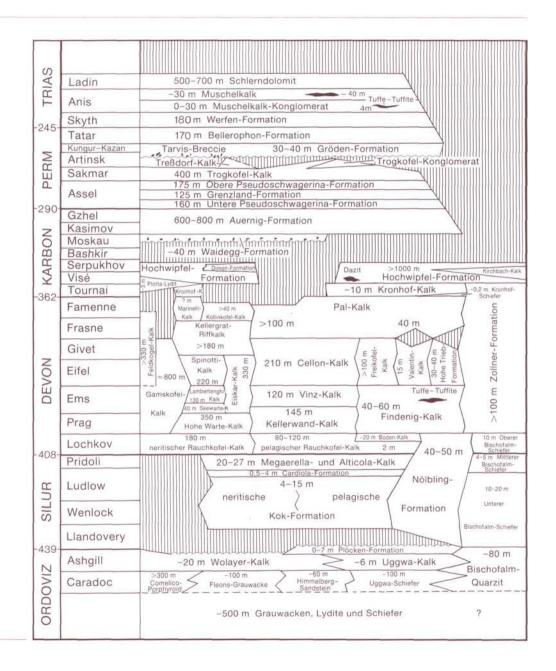
ser gebildet wurden. Einzelne Teile des Meeresbodens wurden aber gehoben und fielen trokken, andere wurden noch tiefer abgesenkt. Gewaltige Schlammlawinen, Geröll, Sand und Feinmaterial wurden ab nun in das Meer geschüttet. Sie stammen aus einem nicht weit entfernten Festland, das vielleicht das Gebiet im Norden des Gailtales gewesen war.

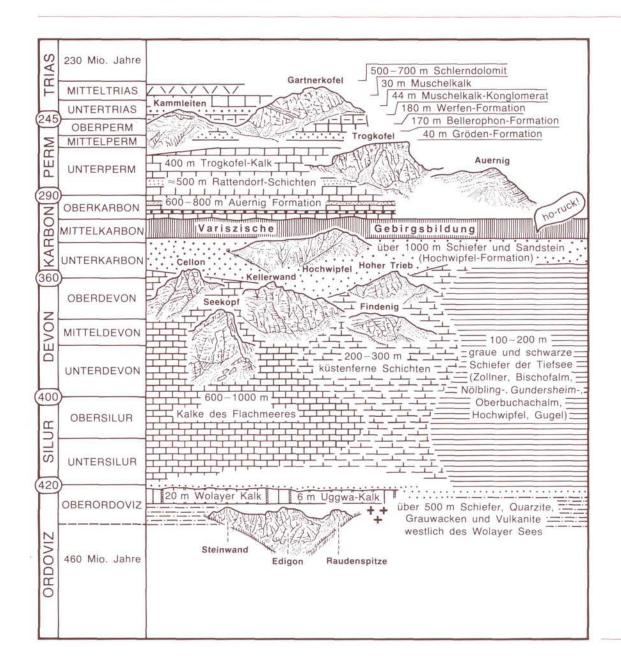
Als das tiefe Meeresbecken der älteren Steinkohlenzeit mit Sedimenten, die wir Hochwipfel-Formation nennen, angefüllt war, wurden die flach übereinander geschichteten älteren Ablagerungen zu Falten verbogen, gekippt, ineinander gepreßt und schließlich aus dem Meer herausgehoben. Die Karnischen Alpen waren geboren, der erste Abschnitt beendet.

An der Nordseite des Gailtales finden sich ebenfalls Zeugnisse aus dieser Zeit, doch sind sie weniger klar als im Süden. Der Grund ist die starke Umwandlung des Gesteins infolge starker Drucke und hoher Temperaturen. Fast alle Fossilien wurden dabei vernichtet, das ursprüngliche Sedimentgestein wurde zu einem kristallinen Schiefer umgeprägt. Die wenigen Fossilien, die bisher darin gefunden wurden, zeigen, daß in diesem Gebiet im Erdaltertum tonige und sandige Ablagerungen häufiger waren als im Süden, in der Zeit des Silurs hingegen in beiden Gebieten ähnliche Gesteine gebildet wurden und im Devon wieder starke Unterschiede gegenüber dem Süden zu erkennen sind - beispielsweise fehlen hier Riffe oder andere mächtige Kalkablagerungen. In der frühen Steinkohlenzeit war dieses Gebiet vermutlich schon ein gebirgiges Festland - zuerst ins Erdinnere versenkt, verfaltet und verbogen, erhitzt bis hin zur Bildung von granitischen Schmelzen und wieder herausgehoben und aufgerichtet zu einem Gebirge: Es wurde zu einem Teil der steinkohlenzeitlichen Alpen.

### Die stratigraphische Gliederung der Karnischen Alpen

Die Tabelle faßt den letzten Stand der wissenschaftlichen Erforschung des Alters aller Gesteine in den Karnischen Alpen und ihre gegenseitigen Beziehungen zusammen. Jedes Gestein hat einen Namen und ist durch bestimmte Merkmale, u.a. durch Fossilien, ausgezeichnet, die es vom Nebengestein unterscheiden. Die Vielfalt der hier verbreiteten Gesteine spiegelt einerseits unterschiedliche Verhältnisse im Ablagerungsraum, andererseits die lange geologische Geschichte der Karnischen Alpen wieder. Nach H.P. Schönlaub und L.H. Kreutzer (1991).





### Das Alter der Gesteine in den Karnischen Alpen

Die gleiche Tabelle wie auf der gegenüberliegenden Seite, für den Laien vereinfacht. Wie in der wissenschaftlichen Tabelle ist am linken Rand der geologische Kalender aufgetragen. In der entsprechenden Zeit wurden an verschiedenen Stellen im Meer – in Abhängigkeit von der Tiefe und der Entfernung von der Küste – Kalk- oder Tonschlamm von einigen bis hunderten Metern Dicke abgelagert. Nach Jahrmillionen der Zusammenpressung und Verdichtung wurden daraus die Gesteine, aus denen unsere Berge bestehen.

# Gesteine erzählen – die Zeit zwischen 310 Millionen Jahren und heute (10)

Der zweite Abschnitt in der Naturgeschichte des Gailtals begann nach der steinkohlenzeitlichen Gebirgsbildung vor rund 310 Millionen Jahren. Ab dieser Zeit sind, zuerst nur in den Karnischen Alpen, etwas später auch in den Gailtaler Alpen erdgeschichtliche Dokumente vorhanden, die ein vollständiges Bild der Vergangenheit bis vor rund 200 Millionen Jahre vermitteln. In den Lienzer Dolomiten geht die Überlieferung noch ein Stück weiter, da hier bis knapp unter 100 Millionen Jahre alte Gesteinsschichten erhalten sind.

In den etwa in der Mitte der Steinkohlenzeit gebildeten Vorläufern der Karnischen Alpen setzte nach ihrer Hochhebung sogleich Verwitterung, Abtragung und Zerstörung ein. Das Gebirge wurde durch Erosion abgeflacht und bereits nach wenigen Millionen Jahren vom vorrückenden Meer erneut überflutet. Davon waren aber nur Teile und nicht das ganze Gebiet betroffen. Das Meer kam von Südosten in unseren Raum und dehnte sich hier bis etwa 10 km östlich vom Plöckenpaß aus. Wiederum setzte sich Schicht um Schicht am flachen Meeresboden ab und begrub den älteren gefalteten Gebirgssockel unter horizontalen Gesteinsschichten. Es sind das die zu einem festen Gestein gewordenen Meeres- und Landablagerungen mit unzähligen Versteinerungen, wie wir sie heute hauptsächlich zwischen dem Zollnersee und dem Naßfeld antreffen und die hier die prachtvollen weltberühmten Kulissen von Trogkofel bis hinauf zur Spitze des Gartnerkofels aufbauen. In dieser Zeit kam es wiederholt zu Schwankungen zwischen dem Meer und dem trockenen Festland; das Gestein wechselt zwischen kalkigen Ablagerungen mit Meerestieren und sandig-tonigen Gesteinen mit Pflanzen.

Auf der Nordseite des Gailtales ist der Gegensatz zwischen gleich alten Schichten nach der steinkohlenzeitlichen Gebirgsbildung noch krasser zu sehen als zur älteren Zeit. Hier wurden, als im Süden sich ein Flachmeer ausbreitete, zur selben Zeit auffallend rote Gesteine abgelagert, die wüstenähnliche Bedingungen mit zeitweise starken Niederschlägen und Wildbachschuttströmen vermuten lassen. Die nächstgelegenen Zeugnisse aus dieser Zeit finden sich im Wald oberhalb der Ortschaft Laas bei Kötschach.

Die zwei Gesichter – im Süden Meer, im Norden Wüste – liegen im Gailtal unnatürlich nahe beieinander. Das ist schon lange bekannt und gab wiederholt Anlaß zur Spekulation, daß beide Gebiete ursprünglich weiter entfernt lagen und erst lange nach ihrer Entstehung in eine so enge Nachbarschaft geschoben wurden. Zwar schwächen sich die Gegensätze ab Beginn des Erd-

mittelalters in der Trias-Zeit ab, doch erkennt sie der Fachmann noch immer sehr deutlich.

Auf österreichischem Gebiet endet in den Karnischen Alpen die Überlieferung von Gesteinen in der Mitte der Trias-Zeit, in den Gailtaler Alpen an ihrem Ende. Nach Ablagerung der jüngsten, in den Lienzer Dolomiten noch erhaltenen Schichten der älteren Kreide-Zeit begannen vor rund 90 Millionen Jahren im gesamten Gebiet allmählich gebirgsbildende Prozesse einzusetzen, die sämtliche Gesteine erfaßten, sie zusammendrückten, verfalteten und gegeneinander verschoben. Bis heute sind noch längst nicht alle Einzelheiten dieses Kräftespiels und des Bewegungsablaufes bekannt und zufriedenstellend erklärt.

In der Eiszeit wurde das Gailtal während des letzten Eishöchststandes vor rund 20,000 Jahren bis in Höhen von über 2000 m von einem gewaltigen Eisstrom erfüllt. Die Eismassen schmolzen vor rund 14.000 Jahren dahin und hinterließen eine vegetationslose kahle Landschaft in einem stark zerfurchten Talsystem. Moränenreste, Lehmablagerungen und Schotterfluren sind weit verbreitete Zeugen der Transportkraft von Eis und Wasser aus dieser Zeit. Danach hatten es Gräser, Pflanzen und Bäume sehr eilig, das verödete Gailtal vornehmlich aus östlicher und südlicher Richtung zu besiedeln.

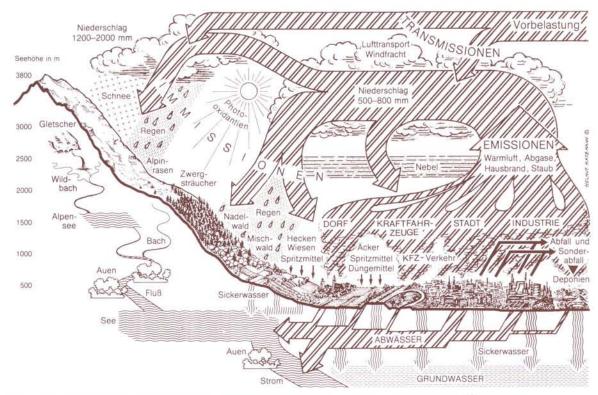
# Gaia, die allmächtige Beherrscherin der Erde (11)

Wenn wir um uns blicken, sehen wir das Blau des Himmels, strahlenden Sonnenschein, Berge, Steine, Wiesenboden, Wald und sonstiges blühendes Leben. Es ist die Erde, auf der sich unsere eigene Art entwickelte. Sie schenkte uns wahrlich viel: Eine optimale Zusammensetzung der Luft, ein erträgliches Klima, ausreichende Versorgung mit Wasser, unentgeltliche Beseitigung von Naturabfällen und Schädlingen, fruchtbaren Boden, Lebensraum und Nahrungsquellen auf dem Festland und im Meer.

Gestein und Wasser, Luft und Leben sind ein harmonisches System, ein Triumph der Ordnung. Sie arbeiten in idealer Weise zusammen und halten den Kreislauf in der Natur aufrecht; sie sorgen auf der Erde für Gleichgewichte, damit auch in Zukunft auf diesem Planeten Leben existieren kann. Haben wir uns jemals gefragt, ob dies eine Selbstverständlichkeit ist?

Nach der "Gaia-Theorie" des Engländers James Lovelock verhält sich die Erde selbst wie ein hochkomplizierter lebender Körper, der für sich selbst sorgt und unbewußt immer wieder aufs neue die für das Leben besten Bedingungen schafft. Dazu stehen ihr Regelungs- und Kontrollmechanismen zur Verfügung, an denen die Biosphäre, das ist das gesamte Leben auf der Erde, maßgeblich Anteil hatte und – zu unserem Glück – hoffentlich auch in Zukunft haben wird.

Wer ist die unbekannte, doch so mächtige Gaia? Der Name stammt aus der griechischen Mythologie und bezeichnet die Göttin der Erde. Ist Gaia also eine Art "Reserve-Lieber-Gott", der über uns wacht und die Welt in Ordnung hält?



Emission, Transmission und Immission von Luftschadstoffen (Quelle: Umweltreport Österreich)

### Naturpfad Plöckenpaß

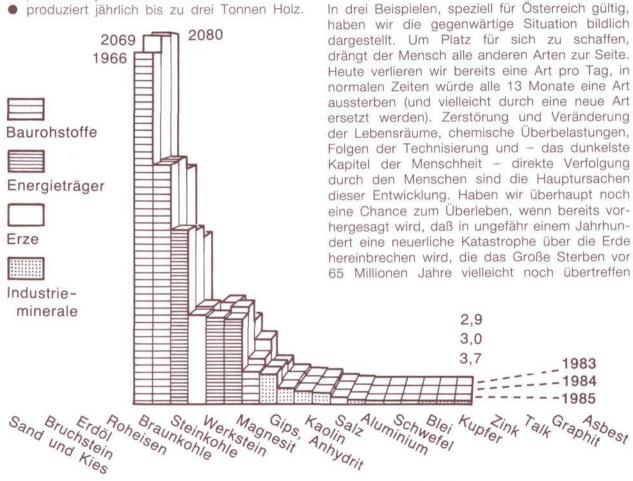
Gaia sorgte dafür, daß die Erdoberfläche stets gleichmäßig temperiert war, obwohl in der Anfangszeit der Erde die Sonne um 25-30 % kälter war als heute. Dafür enthielt die Atmosphäre aber mehr Kohlendioxid, das "Treibhausgas". das die Wärme der Erde festhielt und Lebewesen nicht eines Kältetodes sterben ließ.

Mit dem Wärmerwerden der Sonne wurde auf geheimnisvolle Weise immer mehr Kohlendioxid aus der Atmosphäre entfernt und durch Stickstoff und Sauerstoff ersetzt. Beide Prozesse waren genau aufeinander abgestimmt, doch wer steuerte diese Mechanismen? Auf der heutigen Erde haben diese Aufgaben Pflanzen übernommen: Sobald der Kohlendioxid-Gehalt der Atmosphäre stärker ansteigt und damit die Temperatur zunimmt, reagieren Pflanzen darauf und entziehen der Luft mehr Kohlendioxid durch verstärkte Photosynthese. Pflanzen sind die besten Wärmeregulatoren der Erde und halten sie in einem bewohnbaren Zustand. Doch, wer gibt den Pflanzen den Befehl zum Handeln?

Funktioniert dieses Alarmsystem nicht, können für die Erde katastrophale Folgen eintreten. Das Leben auf der Erde war denn auch bereits mehrmals bedroht, zuletzt vor 250 und 65 Millionen Jahren: An der Wende vom Erdaltertum zum Ermittelalter gab es die größte Krise, als in einem Massensterben, hervorgerufen durch ein bisher rätselhaftes Ereignis, 96 % aller Tierarten vernichtet wurden. Von diesem Schock erholte sich die Erde erst 20 Millionen Jahre später. Das zweite Große Sterben suchte die Erde vor 65 Millionen Jahren heim, als sie, so wird vermutet, mit einem Asteroiden kollidierte. Dieses Ereignis soll u. a. das Leben der Dinosaurier beendet haben.

Die schlimmste Bedrohung der Biosphäre geht aber vom Menschen aus. Das Abholzen allein einer kleinen Fläche Waldes in den Alpen hat bereits verheerende Folgen für die "Sonnenmaschine Wald". Ein Hektar Wald

- verdunstet t\u00e4glich bis zu 47.000 \u00bb Wasser
- speichert jährlich bis zu 2 Millionen Liter Wasser
- produziert jährlich 21 Tonnen Sauerstoff
- produziert j\u00e4hrlich bis zu drei Tonnen Holz.



Noch viel krasser sind die Verhältnisse in den

tropischen Regenwäldern mit ihrer Vielfalt an Ar-

ten. Fast die Hälfte aller 5 Millionen Arten von

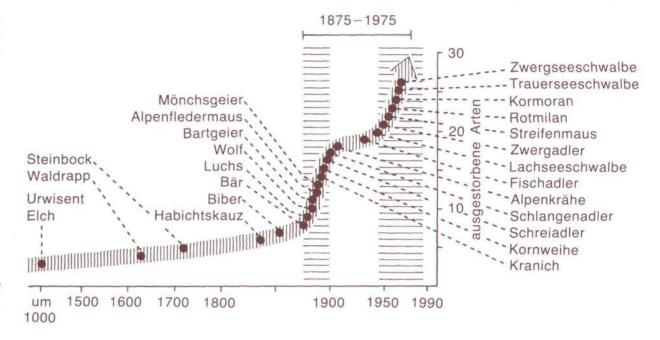
Lebewesen lebt dort. Jeden Tag aber werden

dort pro Minute 125.000 m<sup>2</sup> Waldes abgeholzt.

Die allgemeine Umweltproblematik betrifft die Atmosphäre, die Biosphäre und die Lithosphäre.

Pro Kopf-Verbrauch ausgewählter Mineralrohstoffe in Österreich von 1983-1985 in kg

wird? Es bleibt uns also nicht mehr allzuviel Zeit zum Umdenken und zum Gegensteuern. Oder vertrauen wir auf Gaia, daß sie die Welt wieder ins rechte Lot bringt?



Letzte Vorkommensmeldungen von Säugetieren und Vögeln in Österreich (nach J. GEPP, 1986, Umweltreport Österreich)

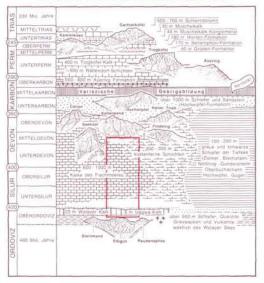
### Naturpfad Plöckenpaß

In der Lawinenrinne vom Cellon finden sich über eine Strecke von etwa 60 m Gesteine des Erdzeitalters Silur, wie sie an keiner anderen Stelle in Europa in ähnlich klarer Weise vorkommen. Mit dem Beginn wenige Meter unter dem Steig bilden verschieden gefärbte Kalke, Kalksandsteine und Schiefer die Unterlage des Cellons. Aus den im Gestein eingeschlossenen Fossillen geht hervor, daß sie über einen Zeitraum von etwa 50 Millionen Jahren Schicht um Schicht in einem flachen Meer abgelagert wurden. Ihr Beginn liegt bei etwa 450 Millionen Jahren, die obersten Partien sind etwa 400 Millionen Jahre alt. Noch jüngere Kalke folgen darüber und reichen bis zum Gipfel.

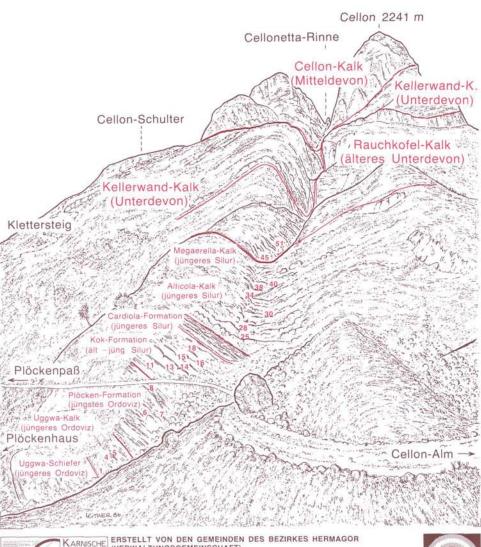
Die einzelnen Abschnitte des Profils haben verschiedene Namen. Unter dem Weg werden von unten nach oben unterschieden: Uggwa-Schiefer, Uggwa-Kalk (Nr. 1–5), Plökken-Formation (Nr. 6–8). Über dem Steig folgen die Kok-Formation (Nr. 9–20), Cardiola-Formation (Nr. 21–24), Alticola-Kalk (Nr. 25–39), Megaerella-Kalk (Nr. 40–47) und Rauchkofel-Kalk (ab Nr. 48).

Aufgrund der ungestörten Lagerung, der in einzelnen Schichten häufigen Fossilien und der Möglichkeiten, diesen Ausschnitt weiter zu untergliedern und mit gleich alten Gesteinen in anderen Gebieten der Erde ausgezeichnet vergleichen zu können, gilt diese Gesteinsabfolge gleichsam als Standard für diese Zeit der Entstehungsgeschichte der Alpen. Das Vorkommen ist Ende des vorigen Jahrhunderts entdeckt worden. Seither wurden seine Gesteine und die darin enthaltenen verschiedenen Gruppen von Versteinerungen wiederholt wissenschaftlich untersucht. Die aufgemalten Zahlen markieren entnommenes Probenmaterial.

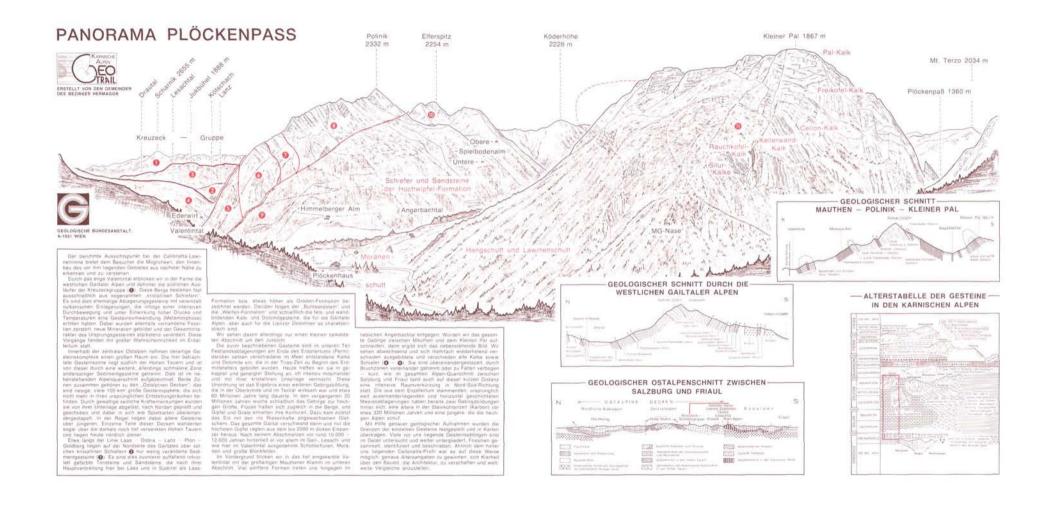
# —ALTERSTABELLE DER GESTEINE— IN DEN KARNISCHEN ALPEN

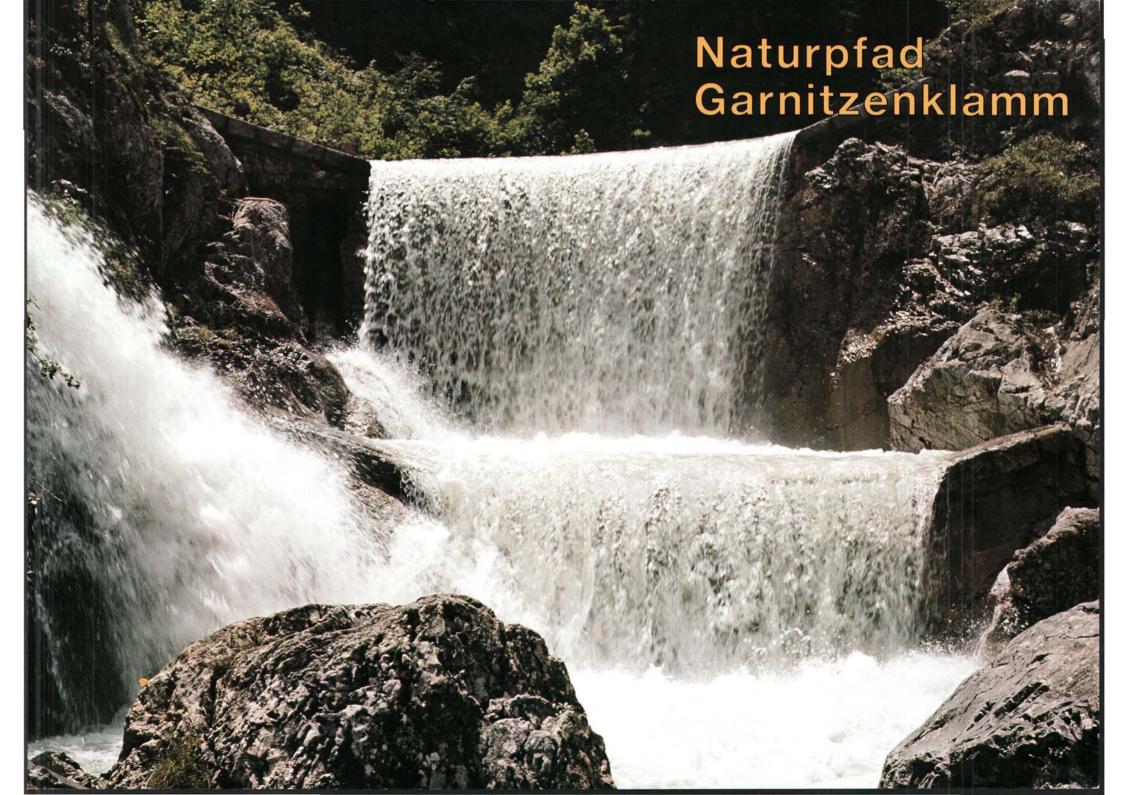


# DIE CELLONETTARINNE









# Naturpfad Garnitzenklamm Hermagor Route: Parkplatz (612 m) - Ida-Warte - Franzens Warte Eggeralm - Unterstand - Klause (1107 m) Länge: Rund 6 km (1 Strecke) Dauer: 4 Stunden (mit Rückweg) St. Urbani 879 m 1. Abschnitt Ida-Warte Franzens Warte 2. Abschnitt 500 m Hermagor Unterstand 3. Abschnitt Hermagor 4. Abschnitt Klause 1107 m Kühweger Alm Garnitzenalm

#### Standort

Beginn Garnitzenklamm, Höhe 612 m.

#### Georama

Der über eine Strecke von 6 km führende geologische Lehrpfad reicht vom Beginn der Garnitzenklamm in einer Seehöhe von 612 m bis zu ihrem Ende in 1107 m Höhe. Auf 12 Tafeln, die in unregelmäßigen Abständen entlang des Steiges aufgestellt sind, geben wir einen Einblick in die wechselvolle Gesteinswelt, die wir in der Klamm antreffen, lernen ihre Entstehungsgeschichte kennen und damit ihr Alter.

Vor uns liegen bis zu 460 Millionen Jahre alte Gesteinsmassen. Am Ende der Klamm treffen wir immerhin noch rund 250 Millionen Jahre alte Gesteine. Diese ehrwürdigen Zeugnisse längst vergangener Erdepochen durchschreiten wir innerhalb von 2–3 Stunden, verweilen bei diesem oder jenem der 12 Haltepunkte länger oder kürzer. Jeder für sich ist ein Dokument der Erdgeschichte und über die Klamm hinaus von Bedeutung.

Als Haltepunkte haben wir sowohl wenig auffallende als auch beeindruckende ausgewählt, solche, die vom Wanderer mit "Füßen getreten" werden, aber auch solche, die schon bisher bei tausenden Besuchern Verwunderung und Staunen hervorgerufen haben. Jeder für sich möge

Anregung zum Nachdenken sein und dazu beitragen, die Natur mit noch weiter geöffnetem Auge zu durchschreiten, Fragen zu stellen und nach Antworten zu suchen.

Das Verlassen des markierten Wanderweges ist vielenorts gefährlich, insbesondere in den mit Seilen versehenen Bereichen. Diese Warnung gilt auch für die Umgebung einzelner Haltepunkte, deren Begrenzung in keinem Fall überstiegen werden darf. Gesteinsentnahmen sind im Naturschutzgebiet der Klamm nicht erlaubt.

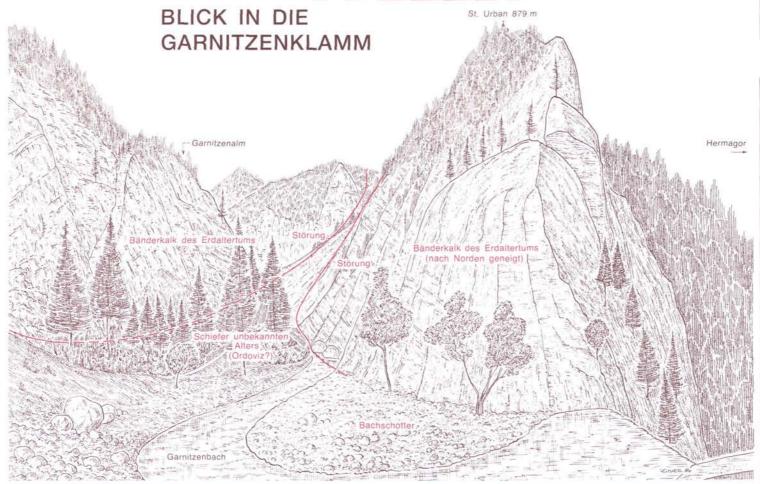
#### Nächster Standort

Wehr im Garnitzengraben.

# Haltepunkt 2

#### Standort

Panoramatafel neben dem Wehr (siehe nächste Seite).







GEOLOGISCHE BUNDESANSTAL

ERSTELLT VON DEN GEMEINDEN DES BEZIRKES HERMAGOR (VERWALTUNGSGEMEINSCHAFT)

Was ist eine Klamm und wodurch unterscheidet sie sich von einer Schlucht?

Eine Klamm ist ein enges, tief eingschnittenes Tal, das nahezu senkrechte, oft sogar überhängende Wände hat und auf sehr räsche und starke Erosion hinweist. Eine Schlucht ist hingegen ein tief eingeschnittenes, verengtes Tal, in dem die Erosion infolge widerstandsfähiger Gesteine geringer war.

Wenn wir uns zu Beginn unserer geologischen Wanderung die Frage nach der Entstehung dieses Naturdenkmals stellen, so hat dies gute Gründe. Hier können wir sie nämlich solort beantworten.

Beide Tattlanken bestehen aus sogenannten Bänderkalken, das and Kalke, die druch einsetlige Druckbelastung
ein schieferartiges Aussehen erhielten, grob kristallisierten
und in ihrem Gesamtcharakter mehr oder weniger stark
verandert wurden. Solche Umwandlungen finden wir häufig
an der Nordseite der Karnischen Alpen. Vereinfacht formeitert, ist die Ursache in der enormen Auftast der darübertiegenden Gesteinspakete zu suchen und zwar zu einer Zeit,
als die Klämmgesteine noch nicht durch Erosion frei an der
Erdoberfläche lagen. Auch ist das hohe Alter der Gesteine
zu berücksichtigen, das zwischen 350 und 400 Millionen
Jahren liegt. In ihrer Leidensgeschiichte erlebten sie zwei
Gebirgsbüldungen, die ättere vor etwa 320 Millionen Jahren,
die jungere während der Alpenfaltung, Durch beide
Ereignisse wurden die ursprünglich horizontal gelagerten
Kalke gekippt, verbogen, geschiefert und gegenseitig verstellt

Bei genauerem Hinsehen erkennt man, daß die grauen Banderkalke keinesfalls massig und strukturlos sind, sondern in den Berg hinsen geneigt sind. Besonders am Fuß der rechten Feiswand ist dieses "Einfallen" deutlich erkennbet. Weniger klat jet es auf der linken Seite: wo die Schichten nahezu senkrecht aufgerichtet sind. Für die Entstehung der Klamm war entscheidend, daß

Für die Entstehung der Klamm war entscheidend, daß das Iließende Wasser Schwächezonen im Gestein vorfand und ihnen folgte Es sind dies entweder durch Brüche oder Klüfte aufgelockerte Gesteinspartien oder weichere Gesteine, in erster Linie Tonschiefer, die sich härteren zwischenschaften. Sie halten dem Angriff des Wassers weniger stand als Kalke und werden entsprechend rascher fortgespolf.

In diesem Abschnitt der Klamm sind es vor allem graue und schwarze Schiefer, die sich mit Dicken zwischen 5 und 20 m zwischen die alles dominierenden Banderkalke einschalten. Wir sehen sie wenige Meter vor uns am Steig, im Bachbett und bei der ersten Brücke. Hier sollte auch die Neigung der Kalke in den Berg hinein beachtet werden und die völlig glatte Felswand, die für den Geologen ein klarer Hinweis darauf ist, daß zwischen beiden Gesteinen Bewegungen stattgefünden haben und der ursprüngliche Zusammenhang zwischen Kalken und Schiefern nicht mehr vorhanden ist. Die Schwächsche im Gestein war somit Wegbereiter für den Lauf des Masserse.

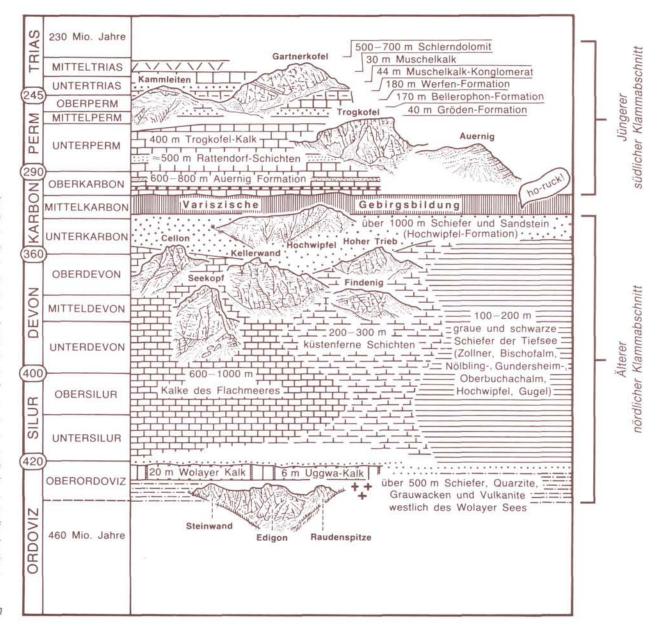
#### Standort

1. Brücke.

#### Georama

Grauer Bänderkalk. Die Felswand an der Nordseite der Klamm wird aus Bänderkalken aufgebaut. Es sind dies im Meer der Vorzeit abgesetzte ehemalige Kalkschlämme, die im Laufe von Jahrmillionen zu hartem Fels verfestigt wurden. Einseitige gerichtete Druckbelastung, wie in einem Schraubstock, führte zu einer starken Verformung des Gesteins, dem ein streifenartiges Muster aufgeprägt wurde. Infolge erhöhter Temperaturen und entsprechender Drucke sind fast alle ursprünglichen Merkmale verloren gegangen, fast alle Versteinerungen zerstört worden. Nur bei genauem Hinsehen erkennt der Kennerblick, daß dieses Gestein einmal geschichtet war: Undeutlich sind im unteren Wandbereich Flächen angedeutet, die in den Fels hineinweisen. Die glatte Wand, auf die wir blicken. ist eine Störungsfläche, an der unterschiedliche Gesteine aneinandergrenzen und gegeneinander bewegt wurden. Hier grenzen Bänderkalke gegen grünlichgraue Schiefer (zu sehen etwa 20 m nach der Brücke), die wesentlich älter sind, auf jeden Fall aber im erdgeschichtlichen Kalender nicht zueinander passen. Ihre heutige enge Nachbarschaft geht also auf Bewegungen zu-

Alterstabelle der Gesteine der Karnischen Alpen



# Naturpfad Garnitzenklamm

rück, die diese Gesteine in der Vergangenheit ausführten. Gebirgsbildungen werden dafür verantwortlich gemacht.

#### Alter

Bänderkalke: Erdaltertum, Devon, 360-400 Millionen Jahre.

Schiefer: Erdaltertum, vermutlich Ordoviz, älter als 440 Millionen Jahre.

### Entstehung

Durch Vergleiche mit weniger stark deformierten Gesteinen und ganz wenigen Fossilfunden wissen wir, daß dieses Gestein im warmen und flachen Devon-zeitlichen Meer gebildet wurde. Kalkschlamm wurde dabei einerseits direkt aus dem Meerwasser ausgeschieden, andererseits kamen Reste abgestorbener Lebewesen dazu, wie z. B. von Seelilien (Crinoiden), Korallen und zu den Kalkschwämmen gestellten Organismen (Stromatoporen), die über Jahrmillionen hinweg

zu einem mehrere 100 m dicken Gesteinspaket anwuchsen. In der Steinkohlen-zeitlichen und alpidischen Gebirgsbildungszeit wurde dieses Gestein aus dem Meer herausgehoben, verformt und zusammen mit älteren und jüngeren Gesteinen an seinen heutigen Platz geschoben.

#### Nächster Standort

2. Brücke.

# Haltepunkt 4

#### Standort

2. Brücke.

# Georama

Dunkelgraue sandige Tonschiefer. Bei der 2. Brücke quert der Klammsteig dunkelgraue Tonschiefer. Von der Brücke überblicken wir ihre volle Breite, sie füllen hier das Bachbett aus. Längs geologischer Störungen grenzen sie sowohl an die glattflächigen hellgrauen Bänderkalke der nördlichen wie auch der südlichen Felswände der Klamm, die hier über 100 m hoch sind.

Die vor uns liegenden Schiefer sind im Vergleich zu den kompakten Kalken wesentlich weicher und setzen dementsprechend dem fließenden und erodierenden Wasserstrom weniger Widerstand entgegen. Diesem Umstand verdankt die Garnitzenklamm ihre Entstehung. Dazu kommt, daß infolge des verschiedenen Alters der Schiefer und Kalke zwischen beiden Gesteinen Störungslinien verlaufen, die ebenfalls eine Auflockerung des Gesteinsverbandes und in der Folge eine stärkere Abtragung des losen Materials bewirken.

#### Alter

Erdaltertum, jüngeres Ordoviz, etwa 450-460 Millionen Jahre.

### Entstehung

Die intensiv geschieferten, etwas sandigen tonigen Gesteine zählen zu den ältesten Serien in den Karnischen Alpen. Hier fehlen allerdings Fossilien, um exakte Altersangaben machen zu können. Durch Vergleiche mit weniger stark beanspruchten Gesteinen in diesem Gebiet wissen wir, daß diese Ablagerungen in Küstennähe eines mäßig warmen Flachmeeres entstanden sind. Durch Flüsse eines heute längst nicht mehr existierenden Gebirges wurde hauptsächlich feinkörniger Verwitterungsschutt in das große Teile Mittel- und Südeuropas einnehmende Urmeer eingeschwemmt. Daneben setzten sich aber auch gröbere Sandstein-ähnliche Gesteine

ab, ja es gab zeitweise sogar vulkanische Eruptionen großen Ausmaßes, deren Zeugnisse wir noch heuten in den westlichen Karnischen Alpen (Hochweißsteinhaus, Obstanser See) wiederfinden. Auf diesem ältesten Fundament liegen alle, in den folgenden Millionen von Jahren entstandenen Gesteine dieses Gebirges.

Nächster Standort

# Haltepunkt 5

#### Standort

Ida-Warte.

### Georama

Bänderkalke. Unter der Ida-Warte stürzt der Garnitzenbach als Wasserfall über die uns be-

reits bekannten Bänderkalke. Die diese Kalke trennenden älteren Schiefergesteine ziehen unter dem großen Schuttfeld in die westlich davon gelegene Felsnische im Süden der Urbanikirche.

Im Bachverlauf stellen wir ein leichtes Umschwenken nach Süden zu fest. Hier folgt der Garnitzenbach nicht – wie tiefer unten – Schiefern, sondern einer geologischen Bruchzone, die

die Bänderkalke quer durchsetzt. Sie war Wegbereiter für das fließende Wasser.

## Nächster Standort

Franzens-Warte.

#### Standort

Franzens-Warte, 3. Brücke.

#### Georama

Bunte Bänderkalke. Wir befinden uns im schluchtartigen engsten Teil der Klamm. Von der Brücke blicken wir auf eindrucksvolle Strudeltöpfe, die durch in stationären Wasserwirbeln rotierende Blöcke und Kiesel aus dem Felsuntergrund in kurzer Zeit herausmodelliert wurden. Es entstanden runde Felsnischen, Kolke und tiefe Strudeltöpfe. Direkt unter der Brücke ist das Gestein durch beigemengte Eisenverbindungen deutlich bunt gezeichnet. Es sind das die ursprünglichen Farben, die mitunter von Schicht zu Schicht von grau über rötlich zu grünlich

wechseln können. Die Schichtung ist heute in den Fels hineingerichtet. Dies ist das Ergebnis gebirgsbildender Kräfte, die auf die am Meeresboden horizontal abgelagerten Schichten einwirkten und sie unter seitlichem Druck zusammenpreßten, verfalteten und örtlich sogar bis 90° kippten.

#### Alter

Erdaltertum, Devon, etwa 380 Millionen Jahre.

# Entstehung

Das genaue Alter der Klammbildung wissen wir nicht. Wir können aber davon ausgehen, daß die Karnischen Alpen und damit das Naßfeld be-

reits vor Beginn der letzten Eiszeit, d. h. vor mehr als etwa 100.000 Jahren durch Bäche entwässert wurden, die in die Gail mündeten. Im letzten Hochglazial, das ist die Phase der maximalen Eisbedeckung vor rund 20.000 Jahren, erfüllte das gesamte Gailtal ein bei Hermagor bis in Höhen zwischen 1700 und 1800 m reichender Eisstrom. In der folgenden Zeit des Eiszerfalls und dem Rückzug der Gletscher in die Nebentäler der Gail führten die Seitenbäche riesige Mengen von Schmelzwasser und Lockermaterial. Die dadurch bedingte starke Erosion schuf das heutige Bett des Garnitzenbaches, der sich fortlaufend weiter eintieft.

#### Nächster Standort

Bachufer, etwa 300 m entlang des Steiges.

# Haltepunkt 7

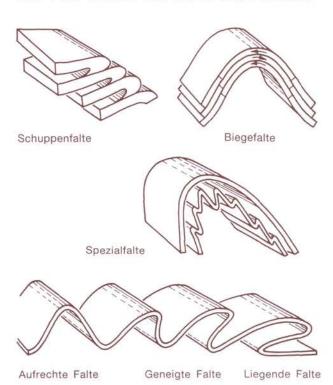
### Standort

150 m südlich Franzens-Warte.

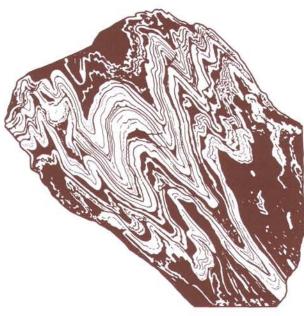
#### Georama

Etwa 100 m nach der Franzens-Warte enden die charakteristischen hellen Bänderkalke. Nun folgt eine Zone aus sehr verschiedenen Gesteinen, bestehend aus graugrünen Schiefern, dunkelgrauen plattigen Kalken und schwarzen, rußig abfärbenden Schiefern. Es sind das in der Klamm die ältesten Gesteine, die in sich aber vielfach ineinandergepreßt und verfaltet sind. Am östlichen Bachufer bietet sich der beste Einblick in den geologischen Bau dieses Teils der Klamm. Eng umgrenzt, sehen wir in der Mitte einen schwarzen Bereich mit Kohlenstoff-reichen Schiefern. Nach oben, genauso aber auch nach Norden und Süden folgen schalenartig immer hellere Gesteine bis zuletzt die bereits bekannten Bänderkalke.

Hier ist als eines der wenigen Beispiele in den Karnischen Alpen vom Wasser ein "Faltenkern" freigelegt worden, der zwar in sich ebenfalls stark zerquetscht ist, dennoch das Grundprinzip einer Falte bewahrt hat: Wie in einem Schraub-



Verschiedene Faltentypen



Beispiel einer extremen Spezialfalte in kristallinen Gesteinen (Gneis)

stock sind verschiedene, am Meeresboden über Jahrmillionen hinweg abgelagerte Schichten im Verlaufe von Gebirgsbildungen zusammengepreßt und zu Falten verbogen worden. Nach ihrer Hochhebung zu einem Gebirge setzte Abtragung ein, Gräben fraßen sich in die Berge. Durch die Erosionskraft des Garnitzenbaches wurde ein kleiner Teil einer Falte freigelegt. Das kommt sehr selten vor: In den Karnischen Alpen sind nämlich infolge zweier Gebirgsbildungen und lang andauernder tektonischer Bewegungen Faltenstrukturen meistens bis zur Unkenntlichkeit zerstört und zu kleineren Schuppen zerlegt.

Im weiteren Verlauf des Weges, der auf eine Länge von rund 200 m in die Wand gesprengt ist, beachte man die deutlich im Bachbett sichtbare Schichtung der Gesteine, ihre wie bunte Bänder wechselnden Gesteinsfarben und die im Gestein sichtbaren spitzen Falten, die uns ebenfalls einen Hinweis auf die gewaltige Zusammenpressung geben, die in der Klamm einmal stattfand.

#### Alter

Erdaltertum, jüngeres Ordoviz bis jüngeres Silur, rund 400-450 Millionen Jahre.

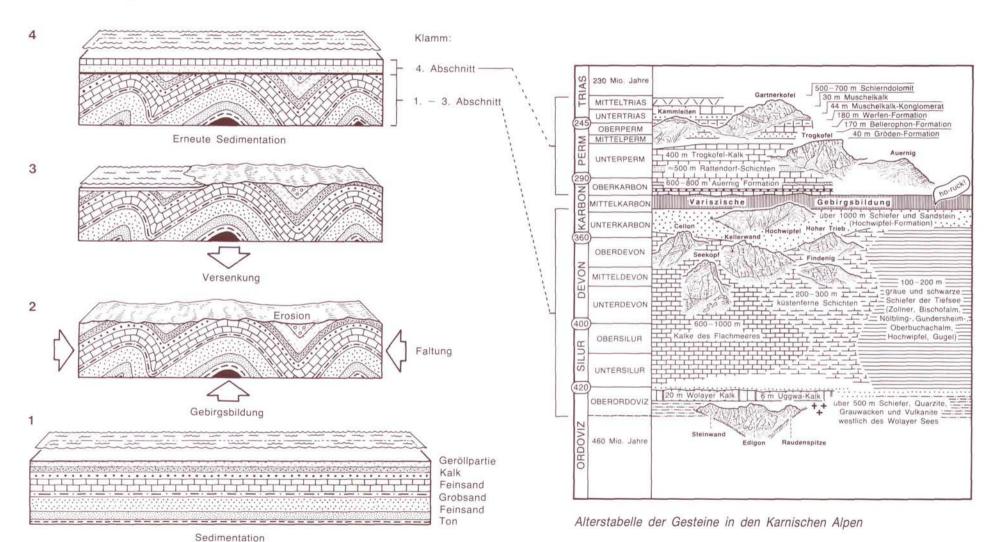
### Entstehung

Die schwarzen Schiefer wurden in einem schlecht durchlüfteten, Sauerstoff-armen, überwiegend ruhigen, aber nicht sehr tiefen Meeresbecken in Form von Faulschlamm abgesetzt. Dieses lebensfeindliche Milieu erklärt das Fehlen von Versteinerungen. Lediglich Graptolithen, das sind in den oberen Wasserschichten schwebende Tiere mit chitiniger Skelettsubstanz, die nach ihrem Tode zu Boden sanken und im Schlamm eingebettet wurden, finden sich in derartigen Ablagerungen. Diese Tiere sind seit rund 300 Millionen Jahren ausgestorben.

An dieser Stelle wurden bisher allerdings noch keine Graptolithen gefunden, da auch dieses Gestein – wie die Kalke der Umgebung – durch gebirgsbildende Prozesse (hohe Drucke und Temperaturen) zu stark verändert ist.

### Nächster Standort

7. Brücke südlich des Unterstandes.



Schema zum Ablauf geologischer Ereignisse in den Karnischen Alpen

#### Standort

7. Brücke.

#### Georama

Zwischen dem Unterstand und dem jetzigen Standort führt der Steig erneut durch eine enge Schlucht, die ebenfalls in Bänderkalken angelegt ist. Auf dieser Strecke fehlen allerdings Schiefer, denen im Normalfall der Garnitzenbach folgt. Nach ihrem Durchschreiten öffnet sich plötzlich die Klamm zu einem grabenartigen Einschnitt. Hier beginnt denn auch ein geologisch völlig anderer Abschnitt.

An der "Schwarzen Wand" über und hinter unserem Standort enden die hellen Bänderkalke längs einer scharfen, wie mit dem Messer gezogenen Linie. Diese geologische Störung ("Schwarzwipfel-Störung") trennt die bis jetzt durchschrittene Altgesteinszone des nördlichen Klammabschnittes von den wesentlich jüngeren Gesteinen in der Umgebung des Gartnerkofels. Es ist eine Bruchzone, die das gesamte Gebirge von Nordnordwesten nach Ostsüdosten durchsetzt. Grobes Blockwerk begleitet sie. Bei näherem Hinsehen erkennen wir, daß der Schutt aus anderem Gesteinsmaterial besteht als wir bisher vorfanden. Im weiteren Verlauf unserer Wande-

rung werden wir diese Gesteine näher kennenlernen. Ihre Namen und ihr Alter sind in der Tabelle eingetragen.

#### Nächster Standort

Wasserfall gegen Ende des 3. Abschnittes.

# Haltepunkt 9

#### Standort

Wasserfall vor Ende des 3. Klammabschnitts.

### Georama

Der Abschnitt, den wir seit dem letzten Haltepunkt durchschritten haben und in der Folge weiter durchwandern, lag ursprünglich nicht an diesem Platz. Er ist durch geologische Kräfte, die zuerst horizontal wirkten und anschließend die verschiedenen, wie Spielkarten übereinandergestapelten Gesteinsschichten vertikal und seitlich gegeneinander verschoben, an seinen heutigen Platz gelangt. Geologen sprechen von einer "Decke". Zu ihr gehören große Teile des Naßfeldgebietes mit dem Gartnerkofel. Der ursprüngliche Entstehungsort dieser Gesteine lag einige Kilometer weiter im Süden. Im Verlaufe der Alpenfaltung wurden sie in Form einer Decke über andere Gesteine hinweg nach Norden gepreßt, bis sie an der "Schwarzen Wand" (Standort 8) gleichsam anprallten. Am Wasserfall sind die tieferen Teile dieser Decke prachtvoll erschlossen. Es sind fossilreiche ungeschichtete graue und rötliche Kalke, die nach ihrem Hauptvorkommen am Trogkofel als "Trogkofel-Kalke" bezeichnet werden. Am übernächsten Standort sehen wir sie aus der Nähe.

Dieses Vorkommen ist relativ klein. Es bildet eine Felsstufe, über die der Garnitzenbach als Wasserfall stürzt. Der umgebende Schutt liegt auf Schiefern, die leichter und rascher verwittern als die harten Kalke. Sie setzen dem fließenden Wasser stärkeren Widerstand entgegen, die Einkerbung des Baches hält daher mit der Erniedrigung der Umgebung nicht Schritt.

#### Nächster Standort

Beginn 4. Abschnitt.

#### Standort

Beginn 4. Abschnitt.

#### Georama

Im letzten Abschnitt der Klamm quert der Steig Kalke, in die der Garnitzenbach tief eingeschnitten ist. Zu Beginn erkennen wir flach gelagerte, deutlich geschichtete und knollig verwitternde dunkle Kalke, die auf beiden Grabenseiten gleich sind. Es ist die geschichtete, sogenannte "Obere Pseudoschwagerina-Formation". Nach etwa einem Drittel des Weges bis zur Klause folgen plötzlich massige ungeschichtete helle Kalke, die als "Trogkofel-Kalke" bezeichnet werden. Beide Gesteine sind gegen Ende des Erdaltertums in der Perm-Zeit entstanden.

#### Alter

Erdaltertum, älteres Perm, rund 280 Millionen Jahre.

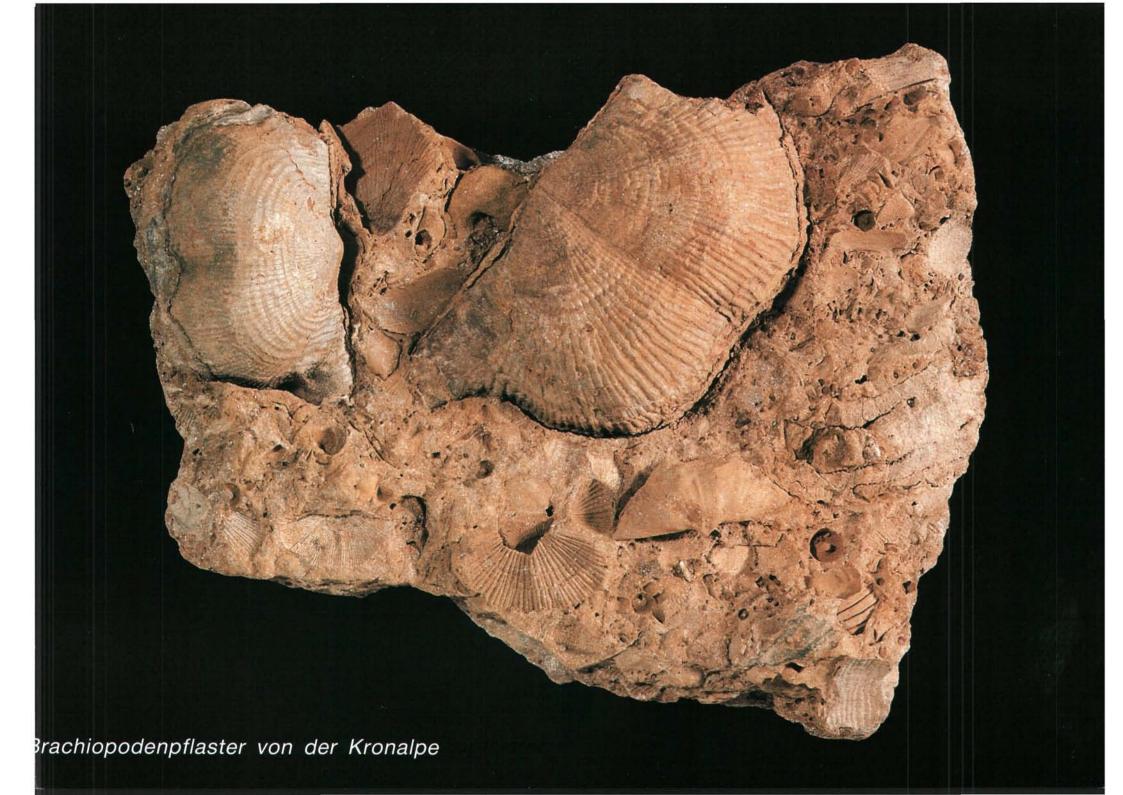
# Entstehung

Die Obere Pseudoschwagerina-Formation ist reich an Versteinerungen. Mit freiem Auge sieht man die Getreidekorn-großen Kammerlinge, die Foraminiferen, deren wichtigste Gruppe die hier zahlreich vorkommenden spiralig aufgerollten, kompliziert gebauten Fusulinen sind. Sie gaben diesem Gestein den Namen. Weiters finden sich kleine Schnecken, Korallen, Moostierchen, Armfüßer, Seelilien, Kalkalgen und eine Reihe von Mikrofossilien.

Von diesen Kleinlebewesen sind ebenso wie von den größeren Tieren nur mehr das Skelett bzw. die Schalen erhalten und im umgebenden Kalkgestein eingebettet. In einzelnen Lagen des Gesteins sind sie sehr häufig, in anderen aber selten. Dann helfen Dünnschliffe und chemische Analysen, die dem Geologen Auskunft über die Zusammensetzung und die Entstehung des Gesteins geben. Danach ist dieser Kalk vor rund 280 Millionen Jahren in einem landfernen, in Wassertiefen von wenigen Metern bis einigen Zehner Metern, gut durchlichteten, nährstoffreichen und warmen Schelfmeer abgelagert worden, das nach der Steinkohlen-zeitlichen Gebirgsbildung ganz Südeuropa überflutete. Die Zeugnisse dieser Zeit sind die vor uns liegenden und zu Stein gewordenen Meeresschichten, die viel später erst in diese Höhe von fast 1100 m gehoben wurden.

#### Nächster Standort

Rund 80 m entlang des Steiges.



#### Standort

4. Abschnitt, mittlerer Teil.

#### Georama

Wenige Meter hinter uns liegt der Wechsel von geschichteten dunklen Kalken zu ungeschichteten hellgrauen und rötlichen Kalken. Nach dem Hauptvorkommen westlich vom Naßfeld wird dieses Gestein als Trogkofel-Kalk bezeichnet. Beiderseits der Klamm passen diese Gesteine nicht genau zusammen, sie sind im Bachbett wenige Meter gegeneinander verschoben. Hier hat also der Bach eine Schwächezone im Gestein vorgefunden und sich darin eingetieft (eine Überprüfung sollte aber unterbleiben, da diese zu gefährlich ist!).

#### Alter

Erdaltertum, älteres Perm, rund 280 Millionen Jahre.

### Entstehung

Dieses Vorkommen war ursprünglich Teil einer großen Kalkplatte, die sich nach Osten und Westen über viele Kilometer ausdehnte. Ihre heutige Zerrissenheit geht auf Verschiebungen während der Alpenfaltung zurück.

Der Trogkofel-Kalk liegt über der Oberen Pseudoschwagerina-Formation und ist daher jünger als diese. Im äußeren und inneren Erscheinungsbild tritt ebenfalls ein Wechsel ein. Dieses Gestein enthält eine leicht veränderte Fossilgemeinschaft, der Chemismus und der Gesteinsaufbau unterscheiden sich von der Unterlage. In den Kalken finden sich zahlreiche Einzeller (Foraminiferen), Bruchstücke großer Seelilien (Crinoiden) sowie Kalkschwämme, weiter

versteinerte Algen, Moostierchen (Bryozoen), Armfüßer (Brachiopoden), Korallen und Muschelkrebse (Ostrakoden). Am flachen Meeresboden bauten vor allem verschieden geformte Algenkrusten und Algenröhren sowie Kalkschwämme mehr oder weniger stabile Gerüste, die als Sedimentfänger wirkten. Sie verbanden sich mit benachbarten und bildeten so ausgedehnte, über den Meeresboden aufragende hügelartige Strukturen, ähnlich, aber viel kleiner als die heute bekannten Riffe in tropischen Meeren. Wechselnde Wasserenergie und Strömungen nagten jedoch ständig an diesen lockeren und losen Gerüsten, die zu Schutt zerfielen. Dabei reicherten sich große Mengen von Kalkschlamm und Fossilbruch an, die schließlich zu festem Fels von mehreren hundert Metern Dicke verdichtet wurden.

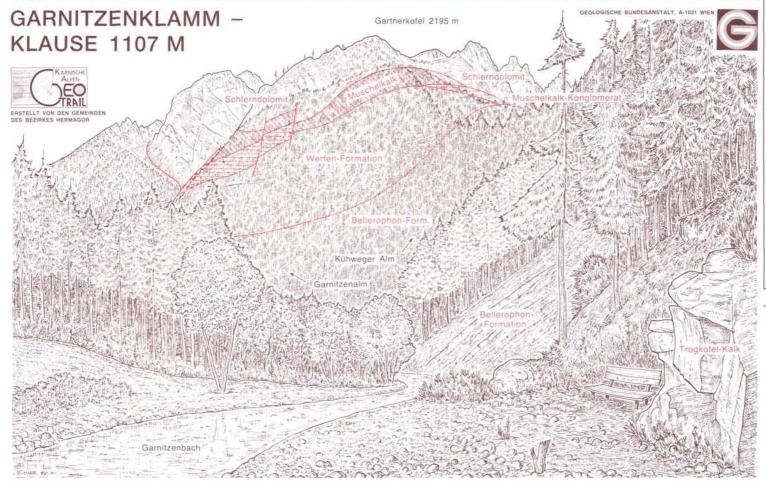
#### Nächster Standort

Ende der Klamm, Klause, Höhe 1107 m.

# Haltepunkt 12

#### Standort

Panoramatafel, Klause 1107 m.



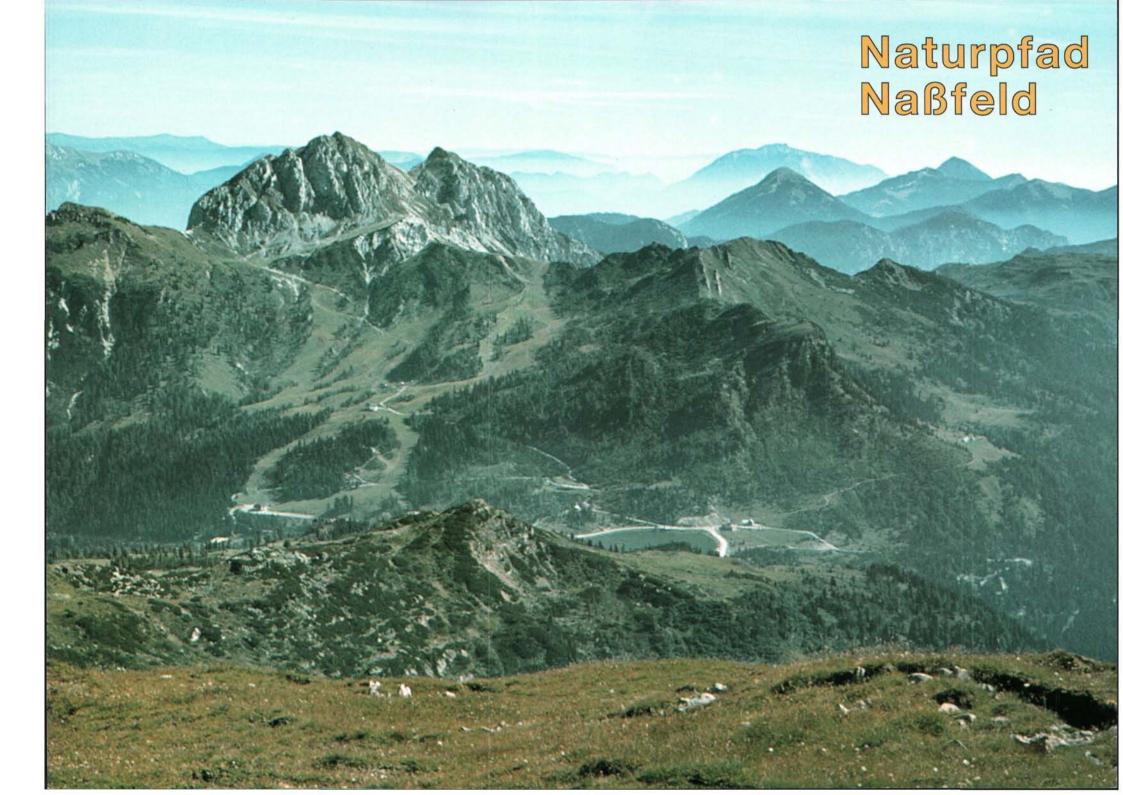
Auf unserer geologischen Wanderung durch die Garnitzenklamm haben wir das Ziel erreicht. Wenige Meter hinter der Rastbank liegt die Gesteinsgrenze zwischen dem hellen Trogkofei-Kalk und der geschichteten Bellerophon-Formation. An dieser Stelle fehlen die üblichen roten Sandsteine und Schiefer der Gröden-Formation. Das bedeutet, daß der Kontakt zwischen beiden Gesteinen eine Störung ist. Sie kann allerdings nicht sehr bedeutend sein, da die fehlenden Gesteine hangautvärts sehr wohl in der richtligen Position vorkommen.

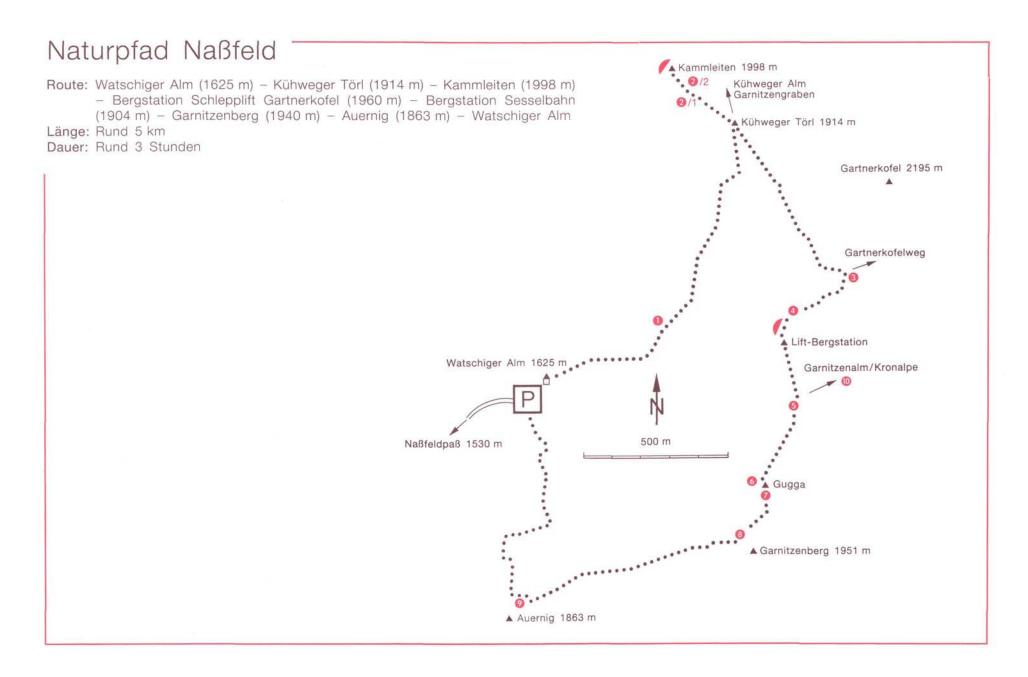
Wir stehen aber auch zugleich am nordöstlichen Fuß des Gartnerkofels. Von unten nach oben folgen bis zum Giptelkreuz immer jüngere Gesteine. Als erstes kommen die dickplaitigen hellen Dolomitgesteine der Bellerophon-Formation. Im mittleren Teil des Mischwaldes vollzieht sich der Übergang zu dünnerplattigen Dolomitte mit Schieferzwischenlagen, sandigen Schiefern, Kalkbänken und rotvioletten Schiefern, die als Werfen-Formation bezeichnet werden. Darüber folgen ein auffallend buntes Kalkkonglomerat, das wir vom Giptel der Kammleiten gut kennen und dort Muschelkalik-Konglomerat nannten sowie darüber der sogenannte Muschelkalik, der Lagen untermerischer vulkanischer Gesteine enthalt Zuletzt treffen wir das Hauptgestein des Garnterkofels, nämlich den aus Südiriot bekannten Schlendolomit. Er bildet die schröften Feiswände, auf denen bevorzugt eine Legföhren-Vegetation wächst.

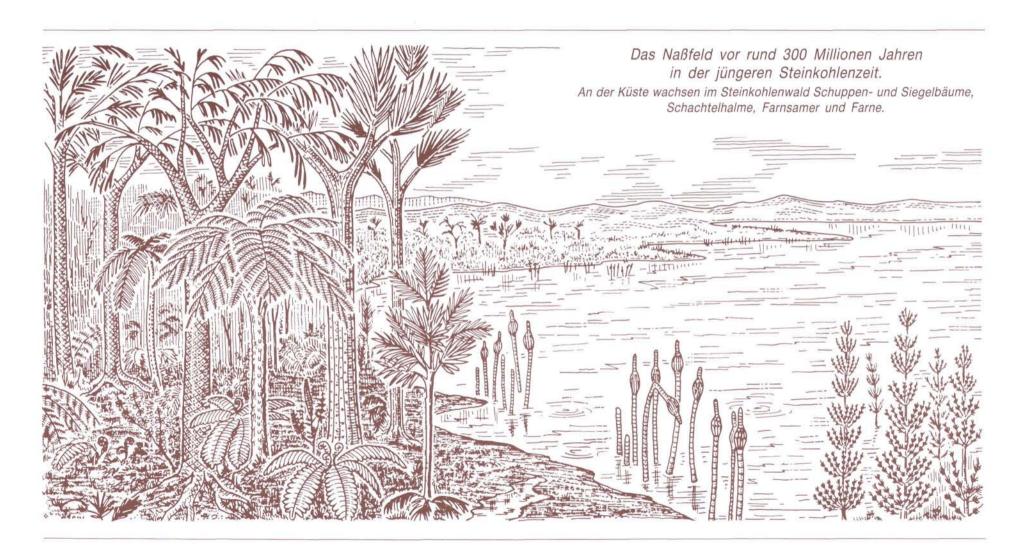
Der Schlerndolomit ist das jüngste Gestein in dieser Gegend. Seine Dicke beträgt über 500 m. Die Dolomit entstanden zwischen etwa 240 und 230 Millionen Jahren vor unserer Zeit in einem warmen, nicht allzu tiefen Flachmeer, dessen Küste wohl nicht sehn weit entfernt lag, im erdgeschichtlichen Kalender gehören sie in die Ladinstufe, das ist eine Untereinheit der Trias-Zeit zu Beginn des Erdmittelalters der Erde. Sieht man vom gelegentlichen Auftreten von Muscheln und versteinerten Algen ab, sind Fossilien darfin recht selten. Dies trifft auch auf die meisten anderen hier genannten Gesteine zu.

# -ALTERSTABELLE DER GESTEINE -IN DEN KARNISCHEN ALPEN









#### Standort

Weg Watschiger Alm – Gartnerkofel, Bergstation Schlepplift.

### Allgemeine Einführung

Die Umgebung des Naßfelds ist weltberühmt wegen ihrer Ablagerungen aus der Steinkohlenzeit, dem Karbon. Sie entstanden vor rund 300 Millionen Jahren. In der folgenden Perm- und Trias-Zeit lagerten sich hier innerhalb von rund 70 Millionen Jahren verschiedene Meeres- und Landschichten ab, die eine Dicke von insgesamt 2,5–3 km haben. Die jüngsten noch rund 230 Millionen Jahre alten Gesteine finden wir am Gipfel des Gartnerkofels. Doch wo liegen die ältesten Zeugnisse aus dieser Zeit?

Die heutigen Alpen sind nicht in einem einzigen Kraftakt entstanden. Schon im Erdaltertum gab es Gebirgsbildungen, die das Antlitz der Erde veränderten. In unserem Fall-wurden davon Gesteine betroffen, die hauptsächlich aus dem älteren Erdaltertum stammen. Es sind dies Kalke und Schiefer unterschiedlicher Ausbildung, die den unteren Gebirgsrumpf aufbauen. Ihre Hauptvorkommen sind im Osten und Westen vom Naßfeld. Sie sind nicht nur älter, sondern im Vergleich zu den Gegebenheiten am Naßfeld viel stärker verfaltet, ineinander gepreßt, gegeneinander verschoben und mehrfach übereinandergestapelt. In anderen Gebieten der Alpen sind die Gesteine durch intensiven Gebirgsdruck und Wärme völlig verändert: Dabei wurden neue

Mineralien auf Kosten der schon vorhandenen gebildeten, teilweise wurden die Gesteine sogar gänzlich aufgeschmolzen. Dem ursprünglichen Gestein wurde gleichsam eine Maske aufgesetzt. Dieser Vorgang fand in der sogenannten steinkohlenzeitlichen Gebirgsbildung vor rund 300 Millionen Jahren statt.

Schon wenige Millionen Jahre nach diesem Ereignis überflutete in der jüngeren Steinkohlenzeit das Meer erneut dieses alte Gebirge, das damit dem Untergang geweiht war. Wie ein Schleier legte sich Schicht für Schicht von neu gebildetem Kalk und Tonschlamm über den alten Sockel, der ständig absank. Freilich sank der Meeresboden über so lange Zeiträume nicht gleichmäßig ab: Ein Teil blieb überhaupt Landgebiet, in anderen Teilen wechseln Land- und Meeresschichten übereinander wiederholt ab. So gibt es in der Schichtfolge des jüngeren Karbons und Perms im Naßfeldgebiet zahlreiche mehrere Meter dicke Kalkbänke, die eine reiche versteinerte Tierwelt und Kalkalgen enthalten. Sie beweisen, daß hier einstmals Meer war. Dazwischen gibt es aber auch sandige Schiefer und Sandsteine, die reich an Pflanzenfossilien wie versteinerten Stämmen. Blättern und Wurzeln sind; ja sogar bis zu 1 m dicke Lagen von Anthrazit kommen vor, die stellenweise abgebaut wurden. Sie beweisen, daß sie an einer Küste oder auf dem Festland entstanden sind. Mächtigere Kalkkörper, wie beispielsweise am Trogkofel, bezeugen einen landferneren Ablagerungsraum, der nur mehr geringen Einfluß vom Festland erkennen läßt und in dem Verhältnisse herrschten, wie wir sie heute in tropischen Meeren wiederfinden.

Das hier skizzierte Bild der Vergangenheit wurde in den letzten 100 Millionen Jahren von der geologischen Gegenwart eingeholt: Alle Gesteine, seien es die des älteren Sockels oder die jüngeren Deckschichten, wurden von Faltungen erfaßt und deformiert, verfaltet, verbogen und gegeneinander verschoben, um zuletzt zu einem Gebirge, den Alpen, hochgehoben zu werden. An Bruchzonen zerbrachen die Gesteinsplatten. ursprünglich Benachbartes kam neben Fremdem. Altes neben Jüngerem zu liegen. Solche Deformationen sehen wir am Berghang im Süden hinter uns, wo die grauen Kalkbänke der jüngeren Karbon-Zeit eine deutliche Großfalte nachzeichnen. Dahinter, gegen den Fuß des Gartnerkofels zu, trennt eine bedeutende Störung die gefaltete Gesteinszone von den Dolomiten der Trias-Zeit, die die Gipfelregion des Gartnerkofels aufbauen. Wir beobachten im Kleinbereich von wenigen hundert Metern, was sich im Großen in den gesamten Alpen in der geologischen Vergangenheit ereignet hat! Diesen Überblick vermitteln die beiden Panoramen bei den höheren Aussichtspunkten.

#### Nächster Standort

Tafel 2 zwischen Kühweger Sattel und dem Gipfel der Kammleiten.

# Haltepunkt 2/1

#### Standort

Zwischen Kühweger Sattel und Kammleiten, Höhe 1960 m.

#### Georama

Muschelkalkkonglomerat. Der Gipfel der Kammleiten wird von einem für das Naßfeldgebiet einzigartigen Gestein aufgebaut, das in dieser Gegend nur noch an der Ostseite des Gartnerkofels vorkommt. Deutlich erkennen wir verschieden bunte, Dezimeter-große, meist gut gerundete Gerölle aus Kalkstein und Dolomit, die fest miteinander verbunden sind. Solche verfestigte Schotter werden als Konglomerat bezeichnet. Der Zusatz "Muschelkalk" weist auf sein Alter am Beginn der Trias-Zeit hin, in der vergleichbare Kalke in weiten Gebieten Mitteleuropas in einem ausgedehnten Flachmeer abgelagert wurden.

Diese Gesteine haben auf der Kammleiten eine Dicke von etwa 44 m. Genaugenommen sind es zwei Konglomeratplatten, eine tiefere etwas dünnere und eine obere dickere am Gipfelplateau. Zwischen beiden liegt ein etwa 4 m dikkes grünliches Gestein, das als Dazit-Tuff bezeichnet wird. Sein Ursprung ist in einem nahe-

gelegenen, wohl untermeerischen Vulkan zu suchen.

Die Gerölle des Konglomerates bestehen aus Komponenten der unmittelbar darunterliegenden Gesteine, die die Wand im Norden der Kammleiten aufbauen. Es sind vorwiegend rotbraune und rosa gefärbte Dolomite und Kalke, graue Dolomite, rosa Schieferbruchstücke und vulkanische Gerölle. Einzelne Fragmente erreichen Größen bis zu 1/2 m Durchmesser. Das sind aber Ausnahmen, die durchschnittlichen Größen liegen um 10 cm. Im Konglomerat fehlen Fossilien, sieht man von Mikrofossilien in den Geröllen selbst ab. Nach dem Aufbau und der Zusammensetzung des Gesteines sind die Ursprungsgesteine in einem sehr flachen, zeitweise stark bewegten Meer entstanden.

#### Alter

Erdmittelalter, ältere Trias (Anis-Stufe), rund 240 Millionen Jahre.

# Entstehung

Die Rundung der Gerölle ist die Folge von Abrollung und Transport ursprünglich eckiger Kalkund Dolomitbruchstücke. Ähnliche Gesteine finden wir heute z.B. in Flüssen, die große Mengen von Schottern mit gut gerundeten Geröllen transportieren, um sie schließlich irgendwo am Schelf abzulagern. Auch an Steilküsten kann sich durch die Brandung reichlich Schutt bilden, der anschließend umgelagert und zerkleinert wird. Doch woher kam dieser Schutt?

Die Gerölle des Muschelkalkkonglomerats stimmen mit den Gesteinen, die unmittelbar darunter liegen, völlig überein. Diese Platte zerbrach durch ein bisher rätselhaftes Ereignis vielleicht durch ein Erdbeben oder durch einen Vulkanausbruch, der den Meeresboden erschütterte. Ein Teil des Untergrundes wurde dabei über die Umgebung hochgehoben, ein anderer etwas abgesenkt. Am Fuß der Hochscholle sammelte sich so Schutt aus eckigem Gesteinsbruch an, der in Küstennähe fortlaufend umgelagert, transportiert, zerkleinert und zugerundet wurde. Durch die Auflast der darüber folgenden Gesteinsschichten wurden die einzelnen Gerölle anschließend langsam zu einem Konglomerat zementiert.

## Nächster Standort

Kammleiten.

# Haltepunkt 2/2

#### Standort

Kammleiten, Bohrpunkt, Höhe 1990 m.

#### Georama

An dieser Stelle wurde im Herbst 1986 eine wissenschaftliche Bohrung mit einer Endtiefe von 330 m abgeteuft. Zweck der Bohrung war die Untersuchung der Gesteinsschichten, die zwischen dem jüngsten Erdaltertum und dem Beginn des Erdmittelalters gebildet wurden.

Zu dieser Zeit, das war vor etwa 250 Millionen Jahren, kam es auf der gesamten Erde zu merkwürdigen Veränderungen, deren Ursache bisher unklar war. Unter anderem wurde der Einschlag eines Meteoriten auf der Erde angenommen.

- Weltweit wandelten sich zahlreiche Organismen "plötzlich" um, viele starben aus, neue erschienen. Die Grenze ist eine Art "biologischer Schlagbaum".
- Flachmeere dominierten auf der Erde.
- In den Ozeanen kam es zum Absatz ungeheurer Mengen von Steinsalz, Anhydrit und anderen Salzen.
- Biologisch gebildeter Kohlenstoff und bestimmte Schwefelisotope zeigen auffallende Abweichungen vom Normalwert.
- Die Richtung des Erdmagnetfeldes wechselte.

Mit Hilfe des erbohrten Gesteinskerns wurde versucht, die Ursachen dieser Erscheinungen aufzuklären. Dazu wurden verschiedene geophysikalische Messungen im Bohrloch durchgeführt, der Kern im Detail beschrieben und vermessen, über 400 Gesteinsplättchen aus dem Kern gesägt und Gesteinsdünnschliffe angefertigt, tausende geochemische Analysen der wichtigsten Hauptelemente, von Seltenen Erden, von be-

stimmten Isotopen (C, S, Sr) und Edelmetallen gemacht, die tonigen Beimengungen analysiert, die Wärmebeeinflussung des durchbohrten Gesteins untersucht, die Richtung des Erdmagnetfeldes an Hand von über 500 kleinen, aus dem Kern erbohrten Gesteinszylindern gemessen und schließlich der Gehalt an Mikroversteinerungen von Tieren und Pflanzen bestimmt, um genaue Altersangaben zu erhalten.

Die internationale Auswertung des Probenmaterials ergab folgende Ergebnisse:

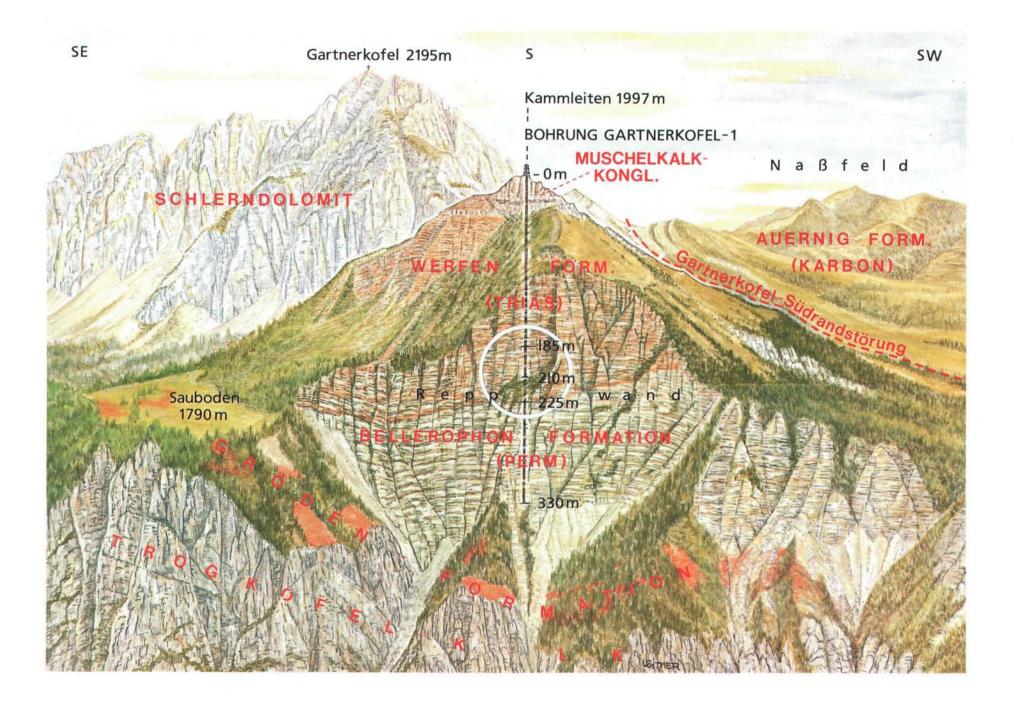
- Die durchbohrten Gesteinsschichten liegen entgegen einer früheren Annahme – vollständig und ungestört übereinander. Die Grenzschichte zwischen dem Erdaltertum und dem Erdmittelalter liegt in 225 m Teufe im Berg.
- Nach dem Gesteinsaufbau und dem Chemismus gleichen sich die Schichten über und unter der Grenze, die zwischen gebankten Dolomitgesteinen liegt. Sie haben allerdings über der Grenze einen höheren Quarzgehalt als darunter. Auch die Fossilien zeigen beiderseits der Grenze deutliche Unterschiede.
- Die Bohrung bestätigte den "Faunensprung", der weltweit vor rund 250 Millionen Jahren an der Wende vom Erdaltertum zum Erdmittelalter beobachtet wird.
- An der Grenze bei ca. 225 m und etwas höher bei ca. 185 m finden sich in den Gesteinen ungewöhnlich hohe Anreicherungen von Iridium, Schwefel, Eisen, Arsen und Kobalt. Auch im Verhältnis von anorganisch zu organisch gebildetem Kohlenstoff kommt es hier zu deutlichen Abweichungen von den Normalwerten ein Hinweis, daß sich in dieser Zeit die Lebensbedingungen auf dem benachbarten Festland wie in den Ozeanen dramatisch verschlechterten.

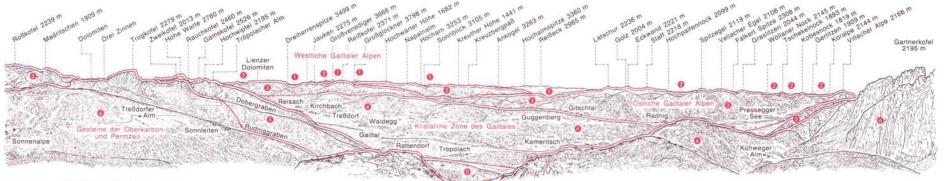
- Die hohen Konzentrationen von Iridium, oft als Indiz für einen Einschlag eines Meteoriten auf der Erde gewertet, unterscheiden sich im Verhältnis zu anderen Spurenelementen von extraterrestrischen Körpern. Der Gehalt an Iridium ist zudem 5-10 mal kleiner als jener, der weltweit in den rund 65 Millionen Jahren alten Kreide/Tertiär-Grenzschichten gefunden wurde und der mit Recht einem Meteoriten zugeschrieben wurde.
- Beiderseits der Perm/Trias-Grenze wechselte das Erdmagnetfeld mehrmals seine Richtung.
- Die Erwärmung der durchbohrten Gesteine hatte nie Werte über 100 Grad erreicht. Über dem Gipfel des Gartnerkofels können daher nie große Massen jüngerer Gesteine gelegen haben.
- Im Bohrloch fanden sich in den Grenzschichten zwischen der Perm- und Trias-Zeit Spuren vulkanischer Tätigkeit.

Die anfangs genannten Besonderheiten dieser Zeitgrenze gehen daher kaum auf einen "Besuch aus dem Weltraum" zurück, sondern sind wahrscheinlich "hausgemachte Ereignisse" auf der Erde: Episodische Meeresspiegelschwankungen, eine verheerende Vergiftung des Meeres, zu plötzlicher Temperaturanstieg, krasse Änderung des Salzgehaltes, vielleicht aber auch ein Vulkanausbruch kommen als mögliche Ursachen in Frage.

### Nächster Standort

Kammleiten-Gipfel.





# DIE BEZIEHUNG ZWISCHEN GRUNDGEBIRGE-UND DECKGEBIRGE IN DEN SÜDALPEN Altpatsozonum der Karnischen Alpen C-C Quarzpynist





### PANORAMA KAMMLEITEN

Bei schönem Wetter sehen wir zu beiden Seiten des

Bei schönem Wetter sehen wir zu beiden Seiten des Tropkotelmassies die Stüdinder Dolomtien im westlichen hintergrund, die Diehstaler Alen und die Einresen der Höhen Tausem im Nocien in die Nocieberge und Guldkliefen Frauer im Nocien in die Nocieberge und Guldkliefen Forama, das Ober 100 km weit reicht.

Jenseit des Galillales überblicken wir große Teite der Dataigen. Die Kaminschen Alpen und die Dolomtien gehören hingegen zu dem Südalpen, ihre eines eine habbe Mitharde Jahre lange Entstehungsgebenchnist lität sich in den Anzeit Jahre lange Entstehungsgebenchnist lität sich in den Anzeit Jahre lange Entstehungsgebenchnist lität sich in den die Jahre der Vertragen eine Westlich wird werden die Stüdingen der Vertragen von der vertragen vertragen von der vertragen vertragen von der vertragen vertr

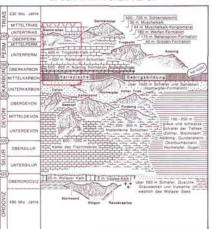
mahrere Stockwerke: Die Position des Kellers nahmen die Hohen Tauern ein (

). darüber folgen kristalline Kompiake, wie z. B. in der Schobergruppe, der KreüzeckGöldeckgruppe oder im Nockgebiet (

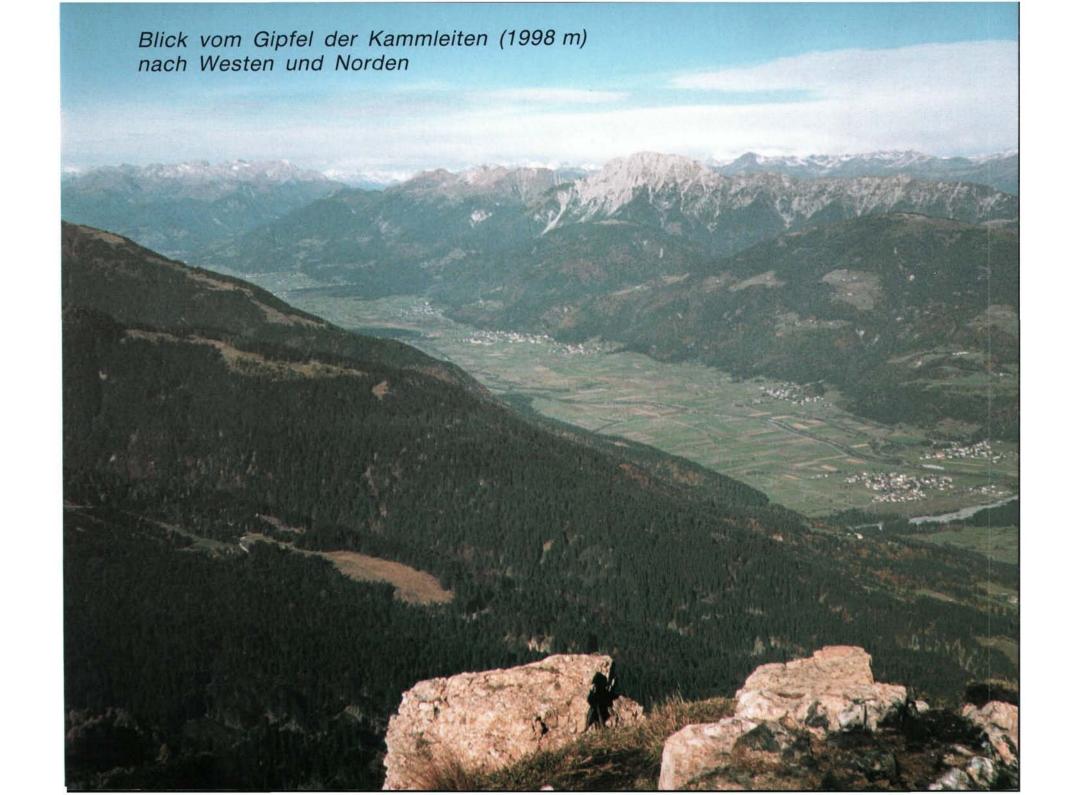
). Das Dach bilden schließlich die Gältaler Alpen und die Lienzer Bolomiten

bet vorhanden. Det kontrett wir denn auch stüte um sate-lingsten Glachknicht in der Poderin zu beitret in der Verlagen de

#### ALTERSTABELLE DER GESTEINE IN DEN KARNISCHEN ALPEN









#### Standort

Bergstation Schlepplift Gartnerkofel, Höhe 1960 m.

#### Georama

Der Gipfelaufbau des Gartnerkofels besteht aus über 500 m dicken, hellen Dolomitgesteinen. Sie werden mit gleichen Gesteinen am Schlern in Südtirol verglichen und heißen daher Schlerndolomit. Im österreichischen Teil der Karnischen Alpen ist er das jüngste Gestein, das auf älterem Gestein liegt, wie wir es am Vorgipfel der Kammleiten antreffen.

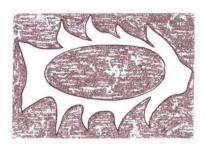
Dolomit unterscheidet sich von Kalkgestein dadurch, daß neben Kalzium zu gleichen Teilen Magnesium im Kristallgitter enthalten ist und die Doppelverbindung (CaMg)CO<sub>3</sub> bildet. Dolomit ist schwerer löslich als Kalk und verwittert in charakteristischer Form zu kleinstückigem Schutt und feinem Grus, der sich in ausgedehnten Schuttfeldern rund um den Berg sammelt. Der Gipfelaufbau ist von Runsen, Spalten, Rissen und Auflockerungszonen durchsetzt.

Der Schlerndolomit ist überwiegend völlig ungeschichtet. Schichtige Partien sind in der Südwestwand zu erkennen und bestehen aus Kalk.

Auf den ersten Blick erscheint das Gestein rauh, bizarr, unnahbar, ja "leblos". Das ist aber en Trugschluß, denn es ist so wie seine Unterlage im Meer gebildet worden und beinhaltet daher örtlich reiche Zeugnisse vorzeitlichen Le-

bens. So finden sich im tieferen Teil der Dolomite vor allem versteinerte Reste von Algen, höher oben aber Korallen. Die schichtigen Kalke enthalten hauptsächlich Mikrofossilien, unter anderem die auch aus älteren Ablagerungen um den Plöckenpaß bekannten, zahnähnlichen Conodonten.

Von Interesse sind besonders zwei Arten von Algen, nämlich *Diplopora annulata* und *Teutloporella nodosa*. Beide bilden auf der Gesteinsoberfläche kleine, mm-große, ringförmige Muster. Um Details zu sehen, müssen allerdings Gesteinsdünnschliffe angefertigt werden.



Gesteinsdünnschliff der Kalkalge Teutloporella nodosa vom Gartnerkofel (Originalgröße etwa 3 mm)

Der Gartnerkofel ist allseitig von älteren Gesteinen umgeben. Diese isolierte Stellung geht auf Verschiebungen der obersten Gesteinsschichten zurück. Dazu kommen geologische Bruchzonen, an denen Vertikalbewegungen im Ausmaß von wenigen Metern bis zu vielen hundert Metern stattfanden. Beiderseits der Brüche

Algen

Algen gehören zu den sogenannten "niederen" Pflanzen, die weder eine Sproßachse, Blätter oder Wurzeln besitzen. Auch Flechten und Pilze sind primitive Pflanzen.

Algen sind teilweise in der Lage, ein eigenes Mineralgerüst zu bilden, das fossil überlieferungsfähig ist. Andere Pflanzen hinterlassen nach ihrem Tode organische Substanzen oder, wenn diese gelöst sind, einen Abdruck. Seltener ist der Ersatz durch ein anderes Material, wie z.B. Quarz.

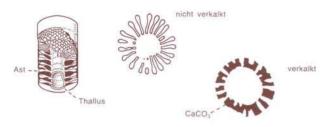
Nach der Farbe des Pigments für die Photosynthese werden verschiedene Algengruppen unterschieden. Die wichtigsten davon sind die Blaugrün-, die Grün- und die Rotalgen. Während die Blaugrün- und Grünalgen sowohl am Lande als auch im Meer leben, sind die Rotalgen ausschließlich im Meer beheimatet. Alle genannten Gruppen können ein kalkiges Außengerüst bilden.

Eine wichtige Gruppe der kalkigen Grünalgen sind die Dasycladaceen. Sie haben eine zylindrische, kugelige oder domartige Form und bilden, von einer zentralen Achse ausgehend, verzweigte Äste oder kurze Fortsätze. Sie können mehrere cm groß werden.

Bei den Kalkalgen erfolgt die Bildung des Mineralgerüstes auf folgendem Wege: Algen, wie alle übrigen Pflanzen, brauchen zum Leben Licht. Mit seiner Hilfe und dem Farbpigment Chlorophyll sind sie in der Lage, das im Meerwasser enthaltene Kohlendioxid zu Kohlehydraten umzuwandeln, die der Alge als Nährstoff dienen. Dieser Prozeß wird als Photosynthese bezeichnet. Gleichsam als "Abfall" entsteht Kalk, der sich auf der Außenwand der Zellen wie ein umhüllender Mantel abscheidet.



Rekonstruktion der Alge Anthracoporella spectabilis



#### Rekonstruktion einer Wirtelalge

passen die Gesteine nicht zusammen, sie haben meist auch verschiedene Alter. Die bedeutendste Bruchlinie ist die Gartnerkofel-Südrandstörung, die unter unserem Standort am Fuß der Steilstufe ungefähr in Nord-Süd-Richtung verläuft und den hellen Schlerndolomit von den südlich anschließenden Gesteinen der jüngeren Steinkohlenzeit trennt. Wir werden diese Ablagerungen bei den weiteren Haltepunkten näher kennenlernen.

#### Alter

Erdmittelalter, Trias (Ladin-Stufe), rund 230 Millionen Jahre.

### Entstehung

Der Gartnerkofel ist ein kleiner Rest ehemaligen Meeresbodens. Das Ausgangsgestein des Schlerndolomits wurde nämlich in einem flachen und warmen Meer gebildet, das sich in der Trias-Zeit über weite Teile Südeuropas erstreckte. Das Meer war belebt; flaches, wenige Meter tiefes Wasser wechselte mit etwas tieferem, das einem Becken glich. Es war eine unruhige Zeit, in der sich der Meeresboden im Laufe von mehreren Millionen Jahren mehrmals hob und senk-

te. Dabei kam die große Dicke des Gesteins zum Absatz, die wir heute in der Felswand über uns sehen. Ein Kubikkilometer Gestein dieser Art hat ein Gewicht von etwa 2,5 Milliarden Tonnen! Die ungeschichteten Dolomite wurden im flachen Wasser gebildet, die schichtigen, dunklen Kalke hingegen am Rand dieser Plattform und in einem Becken, das sich nach den Vorstellungen der Geologen nördlich und westlich davon anschloß.

#### Nächster Standort

Höhe 1902, nördlich der Sesselbahn-Bergstation

# Haltepunkt 4

### Standort

100 m nördlich Bergstation der Gartnerkofelbahn, Höhe 1902 m.

#### Georama

Zwischen dem letzten Standort und diesem hier haben wir am Fuß des Schuttfeldes die Gartnerkofel-Südrandstörung überschritten und befinden uns nun in Ablagerungen aus der Steinkohlenzeit, die als Auernig-Formation bezeichnet werden. Sie sind insgesamt etwa 600-800 m dick und bestehen aus einem unregelmäßigen Wechsel von Kalken, Mergeln, Schiefern, Sandsteinen und Quarzkonglomeraten. Ihr Fossilinhalt und die Gesteinszusammen-

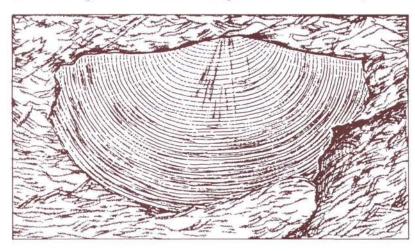
setzung zeigt uns, daß küstennahe Landablagerungen mit Kalken des Flachmeeres wiederholt abwechseln. Die Schichten sind flach nach Süden hin geneigt; das bedeutet, daß in dieser Richtung immer jüngere Gesteine übereinanderliegen.

Das Gestein, auf das wir blicken, ist ein fossilreicher graublauer Kalk. Stellenweise ist darin
Ton stärker beigemegt, sodaß ein Mergel vorliegt. Aus diesem stammen viele Versteinerungen. In erster Linie sind es Armfüßer (Brachiopoden), die für den Laien aussehen wie Muscheln,
weiters Korallen, Schwämme, Schnecken, Muscheln, Seelilien-Bruchstücke, Algenkrusten und
winzige Einzeller (Foraminiferen).

Direkt unter der Liftstation kommen über diesen Kalken glimmerreiche kalkhältige Sandsteine und bräunliche Schiefer vor. Eine Gesteinslage ist darin besonders berühmt, da hier in der Vergangenheit viele und schön erhaltene Versteinerungen gefunden wurden. Meist sind es sogenannte Skulptursteinkerne, das heißt, es sind Abdrücke, also Negative der wirklichen Schalen. Die wichtigste Form ist ein Armfüßer mit dem wissenschaftlichen Namen Isogramma paotechowensis.

### Alter

Erdaltertum, jüngere Steinkohlenzeit, Oberkarbon (Stefan-Stufe), rund 295 Millionen Jahre.



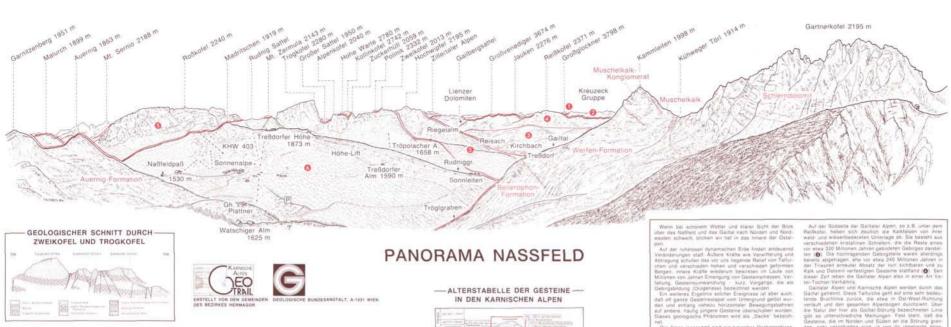
Schalenabdruck der Brachiopodenart Isogramma paotechowensis

### Entstehung

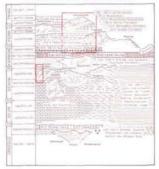
Diese mehrere Meter dicke Kalkbank ist ein winziger Ausschnitt aus den viele hundert Meter mächtigen Ablagerungen, die uns das Meer der jüngeren Steinkohlenzeit hinterlassen hat. Im übrigen Mitteleuropa fehlen vergleichbare Zeugen aus dieser Zeit. Während des gesamten jüngeren Erdaltertums blieb das Gebiet um das Naßfeld im unmittelbaren Küstenbereich eines von Südostasien bis hierher reichenden Meeresarmes. Bald dehnte sich das Meer auf das Festland hin aus, dann finden sich Kalke und Meerestiere; bald zog es sich zurück und man findet sandige und tonig-schiefrige Ablagerungen mit teilweise reichen Vorkommen von Farnen, Bärlappgewächsen und Schachtelhalmen. Zeitweise lieferten Flüsse Unmengen von Schottern an die Küste. Neue Schichten legten sich darüber, das "Spiel im Wasser" begann von Neuem.

#### Nächster Standort

Panoramatafel am höchsten Punkt des Kammes, 50 m in westlicher Richtung. Anschließend Richtung Süden zum Sattel zwischen Lift und Garnitzenhöhe (Haltepunkt 5).







Dieses gestegesche Phänomen wird als "Decke" bestelbniet.
Die Appen insgesamt sind sin typisches Deckengebinge,
die sie bestiehen aus verschieder alter und verschiederzusammengesetzten Gesternspässen, die gut durchmasikten ist Aufgebe der Geologien, die gegenstelben Beziebrungen sutzuktiven und eine Ordnung und Gliederung der
erschliedenen Gestienkrapitese durchzuluhren.
In der Fanne erhlicken ein die achnebedeckten Optei der Stehen Tausen mit dem Geologischen Aufgeben Beziebrungen setze werden der der Stehen Tausen wird der 
bestiehe Tausen mit dem Geologischen Vinrigungenheit reistehe Vinrigungen der Geologischen Vinrigungenheit reistehe Vinrigungen der Geologischen Vinrigungenheit reistehe unbedeutsche Immerlie kann ihr abei vor etwa 150
Millioner Jahren die Funktion eines "Brückenkopfes" des
aungestiehen Kontenners au, ander die südlich aben gelieher uns der Vinrigungen der Geste davon 
einer Vinrigungen der der Gestellt aben geleiner uns der Vinrigungen der Anderschen Preise davon 
mit Kinrigungen und Schobergungen (§s) Anders Feise unsprünglich einerhalts da zugehörend, wurden under der Anstalen von Schobergungen (§s) Anders Feise "unsprünglich einerhalts da zugehörend, wurden under der Notzecken und Schobergungen (§s) Anders der Gestellt und 
Sachtunger Kankapen und Radistatter Tausen wert im Notderschapen und Radistatter Tausen wert im Notderschapen und Stehe 100 km zerstennen geschrumpfill

The againgtion, door waveler as all, one-out-binshines. Thost aller degensable zwischen morphologisch sanften Formen en Vordergrund und achroften Felsformationen an Hintergrund bildet die Gestellinswert zurüf und kan Naffeld eine Einniel. Der Nordrand mit Hochwighel, Tomnsch und Schlantzen enterestels und der Soufrand mit X-Zermala und Röblicht anderersent bilder allereinige eine Aussell eine die die Bergeleit und der Soufrande mit X-Zermala und Röblicht anderersent bilder allereinige eine Aussell ein der Souffangen der Souffangen und Kanton on diese Bergeleit aus der Souffangen und Sie sind, Siedenbasen, der Sie sind, Siedenbasen, der Welleit und der Souffangen und Norder Souffangen und Norder Souffangen Siedenbasen, der Norder Souffangen Siedenbasen, der Norder Souffangen Siedenbasen, der Norder mamassan bestehen (6). Sie sind gleichsam de

#### Standort

Sattel zwischen Bergstation der Lifte und Garnitzenberg, Höhe 1856 m.

#### Georama

Quarzkonglomerat-Bank, Die auffallende, über 10 m dicke Gesteinsbank liegt etwa in der Mitte der über 600 m dicken Steinkohlen-zeitlichen Auernia-Formation, In diesem Abschnitt sind in Küstennähe vor allem Sande. Tone und Quarzschotter abgelagert worden und weniger Kalke und Mergel. Die sehr harten Quarzkonglomerate sind nichts anderes als uralte Flußschotter. Allerdings blieben hier nur die allerhärtesten und sehr abriebfesten Gerölle übrig, alles weichere Material wurde beim Transport zerrieben. Die Gerölle sind in der Regel gut gerundet und mehr oder weniger kugelig. Ihr Durchmesser beträgt etwa 3-4 cm. Zu über 90 % bestehen sie aus reinem Quarz, daneben finden sich Schieferbruchstücke, Quarzit-, Glimmerschiefer- und Gneisgerölle. Auch schwarze, weniger gut gerundete Gerölle kann man finden. Sie stammen aus Schichten, die im Erdaltertum gebildet wurden. Es sind sehr dichte, kieselsäurereiche Gesteine, sogenannte Lydite, wie sie sich auch heute in den Tiefen der Ozeane bilden.

#### Alter

Erdaltertum, jüngere Steinkohlenzeit, Oberkarbon (Stefan-Stufe), rund 295 Millionen Jahre.

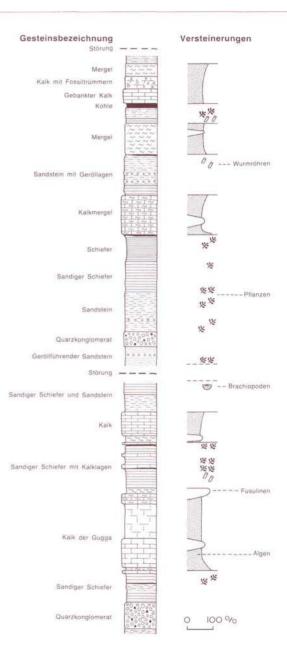
### Entstehung

Die fossilen Quarzschotter, Konglomerate genannt, stammen aus einem Liefergebiet, das in der Steinkohlenzeit allmählich abgetragen wurde. Der Schutt wurde, wie in heutigen Flüssen, durch das fließende Wasser verfrachtet und an geeigneter Stelle deponiert. Je nach Länge des Transportweges blieben unterschiedlich widerstandsfähige Gesteine übrig. Die Quarzschotter in der Auernig-Formation repräsentieren Restschotter, das heißt, es kommt darin fast nur mehr sehr harter Quarz als Geröll vor. Die Herkunft dieses Gesteins ist heute noch weitgehend unklar. Vermutungen reichen von einem mit Quarzadern durchsetzten Schiefergebiet bis hin zu granitreichen Gesteinen, die in jener lange zurückliegenden Zeit im Norden und Westen des Gailtales verbreitet gewesen sein sollen. Infolge gewaltiger Krustenverschiebungen während der Alpenfaltung existieren diese Gebiete heute aber nicht mehr.

### Nächster Standort

Felsrippe der Gugga.

Gesteinsfolge der Auernig-Formation zwischen Gugga und Garnitzenberg

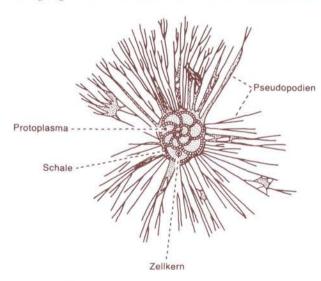


#### Standort

Gugga, Höhe 1928 m, nördlich des Garnitzenberges.

#### Georama

Die 12 m dicke Kalkbank der Gugga tritt morphologisch deutlich als Felsrippe aus der Umgebung hervor. Mit ihr wird erneut ein kalkreicherer Abschnitt in der Gesamtentwicklung der Auernig-Formation eingeleitet. Der Kalk ist im Mittelteil hellgrau und sehr rein, im unteren und oberen Teil hingegen dunkler gefärbt und etwas mergelig. Dieser Bereich führt die meisten Fossi-



Lebende Foraminifere

lien. In erster Linie sind es die an ein weißes Getreidekorn erinnernden Fusuliniden, die zur großen Gruppe der Foraminiferen, den einzelligen Kammerlingen, gehören. Hier treten sie fast gesteinsbildend auf, die wichtigste Art heißt Quasifusulina tenuissima (SCHELLWIEN). Daneben finden sich Korallen, Armfüßer und Bruchstücke von Seelilien.

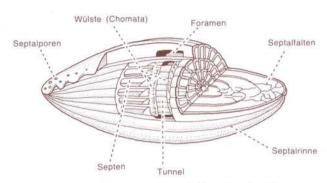
#### Fusuliniden

Die Fusuliniden gehören zu den Einzellern (Protozoen), die höchst komplizierte Schalen bauten. Gegen Ende des Erdaltertums waren sie in den Weltmeeren weit verbreitet. Für den Geologen sind sie von großer Bedeutung, weil sie sich relativ rasch in ihren Formen und in ihrem Schalenbau veränderten. Ihre Arten, von denen etwa 3500 bekannt sind, waren weit verbreitet. Daher kann man die Meeresablagerungen mit solchen Arten über große Distanzen hinweg zeitlich gleichsetzen.

Die Fusuliniden starben noch vor Ende des Erdaltertums in der jüngeren Perm-Zeit aus. Wenn wir von heute in warmen Meeren lebenden Foraminiferen zurückschließen dürfen, nahmen sie in ihr Protoplasma kleine Algen auf. Diese primitiven Pflanzen stellten die benötigten Nährstoffe durch Assimilation von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) mit Hilfe des Sonnen lichts her (Photosynthese). Als "Abfall" entstand Kalk, da durch den Verlust von Kohlendioxid die Löslichkeit von Kalk im Meerwasser herabgesetzt wurde. Er wurde zum Bau der Schale verwendet.

Auf der Oberfläche der Kalkbank der Gugga erkennen wir viele Fusuliniden. Sie sind um 10 mm lang und gleichen einem langgestreckten Reiskorn. Ihr Innenbau ist kompliziert. Die Schale vergrößert sich in Windungen, daß der Querschnitt einer Spirale entspricht. Der Längsschnitt erscheint hingegen zylindrisch und nicht, wie bei vielen anderen Formen, spindelförmig. Details des Schalenbaus sind kaum zu sehen, das Innere ist erfüllt von einem dichten Maschenwerk gefalteter und gewellter Septen (siehe Zeichnung).

Mit den in diesem Kalk vorkommenden Arten kann man Vergleiche über große Entfernungen machen. Artengleiche und damit ungefähr gleich alte Kalke finden sich beispielsweise in den Karawanken und in Slowenien, in verschiedenen Gebieten der UdSSR und sogar in Japan. Damals waren die Kontinente zu einer Einheit (Pangäa) vereinigt und ein riesiger Ozean reichte in Form einer langen Bucht bis in unser Gebiet.



Schematischer Bau einer Fusulinide (Fusulinella)

#### Alter

Erdaltertum, jüngere Steinkohlenzeit, Oberkarbon (Stefan-Stufe), rund 295 Millionen Jahre.

## Entstehung

Zum Unterschied von den umgebenden groben Sandsteinen und Konglomeraten ist die Kalkbank der Gugga in einem ruhigen, aber flachen Meeresteil entstanden. Kalk wurde direkt aus dem Meerwasser ausgeschieden, er besteht aber auch aus schalenbildenden Organismen wie Fusuliniden und Armfüßern oder ihren Bruchstücken. Dazu kommen vereinzelt größere Elemente wie Seelilien und Korallen. An der Ober- und Unterseite ist dem Kalk etwas Ton beigemengt. Diese Lagen spiegeln ein besonders ruhiges Milieu wieder.

## Nächster Standort

Fuß der Gugga.

#### Standort

Westseite der Gugga nördlich des Garnitzenberges, Höhe 1920 m.

#### Georama

Auf dem nach Süden geneigten Hang der Gugga sind knapp über der Kalkbank feinplattige braune Sandsteine verbreitet. Hier liegt ein bekannter Fundpunkt von Armfüßern (Brachiopoden), der in der Vergangenheit viele schöne Versteinerungen lieferte. Heute findet man mit etwas Glück noch den einen oder anderen Abdruck einer Schale. Sie sind von eisenhältigen Lösungen durchtränkt und in der Regel hellbräunlich verfärbt.

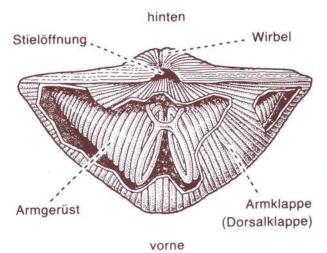
#### Brachiopoden

Armfüßer oder Brachiopoden sehen auf den ersten Blick wie Muscheln aus, da ihr Wohngehäuse ebenfalls aus zwei meist kalkigen Klappen besteht. Stammesgeschichtlich und anatomisch unterscheiden sich beide Gruppen aber grundlegend, zwischen ihnen gibt es keine Verwandtschaft.

Die Armfüßer gehören zu den im Erdaltertum am weitesten verbreiteten Organismengruppen. Fossil bekannt sind etwa 8000 Arten, denen in der Gegenwart nur mehr etwa 280 gegenüberstehen. Die große Bedeutung, die sie in der Vergangenheit hatten, übernahmen in jüngeren Epochen der Erdgeschichte die Muscheln.

Der Name Armfüßer ist eine unglückliche Bezeichnung. Er wurde in Anlehnung an die Bauchfüßer (=Schnecken) und Kopffüßer (= Tintenfische i. w. S.) gewählt. Ursprünglich hielten Zoologen die spiraligen Kiemenarme im Gehäuse der Tiere nämlich für armähnliche Greifwerkzeuge oder für Fühler. Dieser Apparat wird von einem kalkigen Gerüst in der oberen Armklappe gestützt.

Armfüßer besitzen ein bilateral-symmetrisches Gehäuse aus zwei ungleichen Klappen, einer unteren, ventralen und einer oberen, dorsalen,



Blick ins Innere einer Brachiopodenschale

Muscheln weisen hingegen rechte und linke Klappen auf, die gleich groß und gleich ausgebildet sein können, bisweilen aber auch ungleichmäßig sind. Auch haben Armfüßer im Gegensatz zu Muscheln meist eine Stielöffnung in der Rückenklappe. Mit dem Stiel, einem Fortsatz des Weichkörpers, haften sie sich am Meeresboden fest.

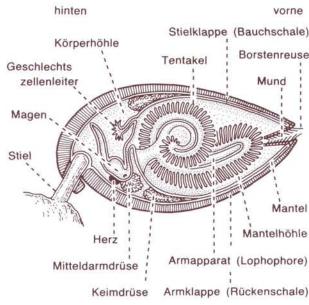
Armfüßer sind ausschließlich Meeresbewohner. Seit rund 570 Millionen Jahren existiert diese Gruppe. Manche Formen haben sich seither kaum verändert, andere zeigen wiederum große Variationen in der Schalenform. Ihr häufigster Lebensraum ist am Schelf im flachen Wasser und in Küstennähe, nur wenige Arten finden sich in der Tiefsee. Sie bevorzugen kühles und stärker bewegtes Wasser, einige heften sich mit dem Stiel im sandigen Schlamm fest, andere auf harten Untergrund oder sie leben in Gemeinschaft mit anderen Organismen in Riffen. Einige wenige graben sich teilweise im Meeresboden ein. Massenhaftes Auftreten, wie z. B. in einzelnen Lagen in der Auernig-Formation, zeugt von idealen Lebensbedingungen, die diese Tiere hier, ohne starken Konkurrenzkampf austragen zu müssen, vorfanden.

#### Alter

Erdaltertum, jüngere Steinkohlenzeit, Oberkarbon (Stefan-Stufe), rund 295 Millionen Jahre.

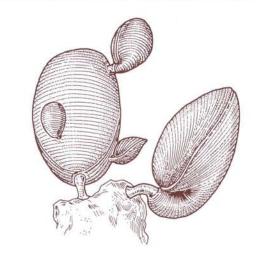
## Entstehung

Über den zuletzt besuchten Kalken mit Fusuliniden folgen plötzlich plattige Sandsteine, in denen lagenweise gehäuft Armfüßer auftreten. Sie beweisen, daß die Sandsteine ebenfalls im Meer



Längsschnitt durch einen Brachiopoden

abgelagert wurden. Die starke Sandschüttung ist ein Hinweis auf Verflachung des Meeres, die Uferlinie verschob sich meerwärts und das bisher kalkige Milieu wurde von küstennahen Sanden abgelöst. Diese Tendenz setzte sich weiter fort, bis an dieser Stelle überhaupt nur mehr Festlandsablagerungen mit einer Moorvegetation gebildet wurden. Dann setzte wieder der umgekehrte Vorgang ein. Dieses Wechselspiel (auf und ab, vor und zurück) wiederholte sich mehrfach, ja ist ein Hauptmerkmal der Auernig-Formation. Wir beobachten diese rhythmischen Schwankungen nahezu weltweit, ohne jedoch die genaue Ursache dafür zu kennen. Globale Krustenschwankungen werden dafür ebenso als Erklärung angeboten wie ausgedehnte Eisfelder auf der Südhalbkugel der Erde.



Armfüßer in Lebensstellung

#### Nächster Standort

Nordseite Garnitzenberg.

## Haltepunkt 8

### Standort

Nordseite des Garnitzenberges, Höhe 1960 m.

## Georama und Entstehung

Am Garnitzenberg befinden wir uns im oberen Abschnitt der zwischen 600 und 800 m mächtigen Auernig-Formation aus der Steinkohlenzeit.

Die jüngsten Teile, immerhin auch noch rund 290 Millionen Jahre alt, folgen entlang der Staatsgrenze in südlicher Richtung am Kamm. Hier treten nur vereinzelt Kalkbänder auf, häufiger sind Lagen von Sandsteinen, Schiefern und Quarzkonglomeraten. Sie sind im Küstenbereich abgelagert worden und zeigen bestimmte Merkmale.

Ein gutes Beispiel für diesen Typ von Sedimenten bieten die geröllführenden Grobsandsteine vor uns. Wir erkennen einzelne Lagen von cm-großen hellen Quarzgeröllen, schräg geschichtete Lagen in Sandsteinbänken, Bereiche mit nach oben abnehmender Korngröße (= Gradierung), konglomeratische Partien und ein im Ganzen uneinheitliches Sediment.

Das ist das fossile Gegenstück zu Ablagerungen, wie sie heute im Mündungsbereich von großen, mit Sedimentfracht beladenen Flüssen angetroffen werden.

Schätzungen gehen dahin, daß die heute von allen Flüssen auf der Erde transportierte Sedimentmenge pro Jahr zwischen 6 und 8 km3 beträgt. Dazu kommen die im Wasser gelösten Anteile von etwa 1,5 km<sup>3</sup>. Unter Hinzurechnung von Gletschertransporten. Staub in der Atmosphäre, Grundwasserlösungen, Aerosolen, Exhalationen aus dem Erdinneren und extraterrestrischen Körpern ergibt das eine geschätzte Gesamtmenge von etwa 25 Milliarden Tonnen oder rund 9 km<sup>3</sup>, die pro Jahr entweder in Form von Feststoffen oder gelöst in die Ozeane eingeschüttet werden. Das sind in einer Sekunde rund 800 Millionen Tonnen! Auf das Gailtal umgelegt, entspricht diese Menge etwa der Talausfüllung zwischen Hermagor und dem Pressegger See bis hinauf in die Gipfelregionen der umliegenden Berge.

In der erdgeschichtlichen Vergangenheit darf mit ähnlichen Größenordnungen von transportierten Sedimenten gerechnet werden. Insbesondere in der Devon- und der nachfolgenden Steinkohlenzeit (Karbon), aber auch im Perm zu Ende des Erdaltertums haben in Nord- und Mitteleuropa ausgedehnte Verlagerungen von klastischem Material stattgefunden, die entweder durch Trübeströme in tiefere Ozeanbecken geschüttet wurden oder im Küstenbereich in Form von breit gefächerten Flußablagerungen aus dem gebirgigen Hinterland deponiert wurden. Gegen Ende des Erdaltertums erreichten diese Massenumlagerungen mit wüstenartigen Festlandsbildungen in unserer Gegend einen Höhepunkt.

Im fließenden Wasser werden Mineral- und Gesteinsbruchstücke bewegt. Um große Kiesge-

Atmosphäre Staub 60 Mio. t Extraterrestrische Quellen Aerosole 3.6 Mio. t 260 Mio. t Gletscher 2 Milliarden t Flüsse 22.5 Milliarden t Kontinente Meereserosion 250 Mio. t: Grundwasser 480 Mio. t Ozean Aus der Erdkruste 440 Mio. 1 Rückführung durch Hebung

Massentransport von Sedimenten und gelösten Stoffen, die pro Jahr in die Weltmeere gelangen (geschätzt) rölle zu transportieren, muß die Wasserbewegung entsprechend stark sein. Es ist klar, daß bei steigender Geschwindigkeit immer größere und schwerere Körner vom Wasser bewegt werden können. Andererseits können bereits so schwache Strömungen, die alleine nichts wegführen könnten, Gesteinspartikel verfrachten, wenn sie erst einmal vom Untergrund aufgewirbelt worden sind. Ein "Gesetz" besagt, daß für den Transport von Körnern mit Größen zwischen 0,3 und 0,6 mm relativ geringe Fließgeschwindigkeiten ausreichen. Sie muß aber ansteigen, sollen größere oder kleinere Körner bewegt werden.

Zuerst wird ein Einzelkorn geschoben oder gerollt, bis es bei höherer Geschwindigkeit den Bodenkontakt verliert und über Hindernisse springt. Schließlich wird es als Suspension im Wasser verfrachtet. Die Menge des transportierten Materials ist dabei wesentlich von der Wassergeschwindigkeit und ihrer Dauer abhängig.

Die in Bewegung geratenen Sedimentkörner können einzeln oder kollektiv in Rippeln, Sandbänken, Dünen usw. wandern. Im cm- bis 10m-Bereich entstehen dabei Rippeln, die durch ihre Form und ihren Aufbau Hinweise auf die Richtung und Art der Strömung geben, aber auch als Oben-Unten-Kriterium wichtig sind.

In Richtung des Transportes erfolgt eine Abnahme der mittleren Korngröße – damit eine Sortierung – und eine Abrundung der Kanten und Ecken. Dieser Vorgang geht sehr rasch und auf kurze Wegstrecken. Es gilt dabei, daß kleinere Gerölle als 0,25 mm weniger abgerundet werden als größere.

Bei Zufuhr einheitlichen Materials unter einheitlichen Bedingungen entsteht eine homogene Schicht. Ist hingegen das Zugeführte uneinheitlich, so verrät das Sedimentgefüge, das ist sein

Gesteinsgefüge	Korngröße	Gesteinsname	
geschichtet	Kies 2-200 mm	Konglomerat(Schotter)-Bank	
Schichtflächen und Grenzflächen Lamination	 Sand	Eben geschichtete Sandsteine	
Erosionsflächen Schrägschichtung	0,2-2 mm	Kreuzgeschichtete Sandsteine	
Parallelschichtung	Sand/Silt 0,02-	Sand-Siltstein-Wechsellagerung	
Linsenschichtung	=== 0,2 mm		
Laminierung	Silt/Ton bis0,002 mm	Laminierte Siltsteine	

Klassifikation von sandig-tonigen Ablagerungsgesteinen

innerer Aufbau, einiges über das Herkunftsgebiet und Art und Richtung des Transportes. Solche Kriterien sind Schrägschichtung, wobei die Flächen in Transportrichtung geneigt sind, gradierte Lagen, in denen die Korngröße nach oben abnimmt, Strömungsfurchen und -rinnen, Fließmarken, Schleif- und Rollmarken sowie Einregelung von mitgerissenen größeren Partikeln, seien es Gesteine oder Fossilien. Diese Merkmale im Sediment sind in der einen oder anderen Weise auch in einzelnen Lagen in der Auernig-Formation zu sehen und vor allem an diesem Standort erhalten.

### Alter

Erdaltertum, jüngere Steinkohlenzeit, Oberkarbon (Stefan-Stufe), rund 290 Millionen Jahre.

### Nächster Standort

Gipfel des Auernig, Höhe 1855 m.

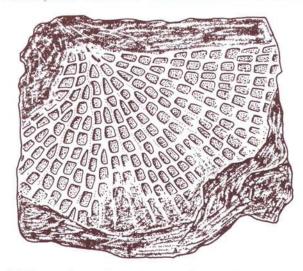
## Haltepunkt 9

### Standort

Auernig, Höhe 1855 m.

#### Georama

Nordöstlich des Gipfels des Auernig treffen wir auf einen dunkelgrauen Kalk, der reich an Versteinerungen ist. Es ist die berühmte Kalkbank "s". Der Buchstabe drückt aus, wo diese Schicht in der alphabetischen Reihenfolge von a-t liegt, in die die auffallenden Gesteinslagen an der Westseite des Auernig gegliedert wurden. Das Vorkommen ist vor allem wegen seiner vielen Fusuliniden bekannt. Daneben kommen sehr häufig Moostierchen (Bryozoen), Kalkalgen und



Abbild von Fenestella sp. aus der Bank "s" vom Auernig

Muschelkrebse (Ostracoden) vor. Alle Versteinerungen sind mehr oder weniger stark durch Kieselsäure-hältige Wässer umgewandelt; man kann sie daher durch einfaches Lösen von Kalkgestein in verdünnter Salzsäure leicht gewinnen.

Im grauen Kalk sind neben den deutlich sichtbaren Getreidekorn-großen Fusuliniden kleine weiße Äderchen zu erkennen, die ein feines engmaschiges Netz bilden. Auch das sind steinerne Reste von Tieren, allerdings von sehr vielen und zugleich sehr kleinen. Sie lebten einst in Kolonien, das heißt, viele mm-große Einzeltiere bildeten zusammen einen Gesamtorganismus, der mehrere Dezimeter groß werden konnte. Wir bezeichnen sie als Moostierchen oder Bryozoen. Ihr Name leitet sich durch die an Moosrasen erinnernde Form der Kolonie ab; sie bildeten aber auch kalkige Krusten, unregelmäßige Knollen oder einen dünnen Überzug über andere kalkabscheidende Tiere. Wie die Armfüßer hat-

ten auch diese Tiere ihre Blütezeit im Erdaltertum.

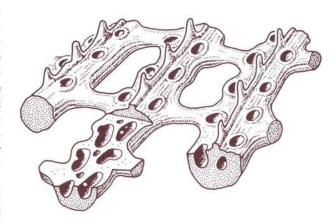
Bryozoen sind viel kleiner als Korallen. Oft sieht man Details nur mit der Lupe. Die einzelnen Tiere sind meistens von einem kalkigen kästchenförmigen Gehäuse umgeben, in das sich das Tier zusammen mit seinem Wimpernkranz bei Gefahr zurückziehen kann. Heute leben Bryozoen im Meer, aber auch in Seen und Teichen.

#### Alter

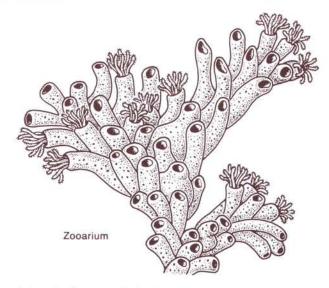
Erdaltertum, jüngere Steinkohlenzeit, Oberkarbon (Stefan-Stufe), rund 290 Millionen Jahre.

## Entstehung

Der Kalk, der die Bank "s" aufbaut, ist rund 8 m dick. Er ist mehr oder weniger gleichmäßig

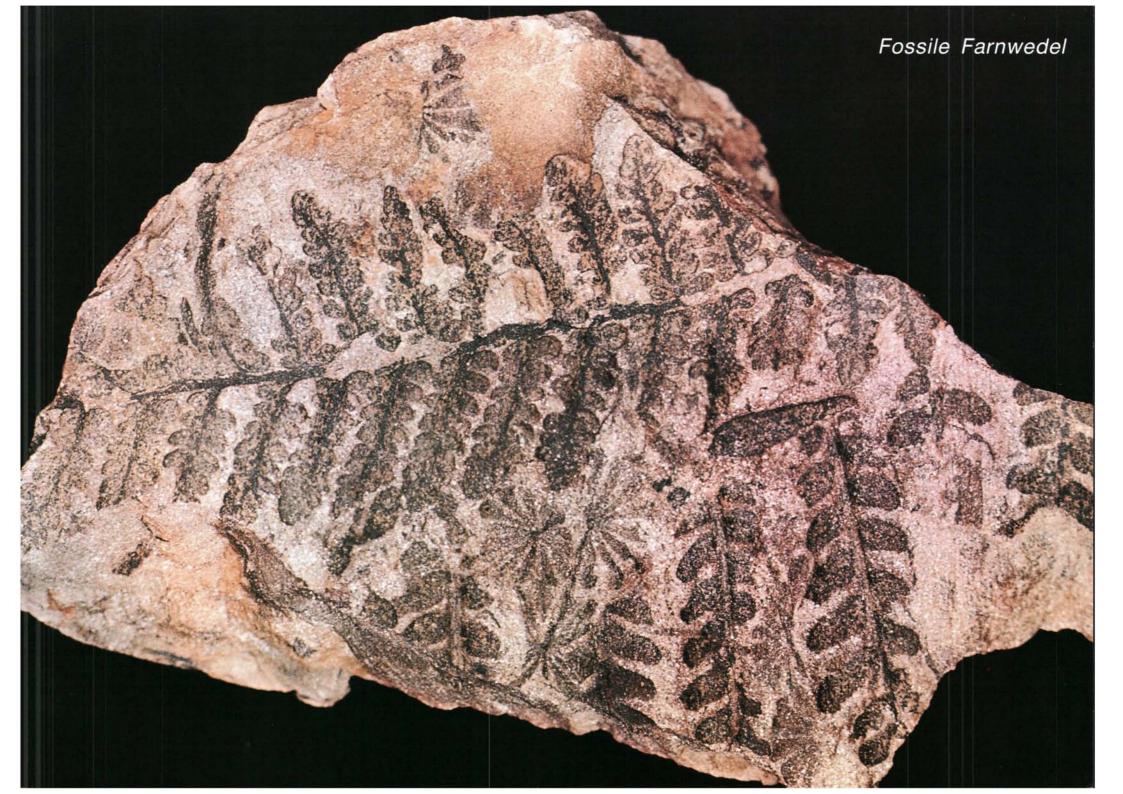


Das netzförmige Zooarium der Gattung Fenestella (Rekonstruktion)



Lebende Bryozoenkolonie

von Versteinerungen durchsetzt. Sie stammen von Tieren, die einst im ruhigen bis schwach bewegten Flachmeer in den oberen Wasserschichten und am Boden lebten. Hier konnten sie sich frei entfalten, da die Zufuhr von Tontrübe oder gar gröberer Geröllmassen vom Festland zeitweise nachgelassen hatte. Wir kennen dieses Kalkband auch von anderen Stellen im Naßfeldgebiet. Das bedeutet, daß es heute nur mehr ein Rest einer ursprünglich dünnen zusammenhängenden Platte ist, die eine große Fläche am Meeresboden bedeckte. Hier herrschten, zumindest zur Zeit der maximalen Meeresausdehnung, weitgehend einheitliche Verhältnisse: Der Kalkschlamm bildete sich aus kleinsten Organismenresten (Schalen, Algen u.a.). Untergeordnet spielte auch chemische Kalkausfällung eine Rolle.



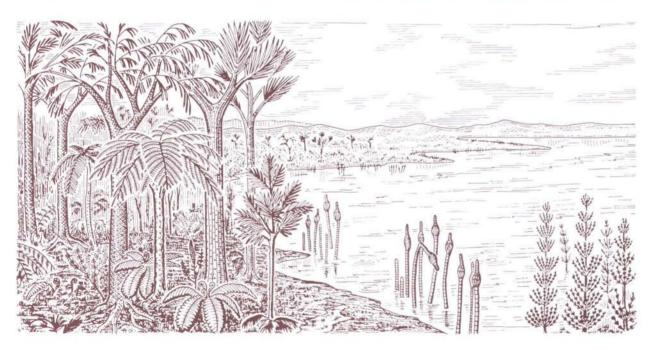
#### Standort

Westseite der Krone, Höhe 1730 m.

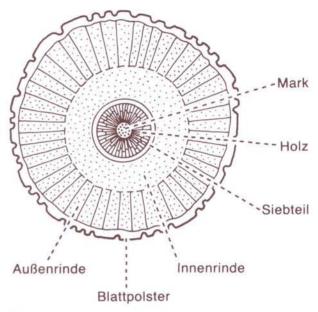
#### Georama

Der berühmte Pflanzenfundpunkt befindet sich etwa im Mittelteil der weithin sichtbaren plateauförmigen Kuppel der Krone. Sie besteht aus einem Wechsel von horizontal geschichteten Schiefern, Konglomeraten und Kalkbänken; letztere kommen gegen den Gipfel zu häufiger vor. Die pflanzenführenden Schichten verteilen sich über mehrere Meter, die für die Erhaltung besten Gesteinslagen sind Feinsande und Schluffe.

Infolge einer intensiven Sammlertätigkeit in den vergangenen Jahren können heute nur mehr nach umfangreichen Grabungen größere Stücke



Das Naßfeld vor rund 300 Millionen Jahren in der jüngeren Steinkohlenzeit An der Küste wachsen im Steinkohlenwald Schuppen- und Siegelbäume, Schachtelhalme, Farnsamer und Farne.



Querschnitt durch den Stamm eines Schuppenbaumes (Lepidodendron)

gewonnen werden. Dazu ist allerdings eine Erlaubnis notwendig. In der frühen Zeit des "Raubbaus" wurden bis zu 1 m² große Gesteinsplatten gewonnen. Nicht selten fanden sich darauf zusammenhängende Wedel in dieser Größe. Sehr zahlreich sind Einzelfiedern, die "Blätter" der Pflanzen, die meist sehr deutlich die verschiedenen Aderungsformen erkennen lassen. Relativ häufig kommen auch unterschiedlich große, meist flach gedrückte Stämmchen von Calamiten vor. Ihre lanzettförmige Beblätterung sind

Sphenopteris sp.



Neuropteris ovata

Odontopteris alpina



Pecopteris polymorpha Alethopteris bohemica

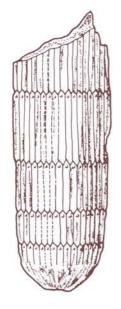








Blätter verschiedener Gattungen



Der Stamm von Calamites sp.

die Annularien, die immer flach ausgebreitet im Gestein liegen. Riesige Ausmaße erreichte der zu den Siegelbäumen gestellte Stammausguß von Syringodendron sp.; der etwa 1 m lange Rest des Stammes hatte kurz über der Wurzel einen Durchmesser von rund 90 cm. Sein Steinkern wiegt 800 kg und ist heute im Heimatmuseum Möderndorf zu bewundern.

Im Einzelnen kommen hier vor: die hohe Bäume bildenden Cordaiten, Bärlappgewächse mit der Gruppe der Siegelbäume, Verwandte der Schachtelhalme (Annularia, Calamiten) und eine Reihe von echten Farnen und Samenfarnen (u. a. Alethopteris, Odontopteris, Sphenopteris, Pecopteris).

#### Alter

Erdaltertum, jüngere Steinkohlenzeit, Oberkarbon (Stefan-Stufe), rund 295 Millionen Jahre.

## Entstehung

Die pflanzenführenden Feinsandsteine und Schluffe sind am Rande des steinkohlenzeitlichen Meeres abgelagert worden. Hier, in Ufernähe, gedieh eine zeitweise üppige Vegetation aus Bäumen, Farnen, Bärlappgewächsen und Verwandten von Schachtelhalmen. Die ins Meer mündenden Flüsse erreichten dieses Moor nicht. nur Sand schüttete es mehrmals zu. Hinweis auf Transport und Umlagerung der fossilen Flora fehlen. Wir können daher annehmen, daß der ursprüngliche Bildungsraum auch an dieser Stelle gelegen haben muß. Ob allerdings auch der riesige Siegelbaum von hier stammt, ist ungewiß.





#### Standort

Dr. Steinwender-Hütte, Höhe 1738 m.

#### Georama

Das Gebiet zwischen der Bischofalm und dem Zollnersee ist einer der Schlüsselpunkte zum Verständnis des Baus der Karnischen Alpen. Hier sehen wir das alte Grundgebirge, gleichsam der Keller, und darauf das junge Deckgebirge, das sind die oberen Stockwerke. Beide haben ihre eigene Entwicklungsgeschichte, sind aber heute durch die Alpenfaltung eng miteinander verbunden und es ist für den Laien schwierig, sie voneinander zu trennen.

Die Geschichte dieser Alpenvereinshütte ist wenig aufregend und wechselhaft. Schließlich wurde sie erst in den späten 70er- Jahren errichtet. Ihr Fundament ist wesentlich älter – rund 370 Millionen Jahre. Im nahegelegenen Nölblinggraben gibt es sogar bis 460 Millionen Jahre alte Gesteine. Es wird uns klar, daß während dieser langen Zeit einiges passiert sein muß.

In der langen Geschichte der Karnischen Alpen wurden im Zeitraum vor rund 460 bis 320 Millionen Jahren verschiedenste Gesteine mit einer Gesamtdicke zwischen 5 und 10 km gebildet. Darin eingeschlossene Reste von damals lebenden Meerestieren beweisen, daß hier früher ein Ozean war. Er ist längst verschwunden und

230 Mio. Jahre 500-700 m Schlerndolomit Gartnerkofel 30 m Muschelkalk **MITTELTRIAS** 44 m Muschelkalk-Konglomerat Kammleiten 180 m Werfen-Formation UNTERTRIAS 170 m Bellerophon-Formation **OBERPERM** 40 m Gröden-Formation MITTELPERM Auernig UNTERPERM 600-800 m Auernig Formation **OBERKARBON** Variszische Gebirgsbildung MITTELKARBON über 1000 m Schiefer und Sandstein Hochwipfel Hoher Trieb (Hochwipfel-Formation) UNTERKARBON · · · Kellerwand · **OBERDEVON** → Findenia DEVON MITTELDEVON graue und schwarze UNTERDEVON Zollner, Bischofalm, -Nölbling-, Gundersheim-400 Oberbuchachalm. Hochwipfel, Gugel) **OBERSILUR** Œ S UNTERSILUR 420 20 m Wolayer Kalk 6 m Uggwa-Kalk OBERORDOVIZ über 500 m Schiefer, Quarzite, Grauwacken und Vulkanite := westlich des Wolaver Sees Steinwand 460 Mio. Jahre Raudenspitze ORI

Alterstabelle der Gesteine in den Karnischen Alpen

mit ihm auch die darin lebenden Tiere und Pflanzen.

Zwei Tatsachen müssen wir uns vor Augen halten: Erstens, innerhalb des geschilderten 150 Millionen Jahre langen Zeitraums wurden am Meeresboden nacheinander höchst unterschiedliche Gesteinsschichten abgelagert, wie z. B. Sandsteine, Tone und Kalke. Zweitens wurden hier aber auch zur gleichen Zeit verschiedene Gesteine nebeneinander gebildet, wie z. B. Schiefer und Kalke. Das ist der Grund, warum in Gesteinstabellen neben- und übereinander verschiedene Namen stehen. Einen Ausschnitt davon werden wir bei unserer Wanderung um die Hütte kennenlernen. Wir finden schwarze plattige Schiefer, harte kieselsäurereiche Gesteine. die Lydite, und schließlich tonig-sandige Schiefer. Sie stammen aus den Tiefen des Ozeans. dort, wo kein Licht mehr hinkommt und Lebewesen nicht mehr existieren können, wo kaum Sauerstoff vorhanden ist und Strömungen minimal waren - mit einem Wort, ungastliche Verhältnisse herrschten. Nur von oben, aus den obersten Wasserschichten, rieselte ab und zu der tote Körper oder die Schale eines Tieres zu Boden.

Das unwirtliche lebensfeindliche Milieu endete in der Mitte der Steinkohlenzeit, des Karbons, vor rund 320 Millionen Jahren. Durch unvorstellbare Kräfte wurden die im Meer gebildeten Gesteine zusammengestaucht, verfaltet, übereinan-

der getürmt und zu einem Gebirge hochgehoben. Es entstanden die Vorläufer der Karnischen Alpen.

Bereits nach wenigen Millionen Jahren, noch in der Steinkohlenzeit, versanken diese alten Berge wieder im Meer. Wie ein Mantel legten sich neue Gesteinsschichten auf die alten. Zuerst waren es Trümmergesteine, dann Sande, Tone und viele Hunderte, ja Tausende Meter verschiedener Kalkgesteine. Sie bilden die Deckschichten, und da sie jünger sind, finden wir sie in der Regel obenauf im Gebirge. Häufig ist das aber nicht der Fall, denn auch diese Gesteine wurden zusammen mit ihrer Unterlage gekippt, verfaltet und ineinandergeschoben. Dafür war die Alpenfaltung in den vergangenen rund 100 Millionen Jahren verantwortlich.

In dieser Zeit setzte auch bereits Abtragung ein, Flüsse fraßen sich in das Gebirge, Unwetter führten riesige Mengen von Schutt aus dem Gebirge fort, Höhen wurden erniedrigt und ganze Gebirgsteile verschwanden. Die Folge war, daß stellenweise erneut der alte Untergrund zum Vorschein kam, daneben aber auch die jungen Deckschichten teilweise erhalten blieben, ja sogar die Nahtstelle zwischen alten und jungen Gesteinsserien sichtbar wurde. Darauf stehen wir hier, wir blicken ins Innere des Gebirges, nehmen teil an seinem wechselvollen Schicksal, das vor undenklichen Zeiten begann und bis heute fortdauert.

### Alter und Entstehung

Das Gestein, auf dem die Hütte steht, wird als Lydit bezeichnet. Es besteht praktisch nur aus Quarz, ist also extrem hart. Seine Entstehung verdankt es kieselsäurereichen Absätzen am Grund des Meeres. In den heutigen Ozeanen werden vergleichbare Gesteine in Tiefen ab 3000 m gebildet. Eingeschlossene kugelige Reste, die nur mit der Lupe zu sehen sind, zeigen, daß auch Organismen am Aufbau dieses Gesteins beteiligt waren. Es sind winzige einzellige Radiolarien, also Meeresplankton, die dem Meerwasser Kieselsäure entzogen und sie zum Bau der Schale verwendeten. Man spricht daher auch von einem Radiolarit-Gestein. Daneben, jedoch viel seltener, finden sich darin Conodonten, das sind zahnähnliche Mikrofossilien, die für dieses Gestein genaue Altersangaben ermöglichen. Danach stammen sie aus dem mittleren Erdaltertum, der Devon-Zeit und zwar aus dem jüngeren Abschnitt (Oberdevon) vor rund 370 Millionen Jahren.

Der geologische Wanderweg "Zollnersee" umfaßt 13 Haltepunkte. Der Rundgang dauert etwa 2 Stunden.

## Nächster Standort

50 m südlich der Dr. Steinwender-Hütte.

#### Standort

50 m südlich der Dr. Steinwender-Hütte.

#### Georama

Wenige Meter südlich der Hütte stehen wir am Rande einer breiten Mulde. Es ist eine schön geformte Gletschereiswanne, deren Abfluß durch einen wallartigen Vorbau und durch die harten quarzreichen Gesteine, auf denen die Hütte steht, in den Nölblinggraben führt. Die Mulde ist von einem Niedermoor erfüllt. Bohrungen ergaben hier durchschnittliche Tiefen von 2 m. Im Verlauf des kleinen Baches ist allerdings eine rinnenartige Vertiefung der unter dem Moor liegenden Schutt-Felsoberkante ausgebildet, die bis 4,20 m von der Oberfläche hinunterreicht.

Im Hochglazial, das war die Zeit der maximalen Eisbedeckung während der letzten Eiszeit, war das Gailtal von einem bis in Höhen von rund 2000 m reichenden Eisstrom erfüllt. Nur die Spitzen von Kleinem und Hohem Trieb ragten daraus hervor, der Findenig und Zollner schon nicht mehr. Mit dem Abschmelzen des Eises ab ca. 15.000 Jahren vor heute blieben im Hochgebirge an geschützten nordseitigen Hängen noch für längere Zeit kleine Lokalgletscher erhalten, so bei der Oberen Bischofalm oder eben hier. Zuletzt schmolzen auch diese kleinen Eisreste ab.

Die Formung dieser Wanne geht auf die schürfende Tätigkeit des Eises zurück. Nahrung erhielt das Eisfeld von der Nord- und Nordostseite des Kleinen Trieb, das Widerlager war hingegen durch die extrem harte Felsbarriere gegen den Nölblinggraben hin gegeben. Schließlich war auch hier ein Abfluß geschaffen und das Wasser konnte ungehindert abfließen.

### Alter

Das Moor entstand durch die Verlandung eines kleinen Sees im jüngeren Postglazial vor rund 3000 Jahren. Dies geht aus Baumpollen

Pollen und Sporen	Summe = 100 %			
Tanne (Abies)	6	18	70.	6
Fichte (Picea)	36	20	37	40
Föhre (Pinus)	6	3	7	
Grünerle (Alnus viridus)	9	9	7	4 5 ×
Erle (Alnus glutinosa/incana)	1	1	×	×
Birke (Betula)	-	-	×	_
Hasel (Corylus)	2	2	× × 5	1
Rotbuche (Fagus)	2	7	220	1
Linde (Tilia)	1	2	2	×
Ulme (Ulmus)	×	×	×	×
Eiche (Quercus)	-	×		-
Ahorn (Acer)	×	×		×
Hainbuche (Carpinus)	×	×	77.7	-
Kräuter (Nelkengewächse, Korbblütler, Weidenröschen,				
Doldenblütler, Kreuzblütler)	12	5	5	6
Farnsporen	18	32	35	×

und Sporen hervor, die am Grunde des Moores vorkommen und die Vegetationsentwicklung nach dem Eisfreiwerden dieses Gebietes anzeigen.

## Nächster Standort

Verbindungsweg Zollneralm – Höhenweg 403, ca. 300 m westlich der Dr. Steinwender Hütte.

#### Standort

Verbindungsweg Zollneralm – Karnischer Höhenweg 403.

## Georama und Entstehung

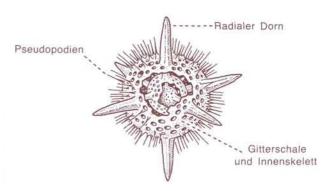
Wir stehen am ehemaligen Meeresboden von vielleicht 3000 m Tiefe, der heute über 1700 m hoch liegt. Das hat die Bildung der Alpen fertiggebracht, einmal im Urozean Abgelagertes zu festem Fels zu "versteinern", zu kippen und zu verfalten, aus dem Meer zu heben und zu Bergen aufzurichten.

Die hellgrauen bis weißen, in einzelnen Lagen auch grünlichen und bräunlichen Gesteine bestehen zum größten Teil aus reinem Quarz. Wenn sie nicht spalten, werden sie als Hornsteine, Lydite oder Radiolarite bezeichnet; blättern sie auf, sind es kieselige Schiefer. Unter dem Mikroskop oder mit der Lupe erkennt man im aufgeschlagenen Gestein winzige, unter 1 mm große runde Strukturen. Sie sind die im Gestein eingeschlossenen Querschnitte von kugeligen Gehäusen von einzelligen Urtieren, den Radiolarien, die bereits seit Urzeiten und heute immer noch als Plankton im Meer treiben, um als Nah-

rung für größere Tiere zu dienen. Ihr Gehäuse besteht aus Kieselsubstanz. Beim Tod des Tieres sinkt es zu Boden und Myriaden davon bilden dann zusammen mit direkt aus kieselsäurereichen Lösungen ausgeschiedenen Meeresabsätzen den Radiolarienschlamm. Das war vor Millionen von Jahren so und ist es auch noch heute.

Andere Organismenreste gibt es in diesem Gestein nicht, sehen wir vom gelegentlichen Vorkommen von Mikrofossilien wie z. B. den zahnähnlichen Conodonten ab. Die Tiefsee war lebensfeindlich, es mangelte an Licht, Sauerstoff und Nahrung für Bodenbewohner und Schwimmer. Dazu kam die große Entfernung von der Küste, der hohe Druck der überlagernden Wassersäule und die für jedes Leben ungünstige chemische Zusammensetzung des Meerwassers. Das waren einfach keine einladenden Bedingungen für die Entfaltung und das Leben einer Tierwelt im Meer.

Dieses Bild ist ein anschauliches Beispiel für gegensätzliche Lebensverhältnisse in den vergangenen wie den heutigen Ozeanen: Während hier in der Tiefsee extrem lebensfeindliche Verhältnisse herrschten, war das gleiche Meer in einigen Kilometern Entfernung am Schelf oder in



Bau einer Radiolarie

Riffnähe erfüllt von allen Formen des Lebens im Wasser. Das beste Zeugnis dafür sind die Gesteine in der Umgebung des Wolayersees.

#### Alter

Erdaltertum, Devon-Zeit (älteres Oberdevon), rund 370 Millionen Jahre.

## Nächster Standort

Rund 100 m in nördlicher Richtung.

#### Standort

Verbindungsweg Zollneralm – Karnischer Höhenweg 403.

## Georama und Entstehung

Das Gestein und seine Entstehungsbedingungen entsprechen etwa dem am Standort 3. Hier finden wir es allerdings in schiefriger Ausbildung vor. Es sind schwarze und dunkelbraune, dünnplattige quarzreiche Schiefer, in denen dickere dunkelbraune Lagen mit schwarzen Krusten und Knollen eingeschaltet sind. Sie sind mehr oder weniger stark von Eisen- und Manganoxiden vererzt. Man merkt dies sofort am hohen Gewicht der Steine. Analysen ergaben örtlich hohe Erzgehalte. Ein Abbau, obwohl in der Vergan-

genheit anscheinend kurzfristig durchgeführt, lohnt aber nicht, da das kleine Vorkommen keine wirtschaftliche Bedeutung hat.

Der wenige Meter dicke Schieferhorizont ist eine Einschaltung im oberen Teil der hellen kompakten, kieselsäurereichen Gesteine der Umgebung. Deutlich erkennt man Schichtflächen, die senkrecht stehen. Im Vergleich zu den davor und später gebildeten Gesteinen herrschten zur Entstehungszeit dieser Schiefer etwas veränderte Bedingungen. Das Milieu war wohl noch lebensfeindlicher geworden, das Wasser glich einer Brühe aus Faulschlamm angereichert mit Schwermetallionen. Woher diese Lösungen kamen, ist noch unklar. Eine Möglichkeit sind untermeerische erzangereicherte vulkanische Lösungen, eine andere sind fossile "Hartgründe", in denen es am Meeresboden zur Ausscheidung

besonders schwer löslicher Chemikalien kam. Der Tonschlamm wurde hingegen durch Strömungen fortgeführt, sodaß sich zeitweise überhaupt kein Sediment absetzte. An dieser Stelle wurden bisher keinerlei Versteinerungen gefunden.

#### Alter

Erdaltertum, Devon- und ältere Karbon-Zeit, rund 360 Millionen Jahre.

#### Nächster Standort

Etwa 400 m in nördlicher Richtung am Weg.

## Haltepunkt 5

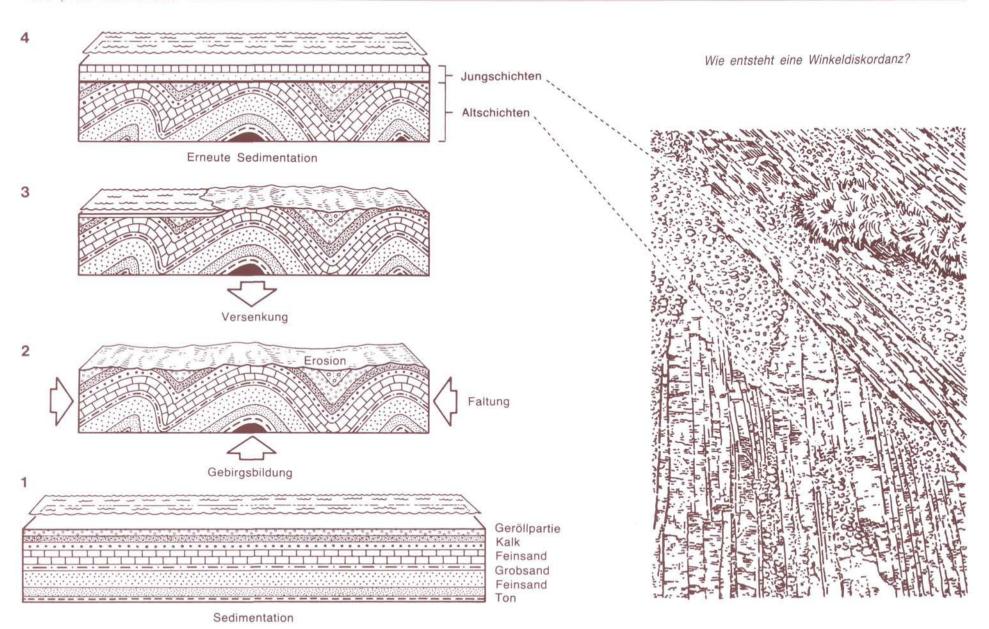
## Standort

Hochfläche des Collendiaul am Verbindungsweg Zollneralm – Karnischer Höhenweg 403 östlich der Kriegskasernen.

## Georama und Entstehung

Wir stehen an der Nahtstelle zwischen dem älteren Gebirgsteil der Karnischen Alpen und den darauf abgelagerten jüngeren Gesteinsschichten. Wie erklären Geologen die verschiedene Lagerung der Gesteine an dieser Stelle? Die einzelnen Schritte, die zu diesem Bild führen, sind auf der folgenden Seite zeichnerisch dargestellt.

Die verschiedene Neigung der hier aneinanderstoßenden alten und jungen Gesteine hat seine Ursache in zwei Gebirgsbildungen. Die ältere



90

Steinkohlen-zeitliche kippte die hellen harten Quarzgesteine (Lydite) aus der am Meeresboden ursprünglich horizontalen Lage in eine Schräglage. Mit der Erhebung zu den Vorläufern der Karnischen Alpen setzte sogleich Abtragung ein, bis Teile des alten Gebirges bis zum Meeresspiegel erniedrigt waren.

Mit der neuerlichen Überflutung wurden auf dem geneigten Untergrund neue, jüngere Schichten wiederum horizontal abgelagert. Die untersten Lagen dieser Jungschichten sehen wir rechts oben am Wegrand. Es sind bräunliche Sandsteine mit einzelnen gröberen Gesteinsbruchstücken und sandige Schiefer. Sie sind heute ebenfalls geneigt, doch nicht so stark wie die alten Gesteinsserien. Diese Kippung hat ihren Grund in der Alpenfaltung, durch die die Jungschichten, natürlich gemeinsam mit dem älteren Gesteinspaket, zusammengepreßt, verfaltet, gekippt und schließlich aus dem Meer herausgehoben und zum jetzigen Gebirge hochgehoben wurden.

Geologen sprechen von einer "Winkeldiskordanz" zwischen zwei Gesteinszyklen. Mit ihrer Hilfe wird die Erdgeschichte in Phasen relativer Ruhe und Phasen verstärkter tektonischer Aktivitäten eingeteilt. Sie treten in einem Gebiet der Erde stärker in Erscheinung, in anderen weniger. Die Gebirgsbildung in der Steinkohlenzeit ist die Summe vieler Einzelbewegungen, die auf der Erde über einen rund 50 Millionen Jahre dauernden Zeitraum stattfanden. Sie äußerte sich fast auf der gesamten Nordhalbkugel der Erde in einem breiten, von Irland im Westen über Mittelund Südeuropa bis nach Asien reichenden Gürtel. Andere Gebiete der Erde waren davon weniger stark betroffen.

eignis stattfand. Die hellen, senkrecht stehenden Kieselgesteine führen Mikrofossilien, die ein Alter von rund 370 Millionen Jahren haben. Sie wurden im jüngeren Zeitabschnitt der mittleren Devon-Zeit gebildet. Die Jungschichten entstanden mit großer Wahrscheinlichkeit gegen Ende der mittleren Steinkohlenzeit, dem Karbon, vor rund 320 Millionen Jahren. Da an anderen Stellen in den Karnischen Alpen auch Gesteine aus der älteren Steinkohlenzeit zum alten Rumpfgebirge gehören, muß die Gebirgsbildung in der mittleren Steinkohlenzeit zwischen 310 und 320 Millionen Jahren vor heute stattgefunden haben.

#### Alter

Durch das Alter der von der Gebirgsbildung betroffenen, unmittelbar aneinandergrenzenden Gesteine läßt sich feststellen, wann dieses Er-

### Nächster Standort

Mittlerer Abschnitt der Almstraße unter der Dr. Steinwender-Hütte.

## Haltepunkt 6

## Standort

Almstraße Zollneralm – Ochsenalm nahe der Abzweigung der Stichstraße zur Dr. Steinwender-Hütte.

#### Georama

Die Almstraße zur Ochsenalm führt unter der Dr. Steinwender-Hütte durch schwarze Schiefer. Wir sehen sie am Straßenrand als teilweise erdig verwitternde, eckig brechende Schieferstücke

oder als feinplattige schwarze und rußig abfärbende Schiefer. Da sie fast nur aus Quarz bestehen, werden sie auch als Kieselschiefer bezeichnet, bei stärkerem Tongehalt als Alaunschiefer. Ihre schwarze Farbe kommt von fein verteilter kohliger Substanz.

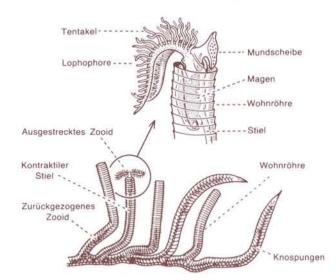


Werden die Schiefer mit dem Hammer gespalten, so finden sich in einigen Lagen häufiger, in anderen seltener, seidig glänzende Gebilde, die wie ein Laubsägeblatt aussehen können. Das sind die fossilen Reste von Graptolithen.

#### Graptolithen

sind bereits vor rund 300 Millionen Jahren ausgestorbene, koloniebildende Meerestiere. Eine Gruppe, die Graptoloidea, bevölkerte in großer Zahl die Meere im Erdaltertum. Viele Einzelheiten ihrer Lebensweise und ihres Weichkörpers geben der Wissenschaft noch immer Rätsel auf. Überliefert sind uns nur ihre gekammerten, mannigfaltig gestalteten Wohnröhren. Die Kolonie bestand aus röhrenförmigen Kelchen, die sich durch Sprossung aus der Mutterzelle und später aus Stielzellen entwikkelten.

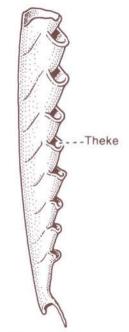
Im Gestein finden sich die Überreste dieser Tiere bei günstiger Voraussetzung entweder vollkörperlich und dreidimensional oder – häufiger – als einige cm lange glänzende, wie ein Laubsägeblatt aussehende Gebilde. Aus diesem Grunde wurden sie als Graptolithen, d. h. Schriftsteine, bezeichnet. Bau und Zusammensetzung der Wohnröhren (Theken) entsprechen weitgehend heute lebenden Flügelkiemern, das sind



Heute lebende Verwandte der Graptolithen (Flügelkiemer, z.B. Rhabdopleura)

winzige mm-große Meerestiere, die ebenfalls in Kolonien leben (z. B. Rhabdopleura). Obwohl erst seit der Kreidezeit bekannt, werden sie als Verwandte der längst ausgestorbenen Grantolithen vermutet.

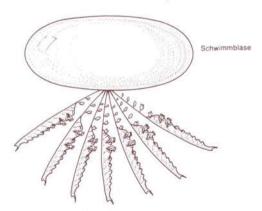
Das ursprüngliche Kollagen (ein Gerüstprotein) der Wohnröhren ist in den Karnischen Alpen infolge gebirgsbildender Vorgänge in kohlige Substanz umgewandelt und in der Regel von weißem Gümbelit, einer mineralogischen Neubildung, ausgekleidet. Im Erdaltertum bildeten sich Graptolithen sehr rasch um. Dazu kommt ihre, infolge treibender Lebensweise, weite Verbreitung in allen Weltmeeren und ihr gehäuftes Auftreten, das über einen Zeitraum von rund 100 Millionen Jahren anhielt. Aus den genannten Gründen sind sie für die Geologen immens wichtig und stellen das genaueste Werkzeug zum weltweiten Schichtenvergleich dar, d. h. sie ermöglichen sehr präzise Altersangaben von Gesteinen, in denen sie eingeschlossen sind und gefunden werden.



Fossile Graptolithenart (Monograptus transgrediens) aus 400 Millionen Jahre alten Gesteinen

## Alter

Erdaltertum, Silur-Zeit, rund 410 Millionen Jahre.



Lebensbild der schwebenden Graptolithenkolonie mit Zooiden in den Theken

## Entstehung

Die Kiesel- oder Graptolithenschiefer sind Ablagerungen eines ruhigen aber nicht unbedingt tiefen Meeresbeckens. In Bodennähe herrschte große Sauerstoffarmut, die durch fehlende Strömungen und mangels Wasseraustausches noch verstärkt wurde. Die Folge war die Bildung von Faulschlamm mit reichlich organisch gebildetem Kohlenstoff aus den Verwesungsprodukten verschiedener im Meer lebender Mikroorganismen. Das lebensfeindliche Milieu gestattete kein Leben in Bodennähe. Lediglich in den oberen Wasserschichten trieben Graptolithen, die nach ihrem Tode zu Boden sanken und im Schlamm eingebettet wurden. Schicht für Schicht, allerdings in geringer Dicke, häufte sich so über Jahrmillionen an. Zeitweise wurden die stagnierenden Bedingungen durch Schwankungen des Meeresspiegels und Zufuhr von Sauerstoff etwas aufgelockert. Dann finden sich im Gestein auch kleine Armfüßer und vereinzelt Conodonten, eine

weitere Gruppe von Mikrofossilien, die für die Altersfeststellung von Gesteinen des Erdaltertums von größter Bedeutung ist.

#### Nächster Standort

Graben unmittelbar östlich der Dr. Steinwender-Hütte.

## Haltepunkt 7

#### Standort

Graben zwischen Almstraße zur Ochsenalm und Dr. Steinwender-Hütte.

#### Georama

Die Straße zur Ochsenalm quert unter der Hütte ein kleines Gerinne, das vom Moor in den Nölblinggraben fließt. Unter der Straße stürzt der Bach als Wasserfall in die Tiefe. Dort liegen die ältesten Anteile dieser Gesteinsfolge mit rund 440 bis 450 Millionen Jahren alten Schiefern. Diese Stelle sollte allerdings nicht besucht werden, da ihr Zugang nur über einen sehr steilen und gefährlichen Wiesenhang möglich ist.

In der Fortsetzung des Grabens nach oben ist über eine Strecke von rund 50 Metern eine Gesteinsgesellschaft aufgeschlossen, die in einem Zeitraum von rund 20 Millionen Jahren im Erdaltertum in einem tieferen und ruhigen, küstenfernen Meeresbecken abgelagert wurde. Wie am Standort 6 sind hier schwarze Kieselschiefer

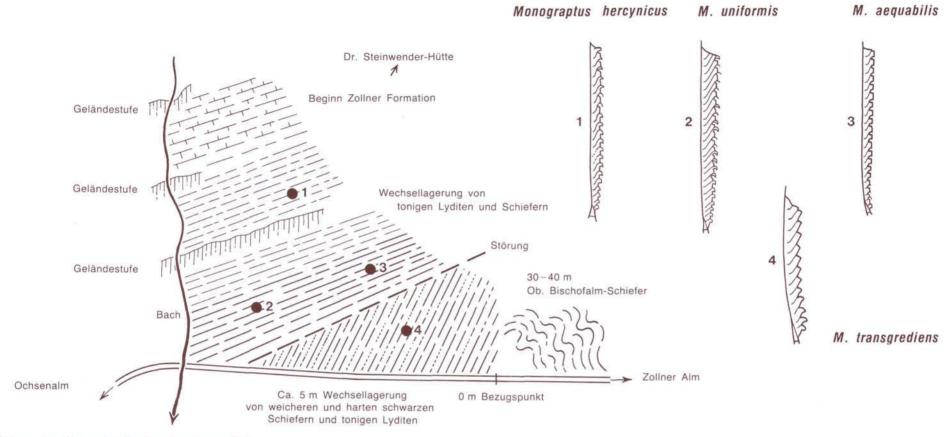
verbreitet, in die sich zusätzlich kompaktere Lagen, sogenannte Lydite, einschalten. Die Entstehungsbedingungen waren die gleichen wie am zuletzt besuchten Fundpunkt.

Die Begehung des Streckenabschnitts über der Straße bietet keine Probleme. Hier fließt der Bach über drei kleinere Geländestufen, die leicht zu überwinden sind. Sie sind in schwarzen Kieselschiefern und etwas tonigeren Alaunschiefern angelegt. In verschiedenen Niveaus kommen darin Graptolithen vor, die wir bereits kennenlernten. Reichere Fundpunkte liegen auf der rechten westlichen Grabenflanke, deren unterer Teil allerdings gestört, verruschelt und kleingefaltet ist. Die beigegebene Skizze veranschaulicht die geologischen Verhältnisse.

Wir wissen bereits, daß Graptolithen längst ausgestorbene koloniebildende Meerestiere sind, die sich über einen Zeitraum von rund 100 Millionen Jahren sehr rasch von Art zu Art umgewandelt hatten. Die einzelnen Entwicklungsschritte bildeten sich in der Form des Gehäuses ab. Damit haben Geologen ein Werkzeug in der

Hand, mit dem sie Schichtvergleiche über große Strecken hinweg durchführen können. Das dient zur präzisen Feststellung des relativen Alters von Ablagerungsgesteinen. Zu anderen Zeiten der Erdgeschichte übernehmen andere Fossilgruppen die Rolle der Graptolithen.

Die Suche nach Graptolithen erfordert einen großen Zeitaufwand, viel Geschicklichkeit und Glück und darüberhinaus große körperliche Anstrengungen. Sie sind nämlich im Gestein nicht gleichmäßig verteilt. Viele hunderte, oft nur 1 mm dünne Schieferlagen müssen mit dem Hammer abgeschlagen und gespalten werden, bis zuletzt die vertikale Verbreitung, das heißt, die Lebenszeiten einzelner Arten im Gestein feststehen. Das Endergebnis der Suche ist schließlich eine möglichst vollständige Liste der im Gestein enthaltenen und namentlich bestimmten Graptolithen, die dann in Beziehung zur Dicke des Gesteins und einem charakteristischen Bezugspunkt gesetzt werden. Darauf bezogen, werden Vorkommen aus der näheren und ferneren Umgebung miteinander verglichen.



Skizze des Wasserfall-Profiles im oberen Teil

## Alter

Im erdgeschichtlichen Kalender des Geologen gehören die Gesteine über der Straße in die jüngere Silur-Zeit und die darauffolgende ältere Devon-Zeit. Sie haben damit ein Alter zwischen etwa 410 und 390 Millionen Jahren. Die relativ jüngsten Gesteine in dieser Abfolge liegen über der 3. Geländestufe am Beginn des flacheren Grabens.

## Nächster Standort

Rücken südlich des Zollnersee-Abflusses mit Blick gegen den Wasserfall.

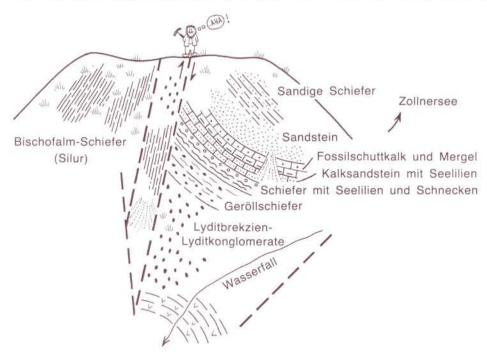
#### Standort

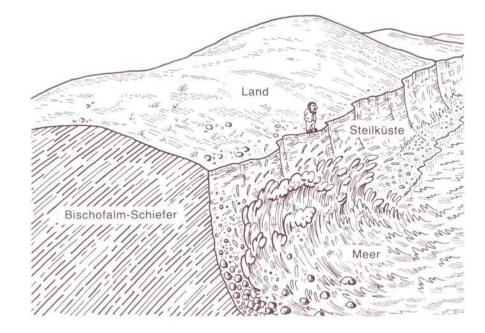
Rücken südlich des Wasserfalles des Zollnersee-Abflusses.

#### Georama

Von der Geländekante südlich des Abflusses vom Zollnersee erblicken wir im Graben neben und über dem Wasserfall Gesteine, die, ähnlich wie im Vorkommen 5, an der Grenze zwischen dem alten Gebirgssockel und der jüngeren Auflage liegen. Den tiefsten Teil des Grabens bauen Silur-zeitliche schwarze Kieselschiefer und harte Lydite auf. Darauf liegen, deutlich vom Untergrund abgegrenzt, Trümmergesteine mit einer Dicke von rund 20 Metern. Ihr Aufbau und ihre Zusammensetzung ist unschwer zu erkennen, da sie auch auf unserem Standplatz verbreitet sind und wir sie daher direkt prüfen können. Es

sind dicht gepackte und fest miteinander verbundene gerundete und eckige Gerölle von verschiedenfarbigen Lyditen und Kieselschiefern, Quarziten, Sandsteinen und Schiefern. Diese Gesteine sind die gleichen wie sie auch im Untergrund vorkommen – nur liegen sie eben hier als Trümmer vor. Nach oben gegen den Rücken des Zollnersees nimmt die Geröllführung allmählich ab, bis zuoberst unreine Kalke, Sandsteine und sandige Schiefer das Hauptgestein bilden.





Geologische Fakten und Rekonstruktion zur Steinkohlenzeit

#### Alter

Steinkohlenzeit, Karbon (Mittelteil), Moskau-Stufe, rund 320 Millionen Jahre.

## Entstehung

Mit seltener Klarheit gibt uns die Natur an dieser Stelle eines ihrer Geheimnisse preis. Versetzen wir uns zurück in die Steinkohlenzeit, in der das folgende Szenario vor unseren Augen abläuft:

Wir stehen am Ufer des Steinkohlen-zeitlichen Meeres, das nach der ersten Gebirgsbildung erneut in die Karnischen Alpen eingedrungen war. Es überflutete die Niederungen, andere Teile

blieben aber Festland. An dieser Stelle ist die Küste steil, und die Brandung tobt mit voller Gewalt gegen die Felsen. Aus dem alten Gestein bricht ab und zu ein Stück heraus, fällt ins Meer und wird zu einem Strandgeröll am Fuß der Klippe. Unablässig rieselt weiteres Material aus der Felswand, das anschließend im Wasser weiterbewegt, angerundet und mit anderen Geröllen vermischt wird. Das Bild gleicht einem Kiesstrand am Mittelmeer. Dann läßt die Wasserenergie allmählich nach, ein Niveauausgleich zwischen Meeresspiegel und Festland ist erreicht. Nun hört der Trümmerregen aus der Wand auf, langsam setzen sich normale Sedimentationsverhältnisse im Küstenbereich durch und tonig-sandige sowie schwach kalkige Ablagerungen des Flachwassers stellen sich ein. Das Meer hat das Land erobert ...

In der Zeichnung sind auf der einen Seite geologische Fakten dargestellt, auf der anderen wurde das gleiche Bild durch das oben geschilderte Szenario ergänzt. Nach dieser Vorstellung könnte die Uferlinie vom heutigen See über die Südseite des Seebühels in den Graben vor uns verlaufen sein.

### Nächster Standort

Südufer des Zollnersees.

## Haltepunkt 9

#### Standort

Südufer des Zollnersees, Höhe 1766 m.

## Georama und Entstehung

Der Zollnersee liegt in einer flachen Ost-West ausgerichteten Senke zwischen dem Grenzkamm im Süden und dem Seebühel im Norden. Der 1766 m hoch gelegene Gebirgssee nimmt eine Fläche von etwa einem Hektar ein, seine tiefste Stelle beträgt 2,80 m.

Der See entwässert in einem trägen Abfluß nach Westen. Hier ist die Verlandung des Seeufers schon weit fortgeschritten. Die Zuflüsse kommen aus breiten flachen Sumpfmulden vom Grenzkamm, die durch Rundkuppen und niedere Hügel getrennt sind.

Nach Meinung von Gletscherkundlern entstand der See weniger durch die Schurfwirkung des Eises als vielmehr durch Toteis im unterlagernden leicht zerstörbaren Gestein. In der Tat liegt der See an der Grenzlinie zwischen alten, sehr harten Gesteinen und jungen, relativ weichen. Am letzten Standpunkt sahen wir, daß hier schon in der Steinkohlenzeit eine sehr deutliche geologische Grenze verlief. Die seichte Mulde, die heute vom See ausgefüllt wird, ist also gesteinsbedingt und ihre Entstehung leicht verständlich.

Die Seeufer sind durchwegs begrünt, Almrauschgebüsch, Bürstlingrasen und Sumpfwiesen reichen an den See heran. Das Ufer wird von einem 2-3 m breiten Saum von Wasserpflanzen umrahmt, unter anderen wachsen hier Laichkraut, Igelkolben und Fieberklee.

## Naturpfad Zollnersee

Die Wassertemperatur kann im Sommer wegen der geringen Tiefe hohe Werte bis gegen 20° erreichen. Andererseits dauert die Eisbedekkung oft 6–7 Monate im Jahr. Dann sind Eisdikken bis zu 1 m keine Seltenheit. Auffallend ist die gelbliche Eisverfärbung, was von Eisenverbindungen im Wasser herrührt. Die südlichen Zuflüsse aus den Silur-zeitlichen schwarzen Schiefern sind nämlich besonders reich an Eisen, das sich am Seeboden in einem rostbraunen Schlamm niederschlägt. Er hat zudem einen unangenehmen Geruch nach Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) und enthält reichlich abgestorbene tierische und pflanzliche Organismen.

Der Zollnersee ist reich an moos- und schlammbewohnenden Algen. An sichtbaren

Tieren fallen in Ufernähe die Blutegel auf, reich ist der Gehalt an tierischem Plankton, das aber große jahreszeitliche Schwankungen aufweist, während pflanzliches Plankton stark zurücktritt. Der Versuch, Fische im See anzusezten, muß wegen des seichten Wasserbeckens und der damit verbundenen starken äußeren Einflüsse scheitern.

kann aber vermutet werden, daß der Zollnersee nach dem letzten Eisfreiwerden dieses Gebietes vor rund 3000 Jahren entstanden ist.

#### Alter

Bisher fehlen vegetationsgeschichtliche Untersuchungen des Seebeckens und der Umgebung, die für genaue Altersangaben unerläßlich sind. Durch Vergleiche mit anderen Vorkommen

#### Nächster Standort

Wir gehen ein Stück des Weges zurück und wenden uns nach Süden zum großen Moor am Grenzkamm.

## Haltepunkt 10

### Standort

Moor im Südwesten des Zollnersees am Grenzkamm, Höhe 1800 m.

## Georama und Entstehung

Das breite flache Niedermoor liegt inmitten niederer Hügel und Rundhöcker. Eine der Rundkuppen, durch die das Moor in einen südlichen und einen westlichen Ast geteilt wird, ist von besonderem Interesse. Sie besteht aus groben, gerundeten, hauptsächlich schwarzen Geröllen, die stärkstens miteinander verbunden sind. Der Fachausdruck dafür ist "Konglomerat"; als "Brekzie" wird ein Gestein bezeichnet, wenn die einzelnen Komponenten eckia sind.

Der Untergrund des Moores wird von schwarzen Silur- und Devon-zeitlichen quarzreichen Kieselschiefern und kompakten Lyditen gebildet. Am Südrand kommen auch grünlich gebänderte Lydite und Radiolarite vor sowie ein Band von kieseligen Schiefern. Diese Gesteine sind wasserundurchlässig, bieten also ideale Voraussetzungen für eine Sumpfwiese. Der Nordrand wird hingegen von Jungschichten aus der jüngeren

Steinkohlenzeit aufgebaut und besteht aus Schiefern, auf denen eine in drei Einzelteile zerbrochene horizontale Kalkplatte liegt.

Diese Verhältnisse gleichen grundsätzlich jenen am Abfluß vom Zollnersee, unserem Haltepunkt 8. Hier wie dort bilden die Trümmergesteine das Verbindungsglied zwischen dem alten Steinkohlen-zeitlichen Gebirge und den nachfolgenden Ablagerungen, die auf der "Ruine" liegen und bis jetzt nicht abgetragen wurden. Der Prozeß, der zu ihrer Bildung führte, ist ebenfalls der gleiche: Sie sind Aufarbeitungsprodukte des Meeres, das im Begriffe war, das alte Festland

zu erobern. Seine zerstörende Kraft war so gewaltig, daß ihm auch die härtesten Gesteine keinen Widerstand leisten konnten. Nach ihrem Untergang folgte eine Zeit der relativen Ruhe; was dann geschah, zeigt der nächste Fundpunkt.

#### Alter

Erdaltertum, Steinkohlenzeit, Karbon (Moskau-Stufe), rund 320 Millionen Jahre.

#### Nächster Standort

Kalkplatte auf der Nordseite des Grenzkammes.

## Haltepunkt 11

### Standort

Hügelkette im Südwesten des Zollnersees am Nordrand des Grenzmoores in 1810 m Höhe, östliche Kuppe.

#### Georama

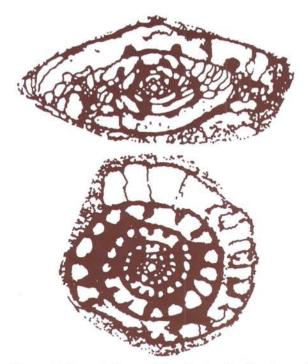
Die ursprünglich eine einzige Kalkplatte bildenden Vorkommen von fossilreichen Kalken aus der jüngeren Steinkohlenzeit haben eine Dicke von 6,55 m im Westen und 4,20 m im Osten. Sie liegen auf silbergrauen, glimmerhältigen siltigen Schiefern, in denen noch vor wenigen Jahren, besonders an der Westseite, zahlreiche Armfüßer (Brachiopoden) und Korallen gefunden werden konnten.

Wir besuchen zuerst das östliche Vorkommen, das viele Reiskorn-große Schalen von Einzellern, sogenannte Fusuliniden, enthält und danach das größere westliche Vorkommen, in dem man zahlreiche Reste anderer Tier- und Pflanzengruppen findet. Es besteht aus mehreren, nahezu horizontal geschichteten Kalkbänken. Neben häufig auftretenden Kalkalgen erkennen wir schraubenartige Reste von Seelilien (Crinoiden), weiters Kelche von Korallen, Schalen von Armfüßern (Brachiopoden) und Schnecken, weiters ein charakteristisches Netz bildende Kalkschwämme und, ziemlich selten, die Panzer von Trilobiten. Nicht mit freiem Auge zu sehen sind winzige Reste von Urtieren (Foraminiferen), Fischzähne und Conodonten.

Ins Auge fallend sind an allen drei Kalkvorkommen die häufigen Fusuliniden. Im Westen liegt ihre Hauptverbreitung im unteren Abschnitt, doch kommen sie mehr oder weniger gehäuft auch in den höheren Partien der Kalke im östlichen Vorkommen vor.

#### Fusuliniden

Die Gruppe der Fusuliniden gehört zu den Einzellern (Protozoen), die sehr komplizierte Gehäuse bauten. Sie waren gegen Ende des Erdaltertums in den Weltmeeren weit verbreitet. Für die Altersfeststellung von Gesteinen dieser Zeit sind sie von großer Bedeutung, da sie sich relativ rasch veränderten. Ihre Arten, von denen etwa 3500 bekannt sind, waren teilweise über große Entfernungen gleich. Mit solchen gleichen Ar-



Längsschnitt und Querschnitt durch die Fusulinenart Protriticites variabilis aus dem oberen Teil der Kalke

ten können daher die Meeresablagerungen über tausende Kilometer miteinander verglichen werden.

Die Fusuliniden starben noch vor dem Ende des Erdaltertums aus. Sie nahmen in ihren Weichkörper kleine Algen auf, was für beide von Vorteil war. Die primitiven Pflanzen ernährten sich durch Assimilation von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) mit Hilfe des Sonnenlichts. Gleichsam als Abfall entstand Kalk, der zum Bau der Schale verwendet wurde.

Die Kalke, die wir besuchen, enthalten nur relativ kleine Fusuliniden. Sie sind etwa 4 mm lang und gleichen einem dicken Getreidekorn. Ihr Innenbau ist kompliziert und in der Zeichnung dargestellt. Die Schale vergrößert sich in Windungen, sodaß der Querschnitt einer Spirale entspricht. Die ursprüngliche Anfangskammer ist etwa 1/10 mm groß und rund, die ersten Windungen sind eng gerollt, der letzte Umgang relativ hoch. Jeder Stillstand im Bauen endet mit einer Verschlußwand. Die unten abgebildete Schale ist in ungefähr 90 Lebensrhythmen gebaut worden.

Die Schalen in den Kalken, vor denen wir stehen, sind besonders interessant, weil die Tiergattung, die wir Protriticites nennen, gerade vor einem Wechsel im Bauplan der Schale stand. Diese wurde dadurch in ihrer Bruchfestigkeit verstärkt und ermöglichte dadurch die weitaus größeren Schalen der nachfolgenden Zeiten. Die neue Konstruktion ist dem einer Bienenwabe ähnlich, die Schale wurde sehr steif und bruchsicher.

Mit den gefundenen Arten in diesem Kalk kann man Vergleiche über große Entfernungen machen. Artengleiche und damit ungefähr gleichzeitige Kalke findet man im Moskauer Becken, am Westrand des Urals, aber auch in Mittelasien. Damals waren Amerika, Eurasien und Afrika noch eine Einheit, der Großkontinent "Pangäa", und wir befinden uns hier nahe dem Südufer des damaligen Eurasiens.

#### Alter

Erdaltertum, Steinkohlenzeit, Karbon (Kasimov-Stufe), rund 300 Millionen Jahre.

## Entstehung

Die Kalkplatte ist in einem ruhigen Meeresteil als Kalkschlamm von schalenbildenden Organismen und ihren Skelettresten abgelagert worden. Größere Elemente stammen von Kalkalgen, Seelilien und Korallen, kleinere hauptsächlich von verschiedenen Kammerlingen (Foraminiferen), deren wichtigste Gruppe die Fusuliniden sind. Die vor allem in der oberen Hälfte der Kalke enthaltenen Kalkalgen bedeuten, daß die Wassertiefe nur sehr gering war. Zu dieser Zeit herrschte eine stärkere Wasserzirkulation als zur Bildungszeit der tieferen Partien, da hier auch bewegte Schlammpartikel vorkommen, Seelilien

zerbrochen sind und der Aufbau der Kalke etwas gröber ist als unten. In der obersten Lage stellte sich eine Verschlechterung der Lebensbedingungen ein, da durch Tonzufuhr eine Wassertrübung eintrat. Davon wurden in erster Linie die Fusuliniden und Crinoiden belastet, die diese Verhältnisse nicht verkraften konnten und daher verschwanden. Algen nahmen fast vollständig ihren Platz ein, bis auch sie im Tonschlamm "versanken". Er wurde zum Lebensraum von Armfüßern und Schnecken, die wir in versteinerter Form gelegentlich in den obersten bräunlichen Ton- und Siltschiefern finden können.

## Nächster Standort

Westliche Kuppe.

## Haltepunkt 12

### Standort

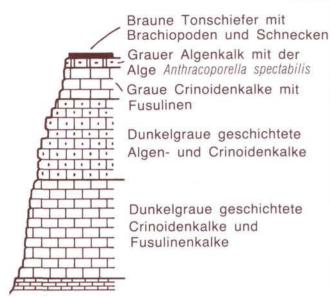
Hügelkette im Südwesten des Zollnersees am Nordrand des Grenzmoores in 1810 m Höhe, westliche Kuppe.

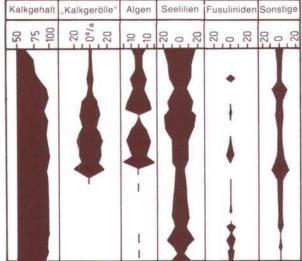
#### Georama

Die ursprünglich eine einzige Kalkplatte bildenden Vorkommen von fossilreichen Kalken aus der jüngeren Steinkohlenzeit haben eine Dicke von 6,55 m im Westen und 4,20 m im Osten. Sie liegen auf silbergrauen, glimmerhältigen siltigen Schiefern, in denen noch vor weni-

gen Jahren, besonders an der Westseite, zahlreiche Armfüßer (Brachiopoden) und Korallen gefunden werden konnten.

Wir besuchen zuerst das östliche Vorkommen, das viele Reiskorn-große Schalen von Einzellern, sogenannte Fusuliniden, enthält und danach das größere westliche Vorkommen, in dem man zahlreiche Reste anderer Tier- und Pflanzen-

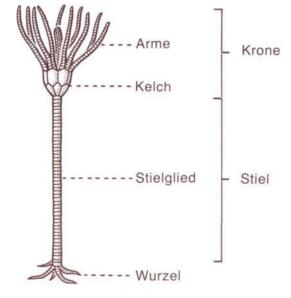




Die vertikale Gliederung des Kalkplateaus

gruppen findet. Es besteht aus mehreren, nahezu horizontal geschichteten Kalkbänken. Neben häufig auftretenden Kalkalgen erkennen wir schraubenartige Reste von Seelilien (Crinoiden), weiters Kelche von Korallen, Schalen von Armfüßern (Brachiopoden) und Schnecken, weiters ein charakteristisches Netz bildende Kalkschwämme und, ziemlich selten, die Panzer von Trilobiten. Nicht mit freiem Auge zu sehen sind winzige Reste von Urtieren (Foraminiferen), Fischzähne und Conodonten.

Ins Auge fallend sind an allen drei Kalkvorkommen die häufigen Fusuliniden. Im Westen liegt ihre Hauptverbreitung im unteren Abschnitt, doch kommen sie mehr oder weniger gehäuft auch in den höheren Partien der Kalke im östlichen Vorkommen vor.



Hauptmerkmale einer Seelilie

#### Crinoiden

Die zweite Gruppe auffällig großer Versteinerungen, besonders im westlichen Vorkommen, sind Reste von Seelilien (Crinoiden). Seelilien – ein Reizwort für den Sammler von Fossilien! Er denkt an schöne Kelche, möglichst noch im Zusammenhang mit dem Stiel und eingebettet in einer großen Kalkplatte oder erhaben auf dem Stein liegend. Solche Erwartungen müssen wir hier enttäuschen, denn die größten zusammenhängenden Reste von Seelilien sind maximal 30 cm lange Teile des Stieles, der Arme oder Platten vom Kelch.

Seelilien sind Meerestiere, die mit einem flexiblen Stiel, der in Wurzeln, Haft- oder Ankerscheiben endet, am Meeresboden angeheftet sind. Heute lebende Seelilien führen im Gegensatz zur Vergangenheit arößtenteils ein freischwimmendes Leben.

Bei vollständiger Erhaltung drängt sich der Vergleich mit einer Lilie auf. So schöne Stücke sind aber sehr selten, meist findet man nur isolierte Skelett-Teile wie Stielglieder, Kelchplatten oder Einzelteile der Arme oder der Wurzel. Die einzelnen Stielglieder waren, ähnlich unserer Wirbelsäule, durch elastische Fasern miteinander verbunden, die den Stiel biegsam machten. Nach dem Tode verloren die Hartteile den Zusammenhalt und zerfielen in Einzelteile. Das können bei einem Tier weit über 100 sein.

Seelilien haben sich auf den Fang von Plankton spezialisiert, wie z.B. auch Schwämme oder Korallen. Die fein gegliederten und gefiederten Fangarme sind ausgezeichnet beweglich und wirken wie ein Netz, in dem Kleinlebewesen gefangen werden. Sie dienen dem Tier als Nahrung, die in Rinnen zum Mund des Weichkörpers geführt wird, der im Kelch sitzt.

Im Erdaltertum gab es Seelilien in unglaublicher Menge und Vielfalt. In den Karnischen Alpen ist ihre Hauptverbreitung in der Devon- und in der Karbon-Zeit. Oft bestehen ganze Schichten aus Gliedem der Stiele oder von anderen Skelettresten. Man spricht dann von Crinoidenkalken, die, einem Rasen ähnlich, den Meeresboden bevölkerten. Treffend wurde dieses Bild einmal so beschrieben, daß sie "nebeneinander wie Ähren im Felde wucherten".

#### Alter

Erdaltertum, Steinkohlenzeit, Karbon (Kasimov-Stufe), rund 300 Millionen Jahre.

## Entstehung

Die Kalkplatte ist in einem ruhigen Meeresteil als Kalkschlamm von schalenbildenden Organismen und ihren Skelettresten abgelagert worden. Größere Elemente stammen von Kalkalgen, See-

## Naturpfad Zollnersee

lilien und Korallen, kleinere hauptsächlich von verschiedenen Kammerlingen (Foraminiferen), deren wichtigste Gruppe die Fusuliniden sind. Die vor allem in der oberen Hälfte der Kalke enthaltenen Kalkalgen bedeuten, daß die Wassertiefe nur sehr gering war. Zu dieser Zeit herrschte eine stärkere Wasserzirkulation als zur Bildungszeit der tieferen Partien, da hier auch bewegte Schlammpartikel vorkommen, Seelilien

zerbrochen sind und der Aufbau der Kalke etwas gröber ist als unten. In der obersten Lage stellte sich eine Verschlechterung der Lebensbedingungen ein, da durch Tonzufuhr eine Wassertrübung eintrat. Davon wurden in erster Linie die Fusuliniden und Crinoiden belastet, die diese Verhältnisse nicht verkraften konnten und daher verschwanden. Algen nahmen fast vollständig ihren Platz ein, bis auch sie im Tonschlamm

"versanken". Er wurde zum Lebensraum von Armfüßern und Schnecken, die wir in versteinerter Form gelegentlich in den obersten bräunlichen Ton- und Siltschiefern finden können.

#### Nächster Standort

300 m nördlich am Karnischen Höhenweg 403.

## Haltepunkt 13

### Standort

Karnischer Höhenweg 403, etwa 200 m nordöstlich der Zollhütte am Zollnertörl in Höhe 1800 m.

#### Georama

Nach unserer Wanderung durch über 400 Millionen Jahre Erdgeschichte kehren wir zurück an die Grenznaht zwischen altem Gebirge und seiner jungen Auflage. Vom westlichen Zollnertörl kommend, führt der Weg nach Osten durch Kieselsäure-reiche Schiefer und gebänderte dunkelgraue und grünliche Lydite, das sind ebenfalls fast nur aus Quarz bestehende Ablagerungsgesteine. Ihr Entstehungsort war die Tiefe des Ozeans, sie stellen die küstenfernsten und zugleich tiefsten Bildungen dar, die wir aus dem Erdaltertum der Karnischen Alpen kennen. Vereinzelt enthalten sie winzige Versteinerungen, die nur nach aufwendigen Laboruntersuchungen

gewonnen werden können. Am ersten und dritten Haltepunkt ist darüber ausführlich berichtet worden.

Am westlichen Beginn der Verebnungsfläche folgen über den oben erwähnten alten Gesteinen hellbraune sandige Schiefer. Sie gehören zu den Deckschichten, die auf dem Steinkohlen-zeitlichen Grundgebirge aufliegen. Wenige Schritte nach Osten finden wir auch Trümmergesteine, die die Nahtstelle zwischen Alt und Jung markieren. Wie an anderen Stellen sind sie Aufarbeitungsprodukte, die während der Überflutung des Festlandes durch das vorrückende Meer gebildet worden sind.

Ein Blick auf die geologische Karte zeigt uns, daß die Verbreitung von solchen Trümmergesteinen in der Umgebung des Zollnersees sehr flekkenhaft ist. Geologen fanden dafür eine einfache Erklärung: Die Landschaftsoberfläche in der Steinkohlenzeit war bei der Wiederkehr des Meeres uneben, hügelig, von Mulden und Tälern zerfurcht, ja glich stellenweise einer verödeten Karstlandschaft. Je nach Höhenlage und Ge-

steinsuntergrund arbeitete sich das vordringende Meer unter Zurücklassung unterschiedlicher Spuren auf das Festland vor. Wo kein starkes Relief im Untergrund war, blieb auch die Erosionsleistung schwach, und junge Tonschiefer und Sandsteine liegen direkt auf dem alten Gestein. Traf das Meer auf ein Hindernis wie z. B. eine Felsklippe, so wurde sie durch die anbrandenden Wellen zertrümmert und zu Schutt zermahlen. Danach folgten weniger grobe Gesteinsablagerungen. Während der Alpenfaltung kamen weitere Gesteinsverschiebungen dazu. die das ursprüngliche Ablagerungsmuster zusätzlich veränderten. Einzelne Schollen wurden hochgehoben, andere abgesenkt. Erosion setzte ein und führte Sedimente fort, so daß nur mehr Reste der ursprünglichen, weiter ausgedehnten Deckschichten übrig blieben. Wir haben davon einen Teil bei unserer Wanderung kennengelernt - einen kleinen, aber sehr bedeutsamen Ausschnitt aus der langen abwechslungsreichen Naturgeschichte dieses großartigen und "vielsagenden" Gebirges.

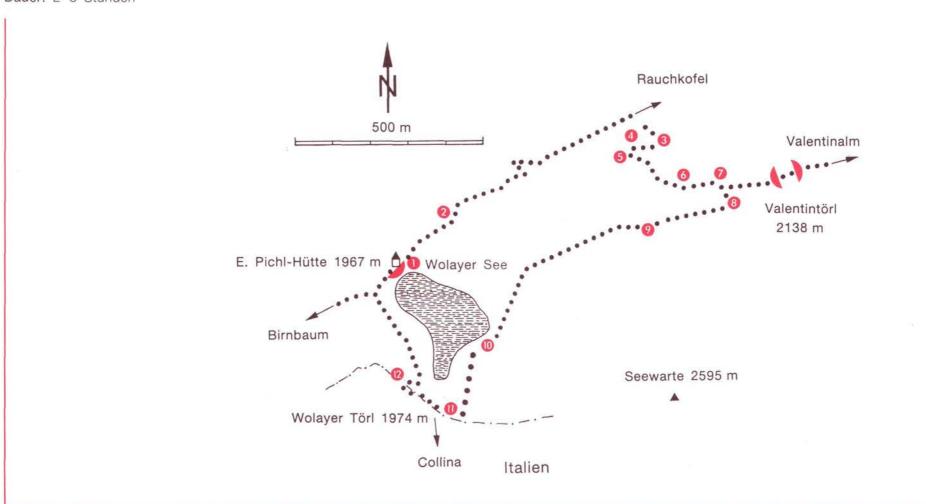


## Naturpfad Wolayersee

Route: E. Pichl-Hütte (1967 m) - Rauchkofelboden (2175 m) - Wolayertal - (Valentintörl 2138 m) - Wolayer Törl

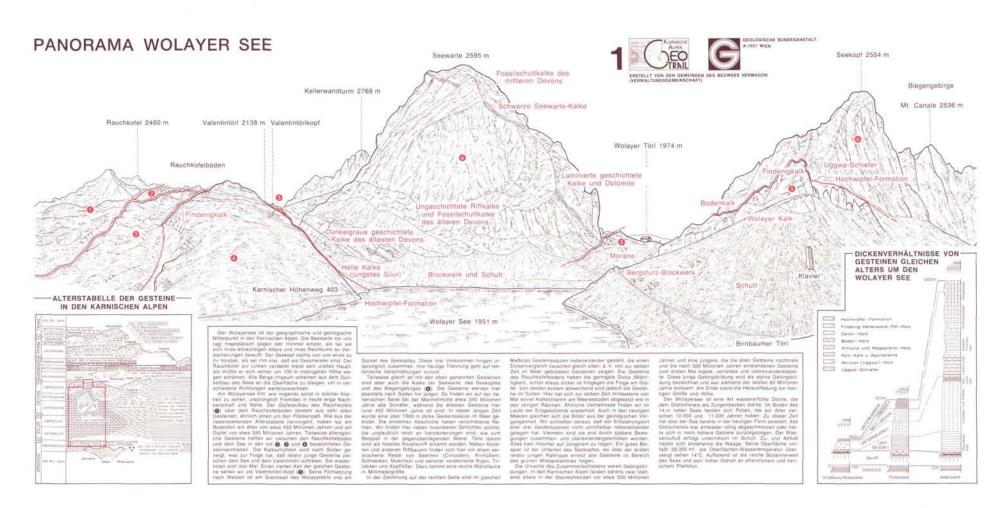
(1974 m) - E. Pichl-Hütte

Länge: Rund 2,5 km Dauer: 2-3 Stunden



### Standort

Eduard Pichl-Hütte.



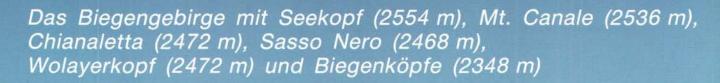


## Standort

Erster Rauchkofelboden, Höhe 2000 m.

## Georama

Der Steig von der Eduard Pichl-Hütte zum Gipfel des Rauchkofels führt zu Beginn durch ein Schuttfeld. Bei unserem Standort 2 stehen wir auf festem Fels. Er besteht aus rötlich und grau gefärbtem Kalkgestein, das wegen seiner Buntheit oft für Marmor gehalten wird. Dieses Gestein begleitet uns im Süden, baut aber ebenso die steile, fast senkrechte Felswand im Norden unter uns auf. Die genaue geologische Aufnahme zeigte, daß hier zwei gleich ausgebildete





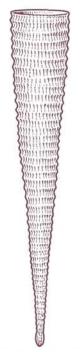
Kalkplatten wie Spielkarten übereinanderliegen und der Weg auf einer Strecke von wenigen Metern an der Grenze zwischen beiden verläuft. So erklärt sich auch die Verebnung vor uns und das kleine Tälchen in der Fortsetzung nach Osten.

Die rötlichen Kalke lassen äußerlich kaum irgendwelche Besonderheiten erkennen. Ihre Naturgeschichte ist dennoch interessant und wert, gehört zu werden.

Ein Blick auf die Alterstabelle der Gesteine in den Karnischen Alpen zeigt, daß sie etwa in der Mitte des Erdaltertums vor rund 390 Millionen Jahren entstanden sind. Sie sind Ablagerungen eines Meeres, das damals große Gebiete Mittelund Südeuropas einnahm. Vor und nach dieser Zeit wurden ebenfalls Kalke gebildet, die heute teils darunter, teils darüber liegen und sich auch in ihrer Farbe und Zusammensetzung von diesen Kalken unterscheiden. Der Geologe sucht nach solchen Unterschieden und wenn er sie gefunden hat, werden die einzelnen Gesteinstypen in Form von geologischen Karten dargestellt. Jede

Farbe entspricht einem bestimmten Gestein.

Im Kalk eingeschlossene Versteinerungen beweisen, daß wir es hier mit Meeresablagerungen zu tun haben. In einer Dicke von rund 60 m ist dieses Gestein gleich. Nach dem Hauptvorkommen am Findenig östlich des Plöckenpasses wird es als Findenigkalk bezeichnet. Es ist kein reiner Kalk sondern durch tonige Beimengungen etwas verändert. Ton setzt sich ebenso am Meeresboden ab wie feiner Kalkschlamm, dem geringe Spuren von färbenden Eisenverbindungen beigemengt wurden. Dazu kamen verschiedene Organismenreste, die heute versteinert im Kalk enthalten sind und nur mit der Lupe oder dem Mikroskop zu sehen sind. Eine wichtige Gruppe sind die Tentakuliten.



Vergrößertes Tentakulitengehäuse der Art Nowakia acuaria



Verschiedene Schnitte durch das Gehäuse

#### Tentakuliten

sind schlank und kegelförmig, die kalkigen Gehäuse sind meist nur mm-groß. In einzelnen Schichten, so wie hier, treten sie in ungeheuren Mengen auf; man spricht dann von Tentakulitenkalken. Sie sind aber so fest im Kalk eingeschlossen, daß sie nicht wie andere Großfossilien mit dem Hammer herausgebrochen werden können.

Wie viele andere Tiergruppen aus der erdgeschichtlichen Vergangenheit, sind auch die Tentakuliten längst ausgestorben. Die Wissenschaft steht daher vor einem Rätsel, mit wem diese winzigen Tiere eigentlich verwandt sind und wie sie lebend ausgesehen haben. Das spitzkonische Gehäuse ist innen hohl und meist glatt, auf der Außenseite weist es hingegen deutliche Ringe auf. Seltener sind glatte oder längsgestreifte Schalen. Die Spitze ist kugel- oder tränenförmig und vom Rest des Gehäuses etwas abgesetzt. Form, Größe und Verzierung des Gehäuses haben sich über 50 Millionen Jahre weltweit sehr rasch und zugleichen Zeit verändert. Einzelne Arten können daher sehr gut kurze Zeiträume kennzeichnen. Mit ihrer Hilfe (z. B. der Gattung Nowakia) lassen sich daher Gesteine gleichen Alters über Kontinente hinweg gut miteinander vergleichen.

#### Alter

Erdaltertum, Devon-Zeit, Unterdevon (Prag-Stufe), rund 390 Millionen Jahre.

## Entstehung

Das rötliche Gestein war ursprünglich feinster Kalkschlamm, der im offenen Meer fern der Küste in Tiefen weit über 100 m abgelagert wurde. Der Zuwachs neu gebildeten Sediments war zeitweise sehr gering, da viel Kalk als Kalziumbikarbonat im Meerwasser in Lösung blieb und nur Tonschlamm am Meeresboden abgesetzt wurde. Von den oberen Wasserschichten "regnete" es Gehäuse abgestorbener Organismenreste, die nicht unwesentlich zum Aufbau der Kalke beitrugen. Es sind das verschiedene Planktongruppen, u. a. Tentakuliten, Foraminiferen und Radiolarien, also Einzeller. Bodenbewohnende Tiere beteiligten sich hingegen kaum an der Bildung dieser Kalke. Nur sehr vereinzelt finden sich darin versteinerte Tiefwasserkorallen. Trilobiten, Muschelkrebse (Ostrakoden) oder Orthoceren, das sind Verwandte von Tintenfischen.

## Nächster Standort

Zweiter Rauchkofelboden, Höhe 2176 m.



# Haltepunkt 3

#### Standort

Zweiter Rauchkofelboden, Höhe 2175 m.

#### Georama

Zu unserem dritten Standort sind wir zwar höhenmäßig steil hinaufgestiegen, im erdgeschichtlichen Kalender aber viele Millionen Jahre zurückgewandert. Unser Weg führte uns von der älteren Devon-Zeit über das Silur in die Ablagerungen des Ordoviz, das ist die zweitälteste Epoche des Erdaltertums. In dieser Zeit wurden die ältesten Gesteine der Karnischen Alpen gebildet. Einen Teil sehen wir hier am Rauchkofelboden. Es sind graue und bräunliche Sandsteine mit Lagen von Schiefern, deren Schichtung steil nach Süden weist oder senkrecht ist. Diese Kippung aus der ursprünglichen Horizontalen geht auf zwei Gebirgsbildungen zurück, eine in der Steinkohlenzeit, die andere war die Alpenfaltung in den vergangenen rund 100 Millionen Jahren.

Gegen Süden hin wird der Rauchkofelboden von einer deutlich hervortretenden Felsrippe begrenzt. Sie liegt über den Sandsteinen der Verebnungsfläche und ist daher jünger. Das Gestein ist hellgrau, ungeschichtet, hat eine mehr oder weniger glatte Oberfläche und hebt sich – für jedermann gut sichtbar – scharf von den Gesteinen der Umgebung ab. Die Grenze gegen die Schiefer und Sandsteine sehen wir am besten in einem Laufgraben aus dem 1. Weltkrieg, der dieses Gestein quert, das wir als Wolayer Kalk bezeichnen. Er wurde ebenso wie die darunter-

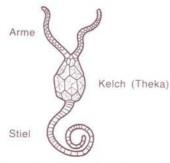
liegenden Sandsteine und Schiefer – nur eben etwas später – in der Ordoviz-Zeit gebildet, das war vor rund 450 Millionen Jahren.

#### Alter

Erdaltertum, Ordoviz (Caradoc und Ashgill-Stufen), rund 450-460 Millionen Jahre.

# Entstehung

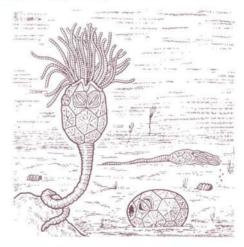
An dieser Stelle stehen wir an der Grenze zweier verschiedener Gesteine, die zwar beide Meeresablagerungen sind, jedoch verschiedene Entstehungsbedingungen wiederspiegeln. Die Sandsteine sind küstennahe Bildungen und stammen von Flüssen eines gebirgigen Hinterlandes, die Kalke sind hingegen reine Meeresabsätze mit einer starken Beteiligung von Fossilbruchstücken, vor allem von Verwandten von Seelilien, den urtümlichen und noch im Erdaltertum ausgestorbenen Beutelstrahlern oder Cystoideen.



Rekonstruktion eines Beutelstrahlers

Cystoideen (oder Beutelstrahler)

Wie der Name sagt, ist die Form ihres Kelches, in dem der Weichkörper liegt, beutel-, kugel- oder birnenförmig. Er sitzt, ähnlich den Seelllien, auf einem festgewachsenen Stiel und verfügt über 2–4 Arme zur Nahrungsbeschaffung. Das gesamte Skelett besteht aus zahlreichen Einzelgliedern und zwischen 50 und 2000 polygonalen Platten. Beim Tod geht der Zusammenhalt meist verloren und sie zerfallen zu mehr oder weniger zusammenhängenden Bruchstücken, die sich am Aufbau des Sedlments beteiligen. Das ist auch hier der Fall, denn gut zur Hälfte besteht der Wolayer Kalk aus solchen Resten von Beutelstrahlern. Neben den isolierten Stiel- und Armgliedern sehen wir auf der Oberfläche des Kalkes aber auch kreisrunde helle Strukturen von 2–3 cm Durchmesser ("Kristalläpfel"), die die Querschnitte von im Gestein eingebetteren Kelchen dieser Tiere sind. Daneben kommen vereinzelt Trilobiten und Reste von Conodonten vor, einer rätselhaften Gruppe von Mikrofossilien, die wir später noch genauer kennenlernen werden.



Beutelstrahler (Cystoideen) am Meeresgrund

# Nächster Standort

Wir folgen dem Laufgraben auf die Südseite des Wolayer Kalkes.

# Haltepunkt 4

#### Standort

Laufgraben am Südrand des 2. Rauchkofelbodens, Höhe 2175 m.

#### Georama

Zum zweiten Mal stehen wir an der Grenze von zwei verschiedenen Gesteinen, diesmal zwischen dem hellen Wolayer Kalk zur Linken und grauen Kalken zur Rechten. Am Kontakt sehen wir eine mm-dicke braune Tonhaut oder – in ihrer Verlängerung – einen scharfen Farbumschlag in den Kalken.

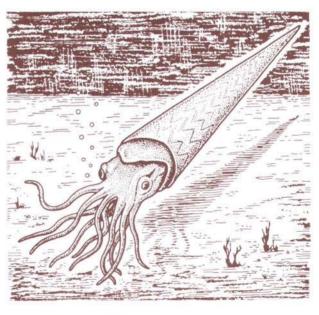
Die grau gefärbten Kalke sind etwa 4 m mächtig und reichen nach Süden bis zum Laufgraben. Sie werden als Kok-Kalk bezeichnet. Mit einem Blick erkennen wir, daß sie reich an Fossilien sind. Ins Auge fallen die bis mehrere Dezimeter langen spitzkegeligen gekammerten Röhren von Orthoceren, zu deutsch "Geradhörnern", und weniger die ebenfalls reich vorhandenen Trilobitenreste, Muscheln und Schnecken, die ein längeres Suchen und Klopfen mit Hammer und Meißel erfordern. Dazu kommen zahlreiche, kaum einen Millimeter große Mikrofossilien, die im Kalk eingeschlossen sind und erst nach einer chemischen Behandlung gewonnen werden können.

# Entstehung

Die grauen fossilreichen Kok-Kalke sind Meeresablagerungen, die zwar nicht im extremen Flachwasser, aber auch nicht in allzu großen Tiefen gebildet wurden. Eine Reihe von Organismengruppen, wie Trilobiten, Muscheln und Schnecken, deren Lebensraum am Meeresboden oder - wie im Falle der Orthoceren - knapp darüber war, weisen darauf hin, daß zu ihrer Entstehungszeit ein reiches Nahrungsangebot im Ozean vorhanden war, genügend Licht durch die oberen Wasserschichten bis zum Boden gelangte, kein Mangel an Sauerstoff herrschte und auch keine allzu starken Strömungen das Leben im Meer negativ beeinflußten. Wovon sich die Kopffüßer eigentlich ernährten, ist noch immer nicht endgültig beantwortet. Von jüngeren Nautiliden ist bekannt, daß sie räuberische Carnivoren (Fleischfresser) waren: für das Erdaltertum wird hingegen eher eine filternde Nahrungsaufnahme von Plankton oder pflanzlicher Nahrung für wahrscheinlich gehalten, da bisher kein gesicherter Kieferapparat gefunden werden konnte.

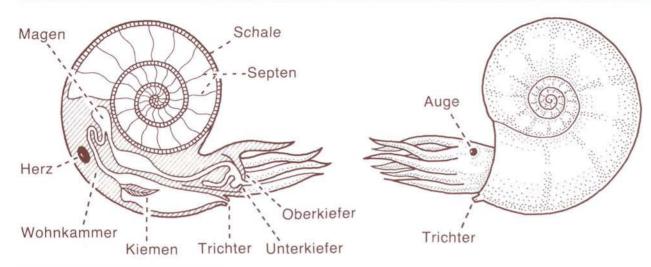
Zwischen den grauen Kok-Kalken und den darunterliegenden hellen Wolayer Kalken klafft eine zeitliche Lücke von mindestens 20 Millionen Jahren. Dennoch liegen sie heute eng benachbart, ja sind im Extremfall nur durch einen abrupten Farbwechsel unterschieden. Dazwischen fehlen also erdgeschichtliche Zeugnisse in Form von mehreren Metern Sediment. Geologen füh-

ren dazu als Erklärung an, daß am Ende der Ordoviz-Zeit lokal eine schwache Hebung des Meeresbodens stattfand und gleichzeitig der Meeresspiegel zurückwich, das heißt, er erniedrigte sich. Mit Beginn der Silur-Zeit stieg das Meer langsam wieder an, der vorher hochgehobene Sockel wurde aber erst relativ spät durch das vordringende Meer überflutet. Dazwischen gab es "nichts" an Sedimentation.



Lebensbild eines Orthoceren





Schnitt durch den heutigen Nautilus

#### Orthoceren

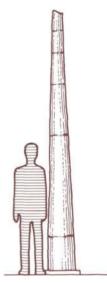
sind von Sammlern sehr begehrt, da sie große, bis über 9 m lange Gehäuse bilden können, deren Inneres häufig von weißem Kalkspat ausgefüllt ist. Sie wurden einmal treffend "Oldtimer der Meere" genannt. Nach ihrer Entstehung vor rund 500 Millionen Jahren entwickelten sich daraus die Nautiliden mit spiralig eingerollter Schale und schließlich die berühmten Ammoniten, die vom mittleren Erdaltertum bis ans Ende des Erdmittelalters weit verbreitet waren. Vor rund 200 Millionen Jahren erlebten sie einen wahren Boom und überschwemmten förmlich die Weltmeere. Vor rund 65 Millionen Jahren starb diese Gruppe aus. Die Nautiliden leben heute aber noch immer, wenn auch nur mit einer einzigen Gattung, nämlich Nautilus, dem Perlboot.

Alle Kopffüßer, zu denen auch die Orthoceren gehören, haben eine in Kammern unterteilte Schale. Die letzte, neueste und zugleich größte Kammer bewohnt das Tier. Das durch Stickstoff-gefüllte Kammern unterteilte Gehäuse wirkte als hydrostatisches Gleichgewichtsorgan zum Wechseln der Tauchtiefe. Das Tier schwamm horizontal, senkrecht oder

in Schräglage. Der Auftrieb wurde durch das Gehäusegewicht aufgehoben. Dadurch schwebten diese Wunderwerke der Schöpfung wie Freiballons im Wasser. In Längsschnitten durch das Gehäuse sehen wir ein weiteres wichtiges Merkmal dieser Tiere, das auch in den Versteinerungen vor uns gelegentlich zu beobachten ist, nämlich eine Art dünne Rohrleitung, der Sipho, der vom Weichkörper ausgeht, die Kammerscheidewände durchbohrt und die gesamte Schale durchzieht. Durch diese feine Röhre regulierte das Tier den Gasaustausch zwischen den Kammern und konnte so sinken und steigen.

Die heute lebenden Nachfahren der Orthoceren haben einen deutlich vom übrigen Körper abgesetzten Kopf mit rund 90 Fangarmen. Ihr Fuß ist zu einem beweglichen Trichter umfunktioniert und dient der Fortbewegung im Wasser, die nach dem Rückstoßprinzip erfolgt. Diese Art der Bewegung haben auch die Tiere im Erdaltertum gehabt. Von den heutigen Verhältnissen ausgehend, wird für die Vergangenheit auf ein Leben in warmen Meeren in Wassertiefen bis 600 m geschlossen.

Auf und ab, vor und zurück – das ist das Kennzeichen einer mobilen Erdkruste, die keine Ruhe kennt. Der Mensch registriert solche Phänomene kaum, in Millionen Jahren gerechnet und sorgfältig analysiert, wird uns das ganze Ausmaß in einer anderen Größenordnung bewußt.



Größenvergleich eines versteinerten unvollständigen Orthocerengehäuses

## Nächster Standort

Am Fuß des südlichen Wiesenhanges.

# Haltepunkt 5

#### Standort

Am Fuß des Wiesenhangs unter dem 2. Rauchkofelboden in Höhe 2160 m.

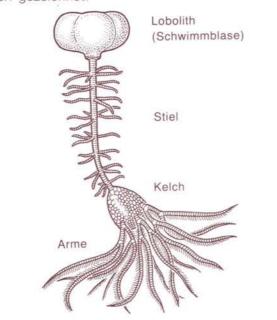
#### Georama

Von unserem letzten Haltepunkt sind wir dem Laufgraben nach Westen gefolgt und von der Geländekante über den steilen Wiesenhang zu unserem jetzigen Standort herabgestiegen. Zu Beginn querten wir rötlich geflammte und zuletzt graue knollige Kalke. Beide Gesteine enthalten in verschiedenen Lagen Versteinerungen, wie beispielsweise die oben besuchten Orthoceren, weiters Muscheln, Schnecken und Trilobiten.

Auf unserem kurzen Weg stiegen wir über Gesteine, die in einer Zeitspanne von rund 10 Millionen Jahren entstanden sind. Am Meeresboden lagerten sich dabei auf den älteren Schichten etwa 15 m neu gebildeter Sedimente ab.

Am Unterrand des Wiesenhanges beobachten wir erneut einen Wechsel von Gesteinen. Hier gehen die dunkelgrauen Kalke in grob geschichtete helle Kalke über, die die Verebnung im Süden vor uns aufbauen. Sie verwittern in sehr charakteristischer Form, die der Geologe als "Karren" oder "Schratten" bezeichnet. Dabei wird die Oberfläche des Kalksteins durch Regen, Eis und Schnee ausgewaschen, angegriffen und gelöst, sie verwandelt sich in ein Gewirr von spitzen scharfen Graten und Klüften, und Schichtflächen werden zu Furchen, Spalten und Schloten erweitert.

Auf der Oberfläche der mit den Zahlen 331 und 332 versehenen Kalkbänke erblicken wir vereinzelt weiße Kreise mit einem Durchmesser um 20 cm. Es sind das Querschnitte von im Gestein eingebetteten kugelförmigen Körpern, die von eigenartigen Tieren stammen. Ihr Fachausdruck heißt Scyphocrinites. Es handelt sich um Seelillien, die im Meerwasser wie Ballone schwebten und bedeutende Größe erreichen konnten. Eine Rekonstruktion dieser Tiere ist unten gezeichnet.



Rekonstruktion von Scyphocrinites – einer schwebenden Seelilienform

Die auffallenden Kinderkopf-großen Versteinerungen treten weltweit zur gleichen Zeit auf, sie sind daher Zeitmarken der Erdgeschichte. Zusammen mit anderen, im Gestein enthaltenen Mikrofossilien sagen sie aus, daß die Gesteinsschichten am Fuß des Hanges vor rund 400 Millionen Jahren gebildet wurden. Das war zu Ende der Silur- und dem Beginn der folgenden Devon-Zeit. Zu dieser Zeit stellen wir in vielen Gebieten Mittel- und Südeuropas einen Wechsel von Gesteinen fest. In anderen Räumen, wie etwa in ganz Nordwesteuropa fand gleichzeitig die endgültige Landwerdung statt, die einherging mit dem Entstehen eines riesigen Gebirges zwischen dem östlichen Nordamerika über Schottland bis nach Skandinavien. Unser Gebiet hier bekam von diesem Ereignis nur einen "kleinen Schock" ab.

#### Alter

Erdaltertum, jüngstes Silur und ältestes Devon (Lochkov-Stufe), rund 400 Millionen Jahre.

# Entstehung

Gegen Ende der Silur-Zeit fand in den gesamten Karnischen Alpen eine Verflachung des Meeres statt. Es kam zum Absatz von Schlammkalken, in denen es einzelne Lagen gibt, die von Versteinerungen förmlich gepflastert sind und andere, die "ohne Lebensspuren" scheinen. Zudem sind die dunklen Kalke reich an organischer

Substanz, entstanden aus den Leichen freischwimmender Tiere, die aus den oberen Wasserschichten zu Boden sanken, verwesten und mit den Bodenbewohnern unter der nächsten Schicht von eingeschwemmtem Tonschlamm oder Kalkschlamm begraben wurden. Sie bot dann eine ideale Nahrungsquelle für alle nachfolgenden Generationen von Tieren.

Exakt an der Zeitwende vom Silur zum Devon war der Höhepunkt in dieser Entwicklung erreicht. Was nun folgte, war eine Trendumkehr zu einer kurzzeitigen Vertiefung des Meeres. Wir finden schwarze Kalke, schwarze Schiefer oder abwechselnd beides. Da das Wasser am Boden des Meeres zu dieser Zeit fast ohne Sauerstoff und daher fast ohne Leben war, enthalten diese Gesteine nur relativ wenige Versteinerungen.

Danach besserten sich die Verhältnisse relativ rasch. Es kamen die grobgeschichteten hellen, durch Tonhäute netzartig gezeichneten Kalke zum Absatz, die wir Boden-Kalke nennen. Sie zeugen wiederum von einem durchfluteten Meer,

in dem die zu den Kopffüßern gehörenden Orthoceren nicht selten waren, Tentakuliten und Urtiere trieben und alle zusammen in Gesellschaft von Conodonten lebten, einer weiteren Tiergruppe von Millimeter-Größe.

#### Nächster Standort

Richtung Valentintörl im mittleren Teil des Wolayer Tales.

# Haltepunkt 6

## Standort

Wolayertal westlich vom Valentintörl in Höhe 2080 m.

## Georama

Von unserem letzten Haltepunkt führte der Weg nach Osten durch Schutt und ein kleines Blockfeld, danach querten wir eine Kalkrippe und stiegen ins Wolayertal hinunter. Vor uns liegt das jüngste Gestein in diesem Teil der Karnischen Alpen, das zu Beginn der Steinkohlenzeit vor rund 320–330 Millionen Jahren gebildet

wurde. Wir sehen davon allerdings nur einen kleinen Rest von intensiv verfalteten Gesteinen, die Hauptmasse mit einer Gesamtdicke von rund 1000 m liegt im Süden der Hohen Warte.

Diese Gesteinsgesellschaft ist grundverschieden von den zuletzt besuchten Vorkommen. Hier finden wir verschiedengrobe Sandsteine, Brekzien (= ein Gestein mit eckigen Körnern), Siltsteine und schwarze Tonschiefer mit bestimmten Merkmalen. Sie werden unter dem Namen Hochwipfel-Formation zusammengefaßt.

Bei genauerer Betrachtung der Gesteine in der Umgebung der Tafel erkennt das nun schon geübte Auge, daß einzelne Schichten nicht einheitlich, sondern unregelmäßig aufgebaut sind. Trennfugen gliedern das Gesamtgestein in Schichten, die einmal aus groben Körnern bestehen, ein anderes Mal aus feinstem Ton. Wir sehen aber auch stark wechselnde Dicken der einzelnen Schichten; beobachten, daß Trennfugen nicht eben sondern gewellt verlaufen; die obere Schicht sich in die darunterliegende eindrücken kann; und der innere Aufbau keineswegs homogen ist. Besonders in dickeren Sandsteinschichten liegen häufig unten größere Körner, die nach oben zu feiner werden – der Fachmann nennt das eine Gradierung. Es kommen aber auch innerhalb einer Bank schräge Lagen

# Naturpfad Wolayersee

vor – Ausdruck der Schüttung des Sandes in der Transportrichtung. Eine andere Bank wieder ist intern in sich, einem Teig ähnlich, verknetet – dann sprechen wir von Wickel- oder Gekröseschichtung.

Alles das sind Merkmale von Gesteinen, die von Geologen nach einem Ausdruck aus der Schweiz als "Flysch" bezeichnet werden. Das vor uns liegende Gestein trägt daher auch die Bezeichnung "Hochwipfel-Flysch".

#### Alter

Erdaltertum, Steinkohlenzeit = Karbon (Visé und Namur-Stufe), rund 330-320 Millionen Jahre.

# Entstehung

Die Hochwipfel-Formation ist westlich des Plöckenpasses die jüngste Gesteinsgruppe in den Karnischen Alpen. Daß sie dennoch ein ehrwürdiges Alter von rund 330 Millionen Jahren hat, macht uns die Relativität solcher Zahlenangaben bewußt.

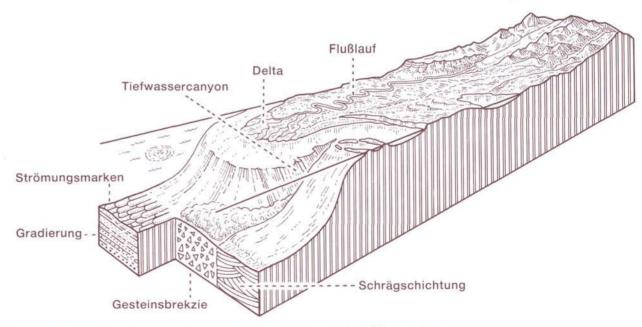
In der späten Devon-Zeit, in einigen Fällen aber auch erst zu Beginn der Steinkohlenzeit, hörte im Meer der Absatz von Kalkschlamm auf. Eine über 100 Millionen Jahre währende Idylle ging in den Ozeanen zu Ende. Statt dessen kündigten erste Boten stürmische Zeiten für die frühen Karnischen Alpen an. Da war zum Beispiel das "Ertrinken" der Riffe des Erdaltertums, lokale Gesteinsverschiebungen und Dehnungen des Meeresbodens, Zerbrechen von Gesteinsplatten, Stillstand in der Sedimentbildung und Erlöschen des Lebens im Meer. Ein neues Kapitel in der

Geschichte des Urozeans begann: Die Geburt der Karnischen Alpen.

Die Gebirgsbildung in der Steinkohlenzeit war nicht auf die Karnischen Alpen beschränkt. Von Irland über England, Süd- und Mitteleuropa, Polen bis nach Asien reichte ihre alles umwälzende Kraft. Ebenso waren davon die frühen Alpen betroffen, in denen ältere Gesteine zusammengepreßt, verfaltet und unter hohen Drucken und Temperaturen zu neuen – metamorphen – Gesteinen umgewandelt wurden. Der Rand solcher Zentren der Gebirgsbildung blieb von so starken Veränderungen weitgehend verschont. Hier senkten sich statt dessen Meeresbecken tief ein.

Unmengen von Geröll, Sand und Feinmaterial aus Flüssen eines nahen gebirgigen Festlandes wurden von nun an in das Meer geschüttet und legten sich wie ein Schleier über die zuvor gebildeten Kalke und Schiefergesteine. Das ist unsere Hochwipfel-Formation. Die Einschüttung erfolgte in der Weise, daß harte und weichere, gröbere und feinere Gesteine häufig in einem bestimmten Rhythmus abwechseln, auf der Schichtunterseite einer Bank bestimmte "Marken" sein können, eine Korngrößenabnahme in einer Schicht nach oben zu auftritt (= Gradierung) oder innerhalb einer Bank kleine Falten vorkommen. Das sind alles Kennzeichen von Flysch-Ablagerungen. Die Gradierung wird auf

#### Berge des Hinterlandes



Modellbild zur Entstehung der Hochwipfel-Formation vor 320 Millionen Jahren

Suspensionsströme zurückgeführt, das sind mit Sedimentfracht beladene Wasserströmungen, aus denen bei Nachlassen der Energie das mitgeführte Material sich je nach Größe absetzt.

Dieses Milieu mieden verständlicherweise die meisten Organismen. Wir finden deshalb kaum Versteinerungen in der Hochwipfel-Formation, sehen wir von kleinen Pflanzenresten ab, die vom Festland stammen, vom fließenden Wasser mitgerissen und zusammen mit Sanden in tieferen Meereströgen abgelagert wurden.

#### Nächster Standort

Richtung Valentintörl, links des Weges in Höhe 2100 m.

# Haltepunkt 7

#### Standort

Nordseite des Weges 403 im Wolayertal, Höhe 2100 m.

#### Georama

Das Wolayertal verdankt der Wirkung des Gletschers in der letzten Eiszeit seine Entstehung und heutige Form. Sie wurde ganz wesentlich durch den Gesteinsuntergrund erleichtert, da entlang der Talfurche eine Störungszone verläuft, längs der unterschiedliche Gesteine aneinanderstoßen. Es sind dies vorwiegend massige Kalke der Hohen Warte im Süden und Sandsteine und Schiefer der Hochwipfel-Formation im Norden, die an der Talnordseite von bunten Netzkalken umrahmt werden.

Einige Schritte nördlich des Steiges sehen wir nach Süden geneigte graue Kalke und dahinter rötliche Kalke. Da sie älter als die grauen Kalke sind, liegen sie unter diesen, über den grauen Kalken folgen hingegen Sandsteine und Schiefer, die wir bereits vom Haltepunkt 6 gut kennen.

#### Alter

Graue Kalke des Erdaltertums, Devon-Zeit (Frasne), rund 370 Millionen Jahre; Hochwipfel-Formation aus der Steinkohlenzeit = Karbon (Visé und Namur-Stufe), rund 320–330 Millionen Jahre.

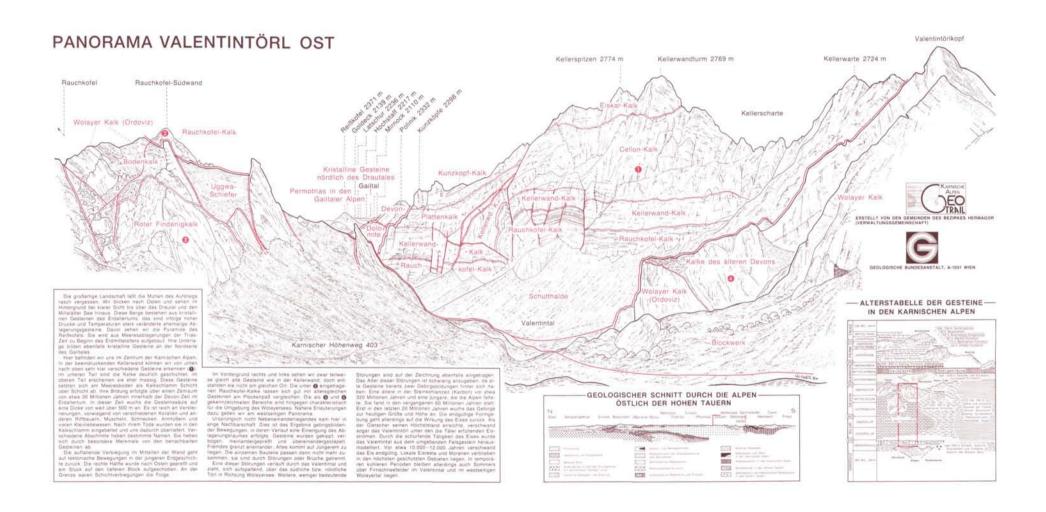
# Entstehung

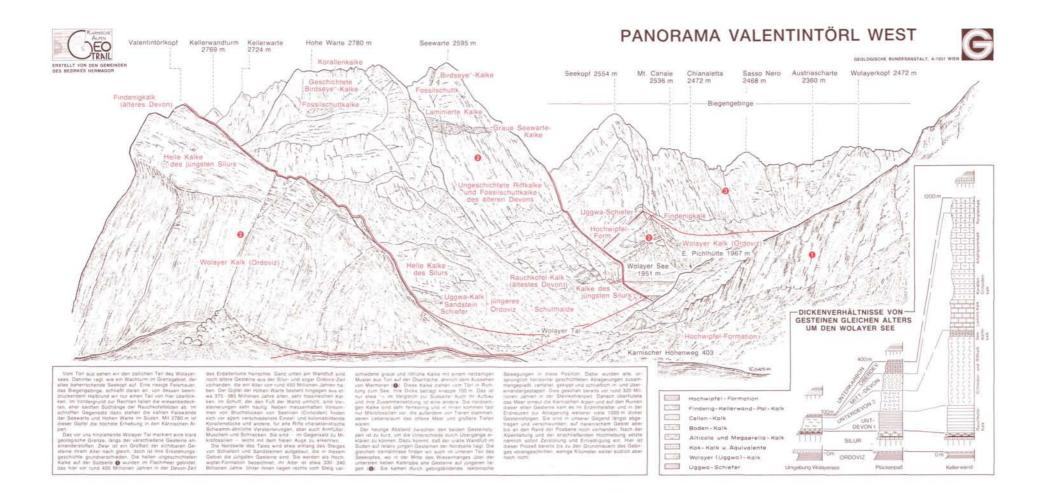
Uns interessieren die grauen Kalke über uns, sie stammen aus der jüngeren Devon-Zeit vor rund 370 Millionen Jahren und gehören zu den jüngsten Kalkbildungen in der Umgebung des Wolayersees. Es sind Ablagerungen des küsten-

fernen offenen Meeres, in dem verhältnismäßig viele eingerollte Kopffüßer, nämlich die Vorläufer der Ammoniten, die 2–5 cm großen Goniatiten lebten. Dazu kommen sehr zahlreich mm-große Tierchen mit einer tütenförmigen glatten Schale, Styliolinen genannt, die ebenfalls längst ausgestorben sind, weiters fischähnliche 1–3 cm lange Conodontentiere, verschiedene Einzeller wie Foraminiferen und Radiolarien und schließlich einzelne frühe Fische (Acanthodiier) mit einem Innenskelett aus echtem Knochengewebe. Wie im Fall des Conodontentieres wurden davon aber bisher nur winzige isolierte Hartteile (Zähne, Flossenstachel, Schuppen) gefunden.



Glattschaliger Styliolinen-Steinkern

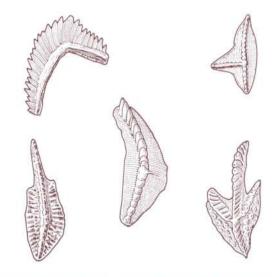




# Naturpfad Wolayersee

Diese Tierwelt verteilte sich auf verschiedene Tiefen, schwamm entweder aktiv in den oberen Wasserschichten oder ließ sich einfach von Strömungen treiben. Andere Organismen hielten sich in Bodennähe auf, um hier nach Nahrung zu suchen. Die Kalksedimentation war zu dieser Zeit sehr gering, was eine Folge der großen Tiefe des Meeresbodens und der großen Entfernung von der Küste war. Zeitweise fand überhaupt keine Ablagerung statt, dann fielen lediglich die toten Körper zu Boden und verteilten sich darauf. Bodenströmungen führten sie fort und reicherten sie an anderen Plätzen als "Bonebed", einem Knochenlager an, das erst mit der nächsten Zufuhr von Kalk- und Tonschlamm zur endaültigen Grabstätte wurde.

Ein solches untermeerisches Grab sehen wir auf der glatten, großen, nach Süden geneigten Kalkplatte über uns, die eigens gekennzeichnet



Conodonten aus den grauen Kalken (Gattungen Ancyrodella, Ancyrognathus, Polygnathus)

ist. Bei genauerem Hinsehen erkennen wir mmbis cm-große schwarze Körner und unregelmäßige Flecken. Es sind anorganische Ausscheidungen, aber auch Skelettreste verschiedener Mikrotiere, die noch die ursprüngliche chemische Zusammensetzung in Form des Minerals Apatit aufweisen. Unsere Zähne bestehen aus der gleichen Substanz. Die Trennfuge zur darüberliegenden Kalkbank ist Ausdruck einer Schichtlücke von mindestens einer Million Jahre. Während dieser Zeit fand am Meeresboden keine Ablagerung statt.

#### Nächster Standort

Auffallender Kalkblock im Wolayer Tal unter dem Weg.

# Haltepunkt 8

## Standort

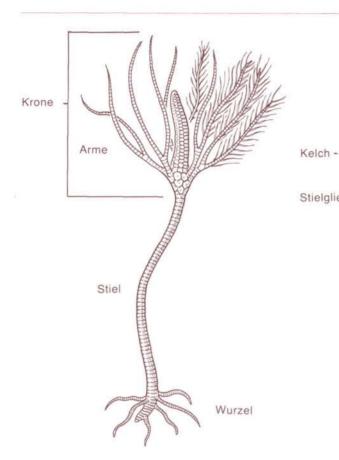
Am Rande des Wolayertales westlich vom Valentintörl in Höhe 2070 m.

## Georama

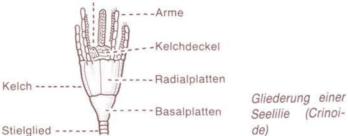
Wir stehen am Rande des ehemaligen "Wolayer Gletschers". Das kleine Tal zwischen dem Valentintörl und dem Wolayersee war noch vor rund 50 Jahren von einem dicken Firnschneefeld erfüllt, das auch im Sommer nicht abschmolz und einem Gletscher glich. Das kommt derzeit nur noch nach einem sehr schneereichen Winter mit starken Lawinenabgängen im Frühjahr und einem kühlen Sommer vor. Gewöhnlich schmilzt der letzte Schnee Ende Juli und gibt dann den riesigen Block vor uns frei.

Der Kalkblock stammt, wie fast der gesamte Schutt im Wolayertal, aus der Felswand im Süden. Aus seinem Aufbau schließen wir auf eine Herkunft aus der oberen Wandhälfte.

Die Zusammensetzung dieses Gesteins ist einfach, da es fast ausschließlich aus Resten von Seelilien, den Crinoiden, besteht. Die Bezeichnung lautet daher Crinoidenkalk. Daneben kommen aber auch versteinerte Korallen und die



mit vielen Rätseln umgebenen, mehrere Dezimeter großen Stromatoporen vor, die aus einem Skelett von Kalklamellen bestehen. Ins Auge fallen aber vor allem die großen Skelettreste der Seelilien und ihre vorzügliche Erhaltung. Neben den wie lange Schrauben aussehenden Resten des Stiels finden sich an verschiedenen Stellen des Gesteins 1–2 dm große hellgraue Abschnitte des Kelchs mit den dazugehörenden Ansätzen der Arme, das ist die Krone der Seelilie. Unsere Zeichnung zeigt das vollständige Tier.



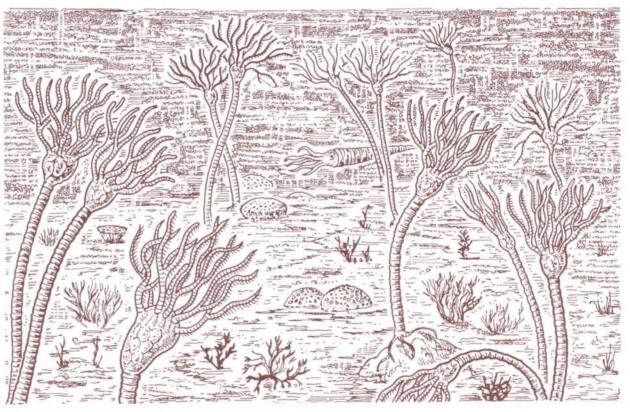
After

## Alter

Erdaltertum, Devon-Zeit (vermutlich mittlerer Abschnitt), rund 380 Millionen Jahre.

# Entstehung

Seelilien kommen in fast allen kalkigen Gesteinen in den Karnischen Alpen vor. Gehäuft findet man sie vor allem in den Ablagerungen aus der älteren und mittleren Devon-Zeit. Sie sind von



Lebensbild eines Crinoiden-Korallen-Rasens am Meeresboden

# Naturpfad Wolayersee

besonderer Eleganz, gleichen im Aussehen Pflanzen und sind doch Stachelhäuter, wie zum Beispiel die heutigen Seesterne. Auf einem langen schwingenden Stiel am Meeresboden aufgewachsen oder an treibenden Tieren angeheftet, zerfallen sie nach ihrem Tode in runde Scheiben und eckige Platten, die dann massenhaft am Aufbau eines Gesteins teilnehmen. So reiche, gut erhaltene und vielfach noch im Zusammenhang stehende Skelettreste, wie im

Block vor uns, lassen vermuten, daß ihr Lebensort und ihr Grab nicht weit voneinander entfernt lagen. Einem hohen Rasen ähnlich, bevölkerten sie große Flächen des seichten Meeresbodens, wogten darauf wie Ähren im Feld in der Strömung hin und her, filterten mit ihren Armen Nahrungspartikel aus dem Wasser, erfreuten sich an den warmen Temperaturen, an viel Licht und Sauerstoff und gediehen in unvorstellbarer Üppigkeit und Größe – bis auch für sie die Zeit des

Untergangs gekommen war und sie einer anderen Lebensgemeinschaft Platz machen mußten – Wachstum und Zerstörung, ein durch Jahrmillionen gleichbleibender Rhythmus der Erdgeschichte!

## Nächster Standort

Mittelteil des Wolayer Tales zwischen Valentintörl und See, Höhe 2040 m.

# Haltepunkt 9

#### Standort

Höhe 2040 m im Mittelteil des Wolayer Tales zwischen Valentintörl und Wolayersee.

#### Georama

Beim Abstieg zum See treffen wir auf halbem Weg auf der rechten Seite rötliche und graue Kalke, die deutlich geschichtet sind. Jede Kalkbank ist numeriert. Die Zahlen geben an, aus welchen Schichten Gesteinsproben entnommen wurden, die im Labor auf ihren Mikrofossilgehalt untersucht wurden. Danach enthält jede Bank bestimmte spezifische Conodonten, die in ande-

ren Gebieten der Erde ebenfalls vorkommen. Tatsächlich ist jede Bank ein "versteinertes Archiv der kleinsten geologischen Zeiteinheit", die durch eine bestimmte biologische Art charakterisiert wird, wie hier einmal treffend bemerkt wurde.

Versteinerungen sind Dokumente vergangenen Lebens auf der Erde. Sie wären wertlos, wenn für sie keine zeitliche Ordnung gesichert wäre. Gleiches Vorkommen einer Lebensgemeinschaft darf, mit geologischen Maßstäben gerechnet, als zeitgleich angenommen werden, für die gleichen Aufeinanderfolgen von Versteinerungen in verschiedenen Gebieten gilt ebenfalls die gleiche Zeitdauer. Man kann daher mit Versteinerungen, die, geologisch gesehen, kurzzeitig auftreten,

über Kontinente hinweg Ereignisse der Erdgeschichte datieren und miteinander vergleichen.

Eine Serie von Versteinerungen, wie hier in den Kalkbänken 1–99, gleichen herausgerissenen Seiten eines dicken Buches. An vielen Stellen der Erde findet sich die eine oder andere gleiche Seite, oft mehrere zugleich oder sich überlappend. Unzählige Fragmente bilden schließlich den Gesamtband, das ist die Zeit der Erde. Unser Buch hat rund 600 Seiten, das ist die Zeit in Millionen Jahren, seit der auf der Erde Organismen mit erhaltungsfähigen Skeletten auftreten. Fossilien zeichnen die Entwicklung des Lebens für diese 600 Millionen Jahre nach, das durch das Hervorbringen immer neuer Formen und ihrer Umwandlung in andere geprägt wird.

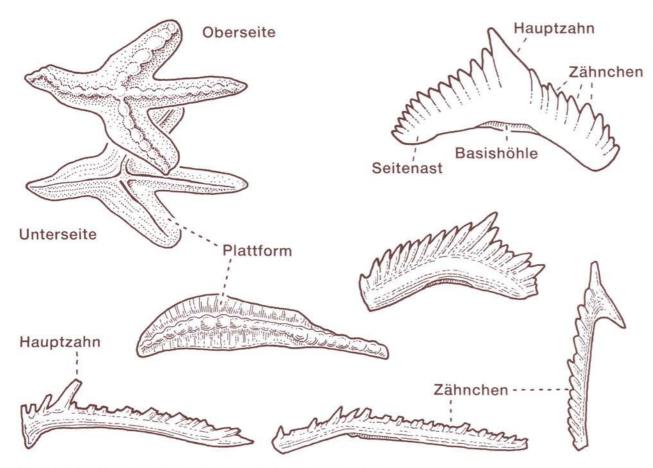
Am Ende, doch keineswegs als Höhepunkt, steht der Mensch.

Von Interesse sind die Trennfugen zwischen den Bänken mit den Zahlen 28/29 und 72/73. In diesen Niveaus wird gleichsam weltweit auf der geologischen Uhr dieselbe Zeit angezeigt, nämlich die Zeitgrenze zwischen älterem und mittle-

rem bzw. mittlerem und jüngerem Devon. Das war "genau" vor 385 bzw. 375 Millionen Jahren.

#### Alter

Erdaltertum, Devon-Zeit (Ems, Eifel, Givet, Frasne-Stufen), 390 bis 370 Millionen Jahre.

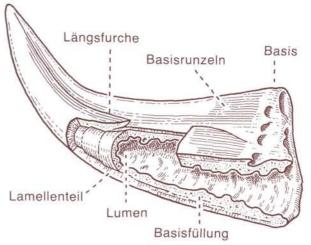


Verschiedene Formen von Conodonten aus den Karnischen Alpen

#### Conodonten

sind winzige zahn- und blattähnliche Gebilde eines lange Zeit rätselhaften Tieres. Ihre Größe schwankt zwischen 0,5 und 4 mm, ihre chemische Zusammensetzung gleicht der unserer Zähne und besteht aus Apatit. Sie kommen in den Gesteinen aus dem Erdaltertum oft in großer Zahl vor, starben aber bereits am Ende der Trias-Zeit vor rund 160 Millionen Jahren aus. Neben der großen Häufigkeit und ihres weltweiten Auftretens liegt ihre Bedeutung vor allem darin, daß ihre Entwicklung, geologisch gesehen, sehr rasch verlief und zahlreiche Formen daher "Leitfossilien", das heißt, hervorragende Zeitmarken der Erdgeschichte sind.

Die in den Gesteinen unregelmäßig verteilten Conodonten-Hartteile befanden sich ursprünglich im Conodontentier in der Schlundregion. Hier hatte eine Gruppe von verschieden geformten Conodonten die Aufgabe, Nahrung zu ergreifen und zu zerkleinern. Nach einer anderen Meinung sollte damit ein Filterapparat gestützt werden. Beim Tod des Tieres wurden die einzelnen Elemente voneinander getrennt und meist einzeln – sehr selten in Zusammenhang – im Sediment körperlos eingebettet. Erst in jüngster Zeit wurden in Schottland die ersten Abdrücke des dazugehörenden Weichkörpers entdeckt. Danach war das Conodontentier ein 3–4 cm großes fischähnliches Wesen, das am ehesten mit kieferlosen Schädeltieren (Craniaten) vergleichbar ist.



Aufbau eines "einzähnigen" Conodonten

# Entstehung

Die unten rötlichen, oben grauen Kalke haben zwischen den Proben 1 und 99 eine Dicke von

# Naturpfad Wolayersee

rund 17 m. Das ist sehr wenig im Vergleich zu den Kalken der Hohen Warte, wo zur gleichen Zeit mindestens 500 m Kalkstein gebildet wurden. Beides sind Meeresablagerungen, die Vorkommmen im Süden entstanden aber in sehr flachem Wasser, dieses hingegen fern der Küste im offenen Meer und in größeren Tiefen. Das ist auch der Grund, weshalb hier im Gegensatz zum Süden kaum größere Versteinerungen vorkommen. Lediglich eine Bank, Nr. 18, enthält mehrere cm-große eingerollte Goniatiten, das sind Vorläufer der Ammoniten aus der Verwandtschaft der Tintenfische. Sie lebten jedoch nicht am Meeresboden sonderen fielen zusam-

men mit anderen Schalen- und Skelettresten von Mikrotieren als tote Körper aus den oberen Wasserschichten zu Boden, wo sie von einer dünnen Schlammschicht aus Kalk und Ton zugedeckt wurden. Zeitweise war die Ausscheidung von Kalk so gering, daß mehrere Generationen toter Tiere nebeneinander zu liegen kamen. Im Extremfall verhinderten Strömungen am Meeresboden überhaupt den Absatz von Kalkschlamm. Das sehen wir etwa im Bereich zwischen den Probennummern 65–76, wo für mehrere Millionen Jahre die Sedimentation fast ganz zum Stillstand kam. Die genaue Ursache dafür ist nicht bekannt.

Die letzten, jüngsten Kalke mit der Probennummer 99 wurden in der jüngeren Devon-Zeit gebildet. Dann folgte bis zur älteren Steinkohlenzeit eine "Pause". Erst danach setzten sich die Gesteine der Hochwipfel-Formation ab, die den Kessel hinter den Kalken gegen das Valentintörl zu aufbauen.

## Nächster Standort

Schuttfeld am Ostufer des Wolayersees.

# Haltepunkt 10/1

#### Standort

Schuttfeld am Fuß der Seewarte.

# Georama und Entstehung

Die graue Felswand über uns erscheint auf den ersten Blick einheitlich und von unten bis oben aus den gleichen Gesteinen bestehend. Das ist aber bei genauerer Prüfung nicht der Fall. Wiederholt wechseln fossilreiche mit fossilarmen Schichten ab, gebankte mit massigen, einmal dominiert diese, einmal jene Fossilgruppe. "Kalk kommt vom Lebendigen" behauptete bereits Carl LINNEAEUS im 18. Jahrhundert und dieser Ausspruch trifft hier voll zu. Kein formloser Kalkbrei baut die Seewarte auf, sondern Zeugnisse lebendiger Wesen, die die Geschichte längst vergangener Zeiten schreiben. Die Urkunden sind Reste von größeren und kleineren Meerestieren und Meerespflanzen (Kalkalgen), die beweisen, daß hier vor Urzeiten ein Ozean war.

Mit ihnen ist es möglich, Rückschlüsse auf die Art des Raumes zu ziehen, in dem sie einmal abgelagert wurden, ob er küstennah oder im tiefen Wasser lag, wie das Nachbargebiet aussah, welche Veränderungen im Laufe der Zeit eintraten, wie warm das Klima vor 380 Millionen Jahren hier war, und vieles mehr. Wer Gesteine zu deuten vermag, dem wird klar, daß sie und die darin eingeschlossenen Fossilien verschlüsselte, gleichsam tiefgefrorene Erdbilder vergangener Zeiten sind!

Die großen und kleinen Blöcke zwischen der Felswand und dem See stammen von verschiedenen Stellen der Seewarte. Da die Fossilführung in diesen Kalken von unten nach oben stark schwankt, sind auch im Schutt Versteinerungen in unterschiedlicher Häufigkeit anzutreffen. Der hellgraue Kalkstein ist im Inneren grobkörnig, da sein Hauptbestandteil Reste von Seelilien sind. Er wird deshalb als Crinoiden (= Seelilien)-Kalk bezeichnet. Nur sehr selten sind, wie am Fundpunkt 8, größere zusammenhängende Teile des Skeletts erhalten.

Im groben Crinoidenkalk sind lose Korallen, Schnecken, Muscheln, Armfüßer und Stromatoporen in verschiedener Zahl und Größe eingelagert. Stromatoporen sind Tiere mit einem Skelett aus parallel zur Oberfläche des Körpers verlaufenden Kalklamellen, die von "Pfeilern" gestützt werden. Bei günstigen Bedingungen wurden diese Tiere bis 1 m groß, ihr Umriß war krustenoder knollenförmig. Im Gestein können sie leicht mit ähnlich aussehenden Strukturen verwechselt werden, nämlich mit hellgrauen Kalzitsäumen, die Kleinhöhlen und Spalten ausfüllen, aber anorganische Bildungen sind.

In der Schichtfolge der Seewarte wechseln von unten nach oben verschiedene fossilreiche Kalke mehrfach ab. Wir finden Crinoidenkalke, Stromatoporenkalke, Riffkalke, Riffschuttkalke oder andere organodetritische Kalke, Lagunenkalke und Schlammkalke, in denen die organische Beteiligung am Aufbau sehr gering ist. Alle sind Bildungen des flachen Meeres, jedoch nicht unter gleichbleibenden Bedingungen.

Riffe gehören zu den tropischen Meeren der Gegenwart wie der Vergangenheit. Kein je von Menschen errichtetes Bauwerk läßt sich mit ihrer Größe veraleichen. Als ein Gestein unter vielen anderen ist in der Wand über uns der steinerne Überrest eines Riffes der Devon-Zeit erhalten, sozusagen ein "fossiles" Riff, wie eben auch die verschiedenen Versteinerungen in den Blöcken vor uns. Der eigentliche Riffkern, sein Zentrum, liegt im Bereich der obersten Schutthalde über der Lamberthengi-Hütte auf italienischem Staatsgebiet. Von dort erstreckt er sich in einer Dicke von rund 50 m an der Nordflanke der Seewarte eine gewisse Strecke in östlicher Richtung. Dieser Teil der Wand ist bisher allerdings noch nicht genau geologisch untersucht.

Die heutigen Riffe sind fast ausnahmslos auf einen Gürtel beschränkt, der sich beiderseits des Äquators bis etwa 30° Breite erstreckt. Nur in dieser Zone können ihre hohen Ansprüche befriedigt werden, wie hohe Wassertemperaturen zwischen 20 und 35°, ausreichende Durchlichtung, ständige Zufuhr frischen Sauerstoff-reichen Wassers, Strömungen und Wasserzirkulation, normaler Salzgehalt und geringe Wassertiefen von weniger als 40 m. Wenn die gleichen Voraussetzungen auch in der Vergangenheit gültig waren, müssen solche Verhältnisse bei uns ebenfalls einmal geherrscht haben. Mit Wehmut denken wir da an ein tropisches, von Licht, Wärme und Leben erfülltes Meer, das sich hier vor fast 400 Millionen Jahren befand und über viele Millionen Jahre existierte. Freilich, mitunter war dies auch eine unruhige Zeit, denn der Meeres-

boden glich eher einem Fahrstuhl: Mal senkte er sich, mal hob er sich. Diese Bewegungen fanden nicht im Gleichschritt mit dem Höhenwachstum der Korallen statt. Sie waren daher zum Ausweichen gezwungen, wanderten in Gebiete, die bessere Lebensbedingungen boten und machten einer anderen Lebensgemeinschaft Platz. An die Stelle der Riffkalke traten Riffschuttkalke. Crinoidenkalke oder Lagunenkalke. Das war die empfindliche Reaktion der im Riff lebenden Gemeinschaft auf Umweltseinflüsse. die sie nicht verkraften konnten. Sollte der Mensch daraus lernen? Es mag ein Trost sein, zu wissen, daß die Ursachen dafür "tiefer" lagen, nämlich in Umwälzungen im Erdinneren und einer damit verbundenen erhöhten Mobilität des Meeresbodens, deren Höhepunkt in der nachfolgenden Gebirgsbildung in der Steinkohlenzeit erreicht war, die die Geburtsstunde der Karnischen Alpen war.

## Alter

Erdaltertum, Devon-Zeit (älterer und mittlerer Abschnitt), rund 400-380 Millionen Jahre.

# Nächster Standort

Östliches Wolayertörl, Staatsgrenze.

# Haltepunkt 10/2

#### Standort

Schuttfeld am Fuß der Seewarte.

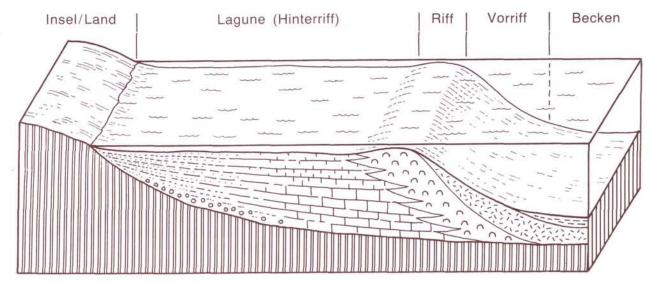
#### Riff

Ein Riff ist eine untermeerische wellenresistente Struktur aus meist in Kolonien lebenden Gerüstbildnern und ihren Resten, die sich über die Umgebung erhebt. Es wird üblicherweise in den zentralen Riffkern, das dem offenen Meer zugewandte Vorriff und die Lagune auf der Rückseite gegliedert. Abweichungen von diesem Schema sind keine Seltenheit. Der Riffaufbau hängt nämlich von vielen Faktoren ab. Nur selten erfolgt die Riffbildung über längere Zeiträume in der gleichen Weise. Wachstum der dominierenden Rifforganismen, Senkungen und Hebungen des Untergrundes, Strömungen, Sturmfluten, biologische Veränderungen u. a. prägen unverkennbar die Größe und das Bild eines Riffes und können diese Dreigliederung erheblich verändern.

Als Gerüstbildner beteiligen sich Einzel- und koloniebildende Korallen, Stromatoporen, Schwämme, Seelilien und Kalkalgen. Sie tragen entweder ein Kalkgerüst oder scheiden Kalk zum Aufbau ab. Dazu kommen Trümmer von Gehäusen, Schalen und Skelette von verschiedenen im Riff lebenden Organismengruppen, die wichtige Bausteine für das Riff sind, da sie sich gegenseitig umwachsen, umkrusten, abstützen und die Hohlräume zwischen größeren Korallenoder Stromatoporenstöcken ausfüllen.

Der Entstehung und dem Wachstum eines Riffs steht das nie endende Werk der Zerstörung gegenüber. Vom Riffkern bleibt höchstens 10 % seiner ursprünglichen Größe fossil erhalten, der Rest wird zu Riffschutt zerkleinert, umkrustet und fest miteinander verkittet. Die heutigen Riffe im Pazifik haben jährliche Wachstumsraten zwischen 5 mm und 12 cm. Bei einer gleichbleibenden Absenkung des Meeresbodens über längere Zeiträume ergibt das entsprechend dicke Riffkalke. Gleichzeitig entstehen riesige Mengen von

Schutt, die aber kaum zum Riffaufbau verwendet werden, sondern an seinen Flanken haldenartig angelagert werden. Der Anteil von in Lebensstellung befindlichen Gerüstbildnern gegenüber zerstörtem und umgelagertem Material ist daher in Riffen sehr klein. In fossilen Ablagerungen ist der Schutt vom Riff häufig als eine Art riesiger Gesteinsfächer erhalten, der vom Kern ausgehend kilometerweit in das offene tiefe Meer reichen kann. Das gilt auch für die Verhältnisse in der Umgebung des Wolayersees.



Gliederung eines Riffkomplexes

#### Korallen

kommen heute im Meer als Einzelindividuen oder als Kolonien in Stökken vor. Sie leben sessil, das heißt festgewachsen, in warmen tropischen Breiten in flachen und gut durchlichteten Gewässern. Das war auch in der Vergangenheit so. Wir finden entweder versteinerte Reste von Einzelkorallen oder von Polypenkolonien, die aus vielen miteinander in Verbindung stehenden Individuen bestanden, die einen Gesamtorganismus bildeten.

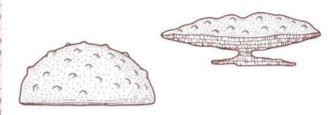
Steinkorallen wurden im Altertum für Mineralien gehalten und als "wachsende Steine" bezeichnet. Ihre tierische Natur setzte sich erst ab ca. 1840 endgültig durch, vorher glaubte man an Pflanzen.

Die Einzeltiere sind die Polypen, die die kalkigen Kelche (= Polypar) bewohnen. Sie sind durch radial verlaufende kalkige Trennwände, den Septen, unterteilt. Der Kalk wird an der Fußscheibe des Polypen ausgeschieden, der Kelch dadurch ständig erhöht. Die Vermehrung erfolgte durch Sprossung, Knospung oder Teilung. Die verschiedenen Arten erzeugten unterschiedliche Korallenstöcke. So finden wir ästig verzweigte Büsche, Knollen mit bis zu 1 m Durchmesser, krustenförmige Kolonien oder kugelige Strukturen. Diese massiven Kalkbauten bleiben fossil erhalten.

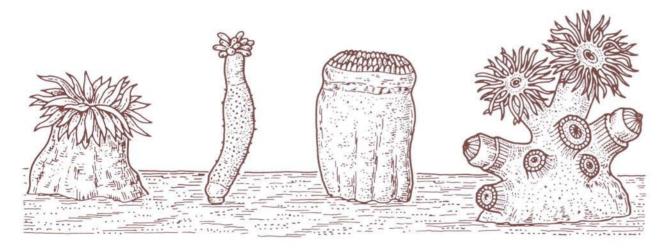
Die koloniebildenden Korallen sind stark am Aufbau von Riffen beteiligt. Sie werden daher auch riffbildende Korallen genannt. Sie leben in Wassertiefen oberhalb von 50 m, optimal sind Tiefen von weniger als 35 m und Temperaturen zwischen 25 und 30°C. Hier ist durch das eindringende Licht noch pflanzliches Leben möglich. Im Polypen leben

nämlich winzige Grünalgen, die Zooxanthellen, die das Sonnenlicht zur Assimilation benötigen. Sie übernehmen die Abbauprodukte des Polypen (CO<sub>2</sub>) und geben dafür Sauerstoff ab. Das ist eine echte Symbiose zum beiderseitigen Nutzen. Die tierische Nahrung strudeln Korallen mit Hilfe ihrer Tentakel zum Mund.

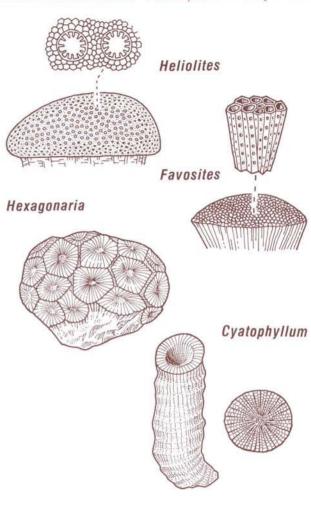
Auf das Erdaltertum beschränkt sind die Bodenkorallen oder Tabulaten. Sie schufen sehr massive und große Strukturen, die aus unzähligen Einzelpolypen zusammengesetzt waren. Die Wandung der einzelnen Kelche konnte dabei sehr vielgestaltig sein und sich in verschiedene Muster, wie z. B. die Glieder einer Kette, auflösen.



Massive und laminare Stromatoporen



Lebensbild von Einzel- und Koloniekorallen



Fossile Korallen aus der Devon-Zeit

## Nächster Standort

Östliches Wolayertörl, Staatsgrenze.

# Haltepunkt 11

#### Standort

Östliches Wolayertörl (Staatsgrenze) mit Blick gegen Süden.

#### Georama

Vom Törl blicken wir über das Schuttfeld am Fuß der Seewarte nach Süden und sehen die höheren Partien der Kalke der Seewarte, die hier bis ins Tal reichen. Deutlich erkennen wir einzelne nach Süden geneigte Schichten. Im Hintergrund folgen an der linken Talseite wiesenbedeckte Hänge, die von Schiefern aufgebaut werden und bereits über den Kalken liegen. Ein Klettersteig von der Lamberthengi-Hütte zur Marinelli-Hütte quert sowohl die Kalke als auch einen Teil der darüberliegenden Schiefer, die zur steinkohlenzeitlichen Hochwipfel-Formation gehören.

Wir sammeln im Schutt vor uns. Aufmerksamkeit verdienen besonders die dunkelgrauen bis schwarzen Schuttgesteine, da sie viele schöne, meist weiße Schneckengehäuse beinhalten. Außerdem kommen darin Einzelkorallen, Muscheln, Armfüßer, Moostierchen und Crinoiden vor. Der Schutt stammt von einem 35 m dicken schwarzen Kalkband, das innerhalb der vorwiegend grauen Kalkmassen östlich unter dem Gipfel der Seewarte beginnt und bis nahe an die Lamberthengi-Hütte im Süden über uns reicht. Eine schwache Andeutung ist auch noch in der westlichen Fortsetzung an der Ostflanke des Seekopfes zu beobachten.

Der zusammenhängende Kalkfels ist über der Schutthalde leicht zu erreichen. Man muß dazu etwa 100 m nach Süden gehen und dann zum Beginn des Schuttfeldes rund 50 m hochsteigen. Hier kommmt der Fels als dunkelgrauer, fast schwarzer, bituminöser "Stinkkalk" vor, der deutlich geschichtet ist. Früher wurde dieses Gestein als Hercynellenkalk bezeichnet, sein heutiger Name ist Seewarte-Kalk.

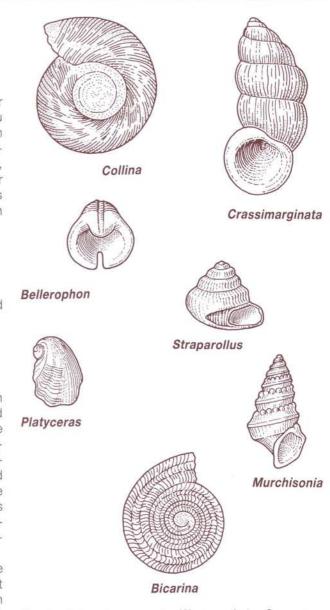
## Alter

Erdaltertum, Devon-Zeit (Prag-Stufe), rund 385-390 Millionen Jahre.

# Entstehung

Die dunkelgrauen bis schwarzen, im frischen Anschlag übel riechenden Seewarte-Kalke sind Ablagerungen einer Lagune auf der Rückseite des Riffes im Unterteil der Seewarte. Ihre genaue Position ist am Panorama vor der E. Pichl-Hütte (Standort 1) verzeichnet, ihre Bildung wird am Standort 10 näher erläutert. Über die Größe und Ausdehnung der Lagune ist nichts Genaues bekannt; die heutigen Ausbisse der dazugehörenden Ablagerungen haben immerhin eine Erstreckung über rund 1 km.

Die Art des Sediments läßt vermuten, daß die Lagune nur durch einige Rinnen und Kanäle mit dem offenen Meer in Verbindung stand. Allem Anschein nach war die Wasserbewegung stark



Fossile Schnecken aus der Westwand der Seewarte

reduziert, die Zufuhr von freiem gelösten Sauerstoff eingeschränkt. Es entstand vermehrt freier Schwefelwasserstoff, der für alle Lebewesen Gift ist. In einem solchen Milieu bildet sich Faulschlamm, in dem sich tote Materie ansammelt.

Nur sehr wenige Organismen, die sich diesen ungünstigen Bedingungen anpassen konnten, existierten hier, alle weniger spezialisierten wurden hingegen verdrängt.

#### Nächster Standort

20 m über dem Wolayertörl.

# Haltepunkt 12

#### Standort

Am Fuß des Seekopfes über dem Wolayertörl.

# Georama und Entstehung

Das unscheinbare kleine Kalkvorkommen liegt auf der Oberseite einer dicken hellgrauen Kalkrippe, die gleichsam das Fundament ist, auf dem der Felsklotz des Seekopfes ruht. Die geologischen Verhältnisse gleichen jenen vom 4. Standort unserer Wanderung. Hier wie dort haben wir es mit sehr alten Kalken zu tun, deren Name Wolayer Kalk ist. Es sind Bildungen des flachen Meeres gegen Ende der Ordoviz-Zeit vor rund 450 Millionen Jahren.

Nach einer Pause von etwa 20-25 Millionen Jahren, in der keine Ablagerung stattfand, setzte ab der jüngeren Silur-Zeit erneut kalkige Sedimentation ein. Ein flaches Meeresbecken wurde dabei fast ausschließlich von Trilobiten besiedelt, deren Panzerreste sich verhältnismäßig häufig in diesen grobkörnigen rötlichen Kalken finden. Daneben treten Orthoceren, die "Geradhörner" auf, die wir ebenfalls bereits vom 5. Haltepunkt kennen. Beide Kalkvorkommen sind nahezu ident und gleich alt; ihr Name ist Kok-Kalk.

Das nächste Gesteinspaket, das auf unseren Trilobitenschichten liegt, sind graue und rötliche Kalksteine der älteren Devon-Zeit, die die schroffen Felsen des Nordostgrates am Fuß des Seekopfes aufbauen. Sie enthalten in verschiedenen numerierten und genau vermessenen Lagen spezifische Mikrofossilien, mit deren Hilfe genaue Altersangaben und weltweite Vergleiche möglich sind.

Die steile Wiese unter der Felswand des Seekopfes liegt auf Schiefern, die in der Umgebung des Sees die jüngsten Gesteine sind. Sie gehören der älteren Steinkohlenzeit an und haben den Namen Hochwipfel-Formation. Wir sind ihnen während unserer Wanderung mehrmals begegnet.

Bevor der Wiesenkamm an die obere Wand stößt, folgen über den vorhin genannten relativ jungen Gesteinen erneut sehr alte aus der Ordoviz-Zeit vor rund 460 Millionen Jahren. Damit beginnt alles wieder von vorne, denn wir stellen eine tektonische Wiederholung jener Gesteine fest, die auch am Fuß des Berges vorkommen. Eine Ausnahme bilden die unteren rötlichen Kalke, die oben durch graue massige ersetzt werden. Sie bauen die Hauptmasse des Seekopfes auf und setzen sich nach Westen in das Biegengebirge fort.

#### Alter

Erdaltertum, Silur-Zeit (Ludlow-Stufe), rund 420 Millionen Jahre.

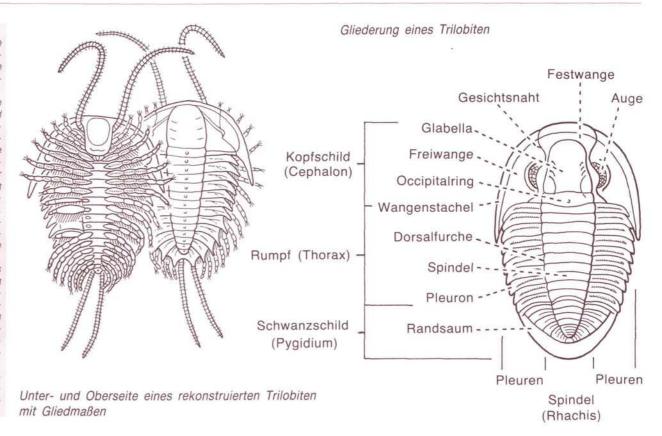
Trilobiten (auch Dreilapper genannt)

gehören zu den von Sammlern am meisten begehrten Fossilien. Sie sind eine Gruppe der Gliederfüßer, die am Ende des Erdaltertums ausstarben. Zu Beginn dieser Ära waren sie für die Altersgliederung die wichtigste Tiergruppe, insgesamt sind bis heute über 10.000 Arten beschrieben worden.

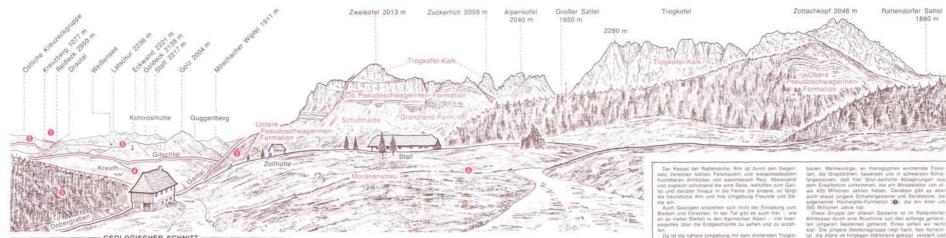
Trilobiten weisen eine deutliche Dreiteilung ihres Körpers auf. Die Fachausdrücke heißen Kopfschild (Cephalon), Rumpf (Thorax) und Schwanzschild (Pygidium). Im Gestein überliefert sind ihre meist zwischen 3 und 8 cm, im Extremfall bis 75 cm großen Panzer, eine Art mittelalterliche Ritterrüstung, die dem Schutz der Weichteile der an Krebse erinnernden Tiere diente. Der mineralisierte Panzer bildet Wachstumsstadien des Tieres ab und wächst als Außenskelett, das den Körper umhüllt, mit diesem nicht mit. Er wird daher im Laufe der Entwicklung des Tieres bis zu dreißigmal abgeworfen und neu gebildet. Solche Häutungsreste sind uns im Gestein in oft großer Zahl überliefert geblieben. Selten ist allerdings das Vorkommen eines vollständigen Panzers; häufiger findet man den Schwanzschild oder den Kopf, sehr selten den ganzen Rumpf, der aus einzelnen beweglichen Segmenten bestand, die sich leicht voneinander lösen konnten.

Trilobiten waren überwiegend an ein Leben am Boden des Meeres gebunden. Sie bewegten sich darauf kriechend und hinterließen häufig Spuren, die auch fossil erhalten sein können. Die Unterseite war deshalb kaum geschützt. Der Rückenpanzer bestand aus Chitin mit eingelagertem Kalk und Calziumphosphat (Apatit). Kleinere Formen waren teilweise gute Schwimmer. Wenn sie in oberflächennahen Wasserschichten lebten, hatten sie gute Augen, während die in lichtarmen Bereichen des Meeres siedelnden Formen schlecht sahen oder blind waren. Die Facettenaugen bestanden aus bis zu 15.000 Einzellinsen.

In der beigegebenen Zeichnung sind die wichtigsten Teile eines Trilobiten bezeichnet und mit Namen versehen. Für die Abtrennung einzelnder Arten sind die Merkmale des Kopfes und des Schwanzes von besonderer Bedeutung.











# PANORAMA RATTENDORFER ALM







- ALTERSTABELLE DER GESTEINE -

IN DEN KARNISCHEN ALPEN

Da sit die handere umgeleung mit einem voreinder i rogen-leimassier und der zerinsenen Feismauer zwischen dem Großen Sattel und der Tröpplacher Alm. Gesteine bauen dese Berge auf, die gegen Ende des Erdahertums in der Perm-Zeit in einem läuchen Meer gebildet wurden (<u>B. Ur-zeitliche Kleinlebewesen (Einzeller), Kürallen, Algen, Mu-schieln und Schnecken in haube versteinnaher Fohn zeugen</u>

davon. Wir unterscheiden mehrere Glesteinszyklen, die in der Fellswand unter dem Zweikofte und Alpenkofte gut zu ersennen sind im nebenstehenden gelögischen Schollt sind diese Glesfeire hersaugehoben. Unten und rur in den Schulminnen zu sehen, lagen die Gesteine der Genztland-Formation, datüber am Fuß der Wand durste, gut geschichtet des Seine den Kalle, die Obere Pfesudochrägerinen-Formation, und zubertat die helder ungeschichteten Triggelchif Alake, das die helder ungeschichteten Triggelchif Alake. Die bauer has die geantem Nicht des

Trogkofel-Kaike. Sie bauen bast den gesamten Nict den Trogkofel- auf. Die vor uns liegende Feismauer ist stärksten zertrissen. Kallegerib beockelt stamtig ab, erneierigt fie Glofel und bereitet sich wie den Schleiber surdissen der Bereitet und Bereitet sich wie den Schleiber surdissen der Bereitet und Bruchzonen, vor allem aber harbt die Weitung geröglicher Bruchzonen, vor allem aber harbt die Weitung dies Was-sers, das in Spatten und Külten in den Fels eindringt. Im Innerert kommt es aben mu bis zur wasserundurchflässigen Grenzländ-Formation, sin der es sich staat und an Quellen austimt. Die Folge ist dies staate Auftockerung des dar-überingegneden Gebriges. Am Battenodert Sattel einzelt die Feisbarhriere. Nach Wer-Am Battenodert Sattel einzelt die Feisbarhriere. Nach Wer-hamst Räke ein Es sind dies erkein "Bitzer Kalke als im Ozten, die wir als Untere Passudoschwagennen-Formation Dezichnen. Wie die nebenstehende "Alterstäßelle zeigl-genbren sie ebenfalls in die Perm Zeit, dem jungsten Ab-schnift des Einfaltertums.

schnitt des Erdaftertumii.

Wesamtlich after sind hingegen die Gesteine, die den Hochwiptel und den Hang nördlich des Doberbaches auf-

water, utrial besteh bedrigingen virtualiser is stor bet un published bedriembeharken gut erfanderte kohoren, eten in der Kriszeckgruppe oder am Reitjeck (). (2): Uber diesen sehr aben und stan veränderten Gestellten liegen – ahmlich wie hier auf der Rattendorfe Alm – auch in den Galtstelle Alpen jorgere Gestehen (2): Se sind die hellein Feisen, die wie eine Mauer scheinen statt diesem Gebrigd das George gebern () be setschiederen Kalle und nabrille hande in unter der der der der der die nabrille fraße zeitlich und zwischen 240 und strea 200 Mit-lionen Jahren im urzeitlichen Mittelliere erfastaden. Es reichte in jeher fernen Vurzeit von Chrina über den Hima-siya, tien und Südotseunge bei in unsere Gegend und derüber fernias. Riesige Kallemassen wurder dann abgela-get. Einen stämmen Ansschnitt, Jahr gelegen, verstellt und einer Ruine, gleichend, die schon bessene Zeiten hinter-sich hat. Doch dies ist das Schoksaat eines jeden Gebir-gehat.



# Geopunkt Rattendorfer Schneid, Grenzstein n-327

# Georama und Entstehung

Wir stehen vor einem einzigartigen Naturdenkmal – vermutlich dem schönsten in der großen Sammlung von "Schmucksteinen", die uns die Natur in den Karnischen Alpen hinterlassen hat.

280 Millionen Jahre liegt es bereits hier, lassen Sie, lieber Naturfreund, es auch in Zukunft in Ruhe, damit sich auch spätere Besucher dieser Gegend an dieser einmaligen Urkunde aus längst vergangenen Zeiten der Erde erfreuen können. Schlagen Sie es nicht, denn es hat Ihnen nichts getan; tragen Sie es nicht fort, denn das wäre Diebstahl an der Natur! Wenn Sie ein Erinnerungsstück mitnehmen wollen, folgen Sie bitte dem markierten Höhenweg etwa 50 m nach Osten. Dort finden sie die gleichen Gesteine herumliegen und auch solche für Ihre private Sammlung.

Die Oberfläche der grauen 1,50 m dicken Kalkplatte ziert ein Muster, das aus aneinanderstoßenden cm-großen Scheiben besteht. Es sind eben angeschnittene, im Gestein regellos verteilte kugelige bis walzenförmige Knollen, die die Geologen als "Onkoide" bezeichnen. Ihr Durchmesser liegt bei 1–2 cm, maximal bei 4 cm. Bei genauerem Hinsehen erkennen wir im Zentrum ein Fossil: Versteinerte Reste von Algen, Bruchstücke von Seelilien, Schnecken- und Muschelgehäuse oder einzellige Urtiere, die Fusulinen; sie gleichen einem bis 1 cm großen Reiskorn. Lose verstreut finden sie sich auch im

dunklen Kalk zwischen den schwachrosa und hellgrauen Scheiben.

Die im Kalk eingeschlossenen Versteinerungen beweisen, daß er im Meer gegen Ende des Erdaltertums in der Perm-Zeit entstanden ist. Wie Perlen bildeten sich die bis Minigolfball-großen Knollen um einen rundlichen oder plattigen Kern. Diese Lagen sind das Werk von Algen: Sie wuchsen als hauchdünner Film um den Kern herum und fingen sowohl feinste Sedimentpartikel ein, wie sie auch selbst dünne Kalkkrusten an ihrer Außenseite abschieden. Nach dem Schneeballprinzip wurde dann die kleine Kugel durch Strömungen im Wasser hin- und hergerollt, neues Sediment blieb an ihrer Oberfläche haften, die Rundung wurde immer vollendeter, der Durchmesser ständig größer.

Die Gestalt der Onkoide zeichnet meist die Form des Kerns nach. Um runde Sandkörner, Fusulinen und Schnecken ist sie rund, um Algenplatten eher walzenförmig. Wir finden dünnwandige kleine neben dickwandigen großen Onkoiden, solche, die sich mit benachbarten berühren neben frei im Gestein verstreuten. Die größten Onkoide sind meist walzenförmig.

Die Kalkplatte ist im seichten Meer gegen Ende des Erdaltertums entstanden. Zu dieser Zeit

herrschte in den Karnischen Alpen ein fast tropisch warmes Klima und ein Meeresausläufer reichte aus dem südöstlichen Europa als riesige Bucht bis in unsere Gegend. Abwechselnd lagerten sich am flachen Meeresboden tonige Schlämme, Sand, etwas Geröll und eben Kalkschlamm ab. Strömungen wirbelten Teile davon zusammen mit Schalen abgestorbener Lebewesen auf, rollten sie ein Stück, lagerten sie wieder ab, sie wurden von Algen umkrustet, es herrschte einige Zeit Ruhe, bis sich dieser Vorgang wiederholte. Wenn wir von den heutigen Wachstumsgeschwindigkeiten von Algen auf die geologische Vergangenheit rückschließen, so schätzen Geologen die Entstehungszeit einer Knolle auf wenige Jahre. Die ganze Kalkbank mag vielleicht in einigen 10.000 Jahren entstanden sein - gleichsam eine Sekunde in der abwechslungsreichen Geschichte unserer Berge.

## Alter

Erdaltertum, Perm-Zeit, rund 280 Millionen Jahre.



# Geopunkt Straße Straniger Alm – Waidegger Alm, Höhe 1700 m

# Georama und Entstehung

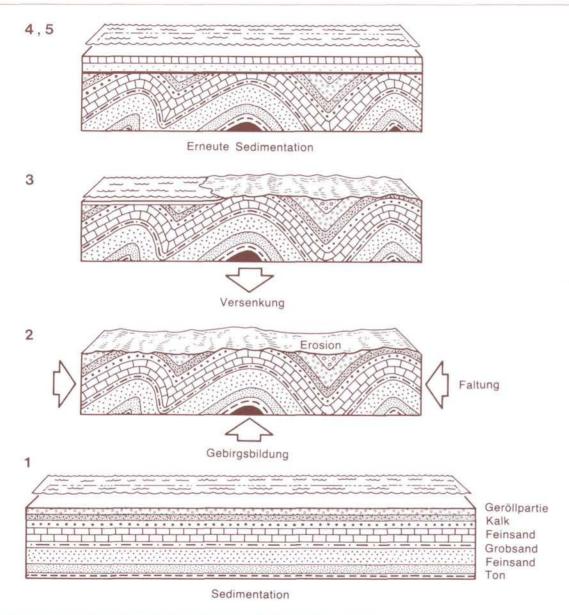
Lange Zeit barg der Rücken unter uns einen geheimnisvollen Schatz, der erst beim Bau der Almstraße ans Licht kam. Er ist für Geologen Goldes wert, denn damit wurde die Entstehung der Bergwelt um uns erst richtig verständlich: Wir stehen hier an der Nahtstelle zwischen dem alten Gebirgsrumpf und seinem jungen "Dach". Beide zusammen bauen die Berge in der Umgebung auf. Hören wir, wie es dazu gekommen ist:

- 1) Die lange geologische Geschichte der Karnischen Alpen reicht bis rund 460 Millionen Jahre zurück. Ab dieser Zeit breitete sich hier ein Meer aus, das sich über halb Europa erstreckte und bis etwa 320 Millionen Jahre vor heute hier blieb. In dieser langen Zeit setzten sich am Boden des Meeres Gesteinsschichten von vielen hunderten, ja tausenden Metern Dicke ab. Sie wechselten in bunter Reihenfolge zwischen Kalken, Riffgesteinen, Schiefern, Sanden und Tonen. Geologen wissen heute darüber sehr genau Bescheid und schufen mit Hilfe darin eingeschlossener Fossilien eine erstaunliche Ordnung. Es gibt praktisch kein Gestein aus dieser Zeit mehr, dessen Alter und Entstehung heute nicht genau erforscht und bekannt ist.
- 2) Diese älteren, an Erfahrung schon sehr reichen Gesteine gerieten vor rund 320 Millionen Jahren in der Steinkohlenzeit in die "Tretmühle" der steinkohlenzeitlichen Gebirgsbildung. Die Idylle der Ruhe von fast 130 Millionen Jahren war vorüber, es wurden die Vorläufer der Karnischen Alpen geschaffen. Wie in einem Schraubstock verengte sich das Meer mit den darin abgelagerten Gesteinen, sie wurden zusammengestaucht, verfaltet, ineinandergepreßt und wie Spielkarten durchmischt. Die ursprüngliche Reihenfolge ihrer Entstehung wurde stark verändert, Zusammenhänge gingen verloren. Ein Steinchen des Mosaiks liegt hier, eines dort - Ergebnis unvorstellbarer Kräfte, die aus dem Erdinneren kommen.
- 3) Als das alte Gebirge, sozusagen der Keller, geschaffen war, setzte sogleich Abtragung und Zerstörung ein. Das erste Gebirge bekam Runzeln und Furchen, Gräben fraßen sich in die alten Gesteine, Geröllhalden breiteten sich in den Niederungen aus – für einige Zeigt prägte eine öde vegetationslose Karstlandschaft das Antlitz der Erde im Gailtal.

Diese alte Karstoberfläche wurde durch die Straße mehrfach freigelegt. Wir sehen sie

- rund 80 m straßenabwärts auf einer Strecke von fast 100 m. Es sind helle Kalke aus der Devon-Zeit vor rund 380 Millionen Jahren, die von Spalten und Kleinhöhlen durchsetzt sind, die selbst von später gebildeten, häufig bräunlich sandigen Sedimenten verfüllt sind.
- 4) Nach wenigen Millionen Jahren kehrte das Meer erneut in unsere Gegend zurück und begann sie zu überfluten. Bis zum Zollnersee und der Bischofalm im Westen versanken die Berge im Meer. So ganz "reibungslos" wurde das Festland aber nicht erobert, denn da und dort stellten sich dem anrückenden Meer Hindernisse in den Weg: Sie mußten erst abgetragen, erniedrigt, zerkleinert werden. Das schafften die Brandung und die Wellen. Wie an heutigen Steilküsten fiel dabei viel Schutt an, denken wir nur an einen Kiesstrand an der Adria.

Solche ehemaligen Strandgerölle finden wir auch hier, einige straßenabwärts, die Hauptmenge aber entlang des bergwärts führenden linken Straßenrandes von der Kurve bis ungefähr 100 m danach. Wir beobachten runde, mehrere cm-große Gerölle von dunklen und hellen Kalken, bräunliche Sandsteingerölle und schwarze, häufig eckige Gesteinssplitter, die fast nur aus Quarz bestehen; Geologen

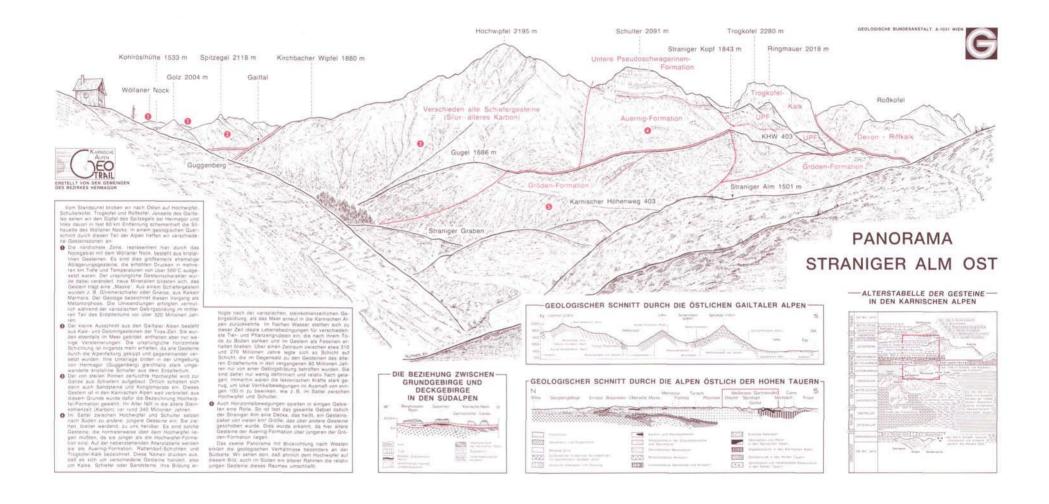


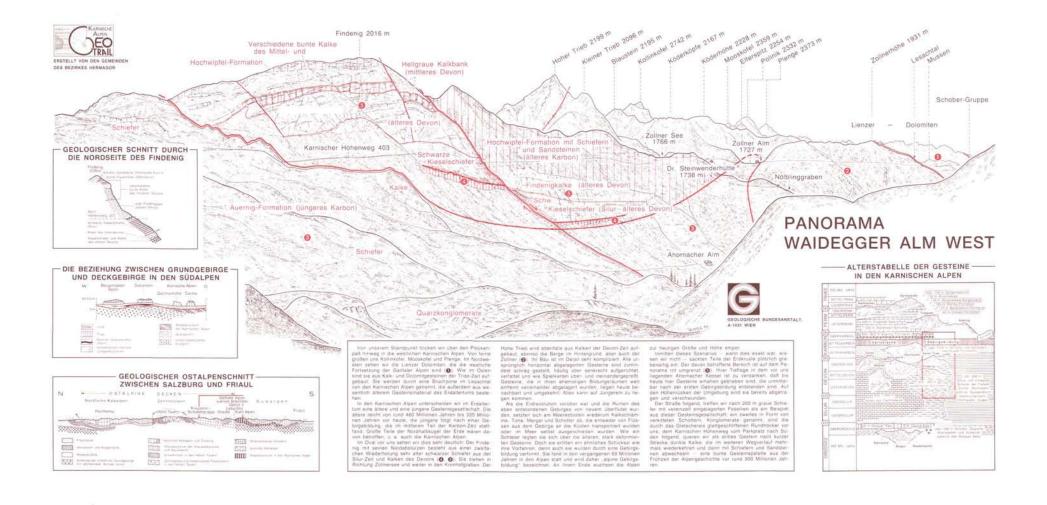
Schema zum Ablauf geologischer Ereignisse in den Karnischen Alpen

- nennen sie Hornsteine oder Lydite. Alle Gerölle sind zu einem festen Gestein verkittet.
- 5) Dann kehrte allmählich wieder Ruhe ein, das Meer hatte seinen Eroberungsfeldzug beendet. Nun lagerten sich am flachen Meeresboden über den alten Ruinen neue Schichten ab, es begann das zweite Leben der Karnischen Alpen. Zuerst waren es Schiefergesteine und Sandsteine (zu sehen im weiteren Verlauf der Straße), dann Kalke, dann beide wiederholt abwechselnd. Gegen Ende des Erdaltertums wurden die Gesteine bei der Schulter und der Ringmauer gebildet, etwas später der Trogkofel und zuletzt der Gartnerkofel am Naßfeld, um nur einige Berge aus dieser Zeit zu nennen.
- 6) Wenn wir zum Schulterkofel blicken, sehen wir auch, daß die Schichten fast horizontal liegen. Die jüngeren, ab etwa 300 Millionen Jahren entstandenen Gesteine haben nämlich nur eine einzige Gebirgsbildung mitgemacht, die die Alpen als Gebirge schuf. Das war in den vergangenen rund 100 Millionen Jahren. In dieser Zeit wuchsen die Karnischen Alpen zur heutigen Größe und Höhe, zusammengesetzt aus dem alten Sockel und "verschweißt" mit den darüber folgenden jüngeren Ablagerungen ein spannendes Schauspiel in zwei Akten!

## Alter

Erdaltertum, Steinkohlenzeit (Karbon - Kasimov-Stufe), rund 310 Millionen Jahre.





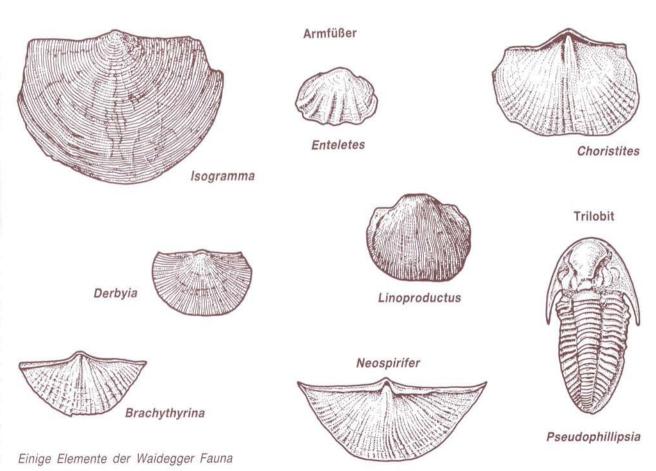
# Geopunkt Sattel östlich der Waidegger Alm, Höhe 1815 m

#### Georama

Zwischen braunen erdigen Schiefern liegt ein Massengrab von altertümlichen Lebewesen, das zu den größten in den Karnischen Alpen gehört. Es ist ein beeindruckendes Naturdenkmal aus rund 300 Millionen Jahre zurückliegenden Zeiten der Erdgeschichte.

Zerstören Sie, lieber Naturfreund, bitte nicht dieses einmalige Vorkommen von Versteinerungen! Statt zu graben und unverantwortlich die Gesteine nach Fossilien auszubeuten, sammeln Sie für Ihren privaten Gebrauch die in der Halde reichlich enthaltenen Versteinerungen. Fossilien haben nämlich im Gegensatz zu Blumen nicht die Fähigkeit, irgendwann einmal nachzuwachsen!

Das mittlerweile von einer großen Halde umgebene Vorkommen ist seit über 50 Jahren bekannt. Es ist die weltberühmte geologische Lokalität der "Waidegger Fauna", so benannt nach der nahegelegenen Alm und der benachbarten Höhe. Die bräunlich verwitternden, sandigen, weichen Schiefer enthalten vorzügliche Abdrükke verschiedener Lebewesen, die in der jüngeren Steinkohlenzeit, dem Oberkarbon, in ungeheurer Zahl auf und im weichen Schlammboden des flachen Meeres lebten. Dieses Meer, Vorläufer des heutigen Mittelmeeres, drang nach der steinkohlenzeitlichen Gebirgsbildung von Südosten her in das Gailtal ein und blieb hier viele



Millionen Jahre. Es hinterließ Meeresablagerungen wie Schiefer, Kalke, Sandsteine, aber auch Zeugnisse der damals auf der Erde lebenden Tier- und Pflanzenwelt. An diesem Fundpunkt sehen wir davon einen kleinen Ausschnitt.

Teilweise gleiche Versteinerungen kommen auch in anderen Gebieten der Erde vor, so in den Karawanken, im Ural, im Donez- und Moskauer Becken und sogar in der Arktis. Diese Räume waren Teil eines weltumspannenden Ozeans, der Tethys, und wir hier befanden uns an seinem nördlichen Ufer in Küstennähe.

An Fossilien dominieren bei weitem Schalenabdrücke von Armfüßern, den Brachiopoden. Sie haben nichts mit Muscheln zu tun, auch wenn sie auf den ersten Blick so aussehen. Weiters kommen hier Abdrücke von Muscheln, Schnekken, Resten von Seelilien, Moostierchen und etwas seltener – Trilobiten vor. Die wichtigsten Gattungsnamen bei den Armfüßern sind: Iso-

gramma, Choristites, Neospirifer, Martinia, Derbyia, Enteletes, Brachythyrina und Linoproductus. Bei den Trilobiten sind Pseudophillipsia und Paladin zu nennen, bei den Moostierchen Fenestella.

#### Alter

Erdaltertum, Steinkohlenzeit (Karbon – Kasimov-Stufe), rund 300 Millionen Jahre.

# Gundersheimer Almstraße Haltepunkt 1

## Standort

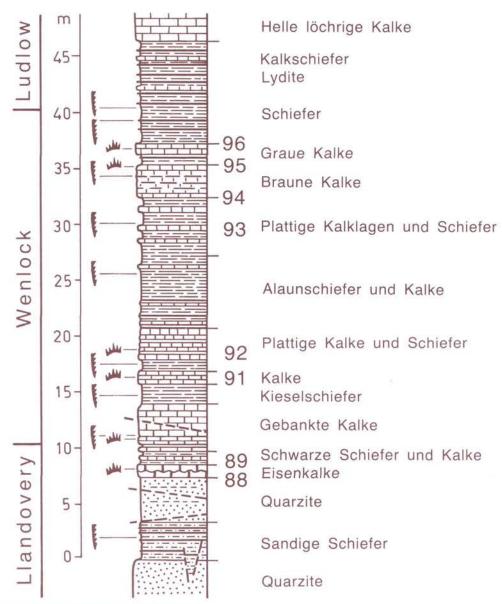
Gundersheimer Almstraße, Höhe 1110 m.

# Georama und Entstehung

Wir blicken auf einen kleinen Ausschnitt von Gesteinen, die neben vielen anderen die Karnischen Alpen aufbauen. Dank der vor einigen Jahren gebauten Straße von Oberbuchach zu den Almen erhielten Geologen hier Gesteine wie auf einem Speisetablett frisch serviert und waren daher in der Lage, sie genau zu untersuchen. Der rund 100 m lange Abschnitt von der Kurve bis zum kleinen Gerinne war für sie von besonderem Interesse.

Die bergseitige Felswand besteht aus rostbraun verfärbten schwarzen Schiefergesteinen und bei der Kurve aus Kalken und Sandsteinen. Wir erkennen, daß die einzelnen Schichten sehr dünn sind und, wenn wir vor ihnen stehen, steil nach links und in den Berg hinein geneigt sind. Das war zu ihrer Entstehungszeit zwischen rund 440 und 400 Millionen Jahren nicht der Fall: In verschiedenen Lagen enthalten die Schiefer Versteinerungen, die beweisen, daß es sich um Ablagerungen eines uralten Meeres handelt. Es erstreckte sich im Erdaltertum über fast ganz Mittel- und Südeuropa, also auch im Gailtal und seiner Umgebung – die Berge in der heutigen Form existierten damals noch nicht.

Statt dessen lagerte sich durch viele Millionen Jahre auf dem Boden des nicht allzu tiefen Meeres Schlamm ab. Er bestand aus schwarzen Quarz- und Kohlenstoff-reichen Tonen, Sanden und in geringer Menge auch aus Kalk. Schicht um Schicht legte sich übereinander, bis sie zu einer Dicke von über 50 Metern angewachsen waren. Ab und zu sanken aus den oberen Wasserschichten tote Lebewesen zu Boden, die im



Gesteinsabfolge am bergseitigen Straßenrand

Schlamm eingebettet und von neuen Schichten zugedeckt wurden. Ihre Gräber finden wir heute noch im Gestein, wenn wir es aufschlagen und lange genug danach suchen. Es sind vor allem die wie ein weißes gezacktes Laubsägeblatt aussehenden Graptolithen, zu deutsch Schriftsteine, eine schon vor 300 Millionen Jahren ausgestorbene Tiergruppe, die damals in großer Fülle die Weltmeere bevölkerten. Seltener sind Mikroversteinerungen, Reste winziger Lebewesen, die in mm-Größe in den Gesteinen eingeschlossen sind. Andere Zeugnisse der fernen Vergangenheit fehlen, da der Meeresboden lebensfeindlich war: Es gab am Meeresgrund zuwenig Licht und Sauerstoff, zuwenig Nahrung und es war vermutlich zu kalt - keine einladenden Bedingungen für ein Leben in der Tiefe!

Dieser Zustand begann zu Beginn des Erdzeitalters Silur vor rund 440 Millionen Jahren und dauerte rund 30 Millionen Jahre. Davor und danach fand im Meer ebenfalls Gesteinsablagerung statt, die sich aber deutlich von den hier verbreiteten schwarzen Schiefern unterschied: die älteren, weit unter der Straße liegenden Gesteine sind graue Tonschiefer, die später gebildeten Gesteine hingegen graue und rötliche Kalke; wir sehen sie an der Straße über uns. Insgesamt fand während eines Zeitraumes von rund 130 Millionen Jahren Gesteinsbildung statt. Dabei entstand ein über 1000 m dicker Gesteinsstapel.

Infolge gebirgsbildender Gesteinsverschiebungen in der Steinkohlenzeit vor rund 320 Millionen Jahren wurden alle ursprünglich horizontal am Meeresboden abgelagerten Gesteinsschichten gekippt, verbogen und mehr oder weniger stark ineinandergepreßt. Dadurch kamen häufig ältere Gesteine über oder neben jüngeren zu liegen, die Gesteine mischten sich und paßten dann,

wie in einem Kartenspiel, in der ursprünglichen Reihenfolge nicht mehr zusammen. Einzelne kurze Teilbereiche, wie hier an der Straße, blieben verhältnismäßig gut erhalten. Es ist ein Mosaiksteinchen von vielen, die in ihrer Gesamtheit die lang zurückliegende Zeit der Karnischen Alpen wieder lebendig vor uns erstehen lassen.

Das Gestein wurde Schicht für Schicht nach Fossilien durchsucht, genau vermessen, und die Art der Zusammensetzung festgestellt. Die verschiedenen Namen sind in der Zeichnung angegeben, das häufigere Vorkommen von Graptolithen und Mikrofossilien (Conodonten) ist durch Symbole am Rand vermerkt.

#### Alter

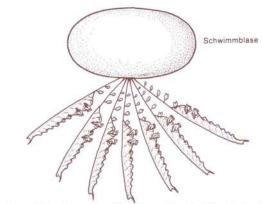
Erdaltertum, Silur-Zeit (Llandovery- bis Lud-low-Stufe), 440-410 Millionen Jahre vor heute.

#### Graptolithen

sind bereits vor rund 300 Millionen Jahren ausgestorbene, koloniebildende Meerestiere. Eine Gruppe, die Graptoloidea, bevölkerte in großer Zahl die Meere im Erdaltertum. Viele Einzelheiten ihrer Lebensweise und ihres Weichkörpers geben der Wissenschaft noch immer Rätsel auf. Überliefert sind uns nur ihre gekammerten, mannigfaltig gestalteten Wohnröhren. Die Kolonie bestand aus röhrenförmigen Kelchen, die sich durch Sprossung aus der Mutterzelle und später aus Stielzellen entwikkelten

Im Gestein finden sich die Überreste dieser Tiere bei günstiger Voraussetzung entweder vollkörperlich und dreidimensional oder – häufiger – als einige cm lange glänzende, wie ein Laubsägeblatt aussehende Gebilde. Aus diesem Grunde wurden sie als Graptolithen, d. h. Schriftsteine, bezeichnet. Bau und Zusammensetzung der Wohnröhren (Theken) entsprechen weitgehend heute lebenden Flügelkiemern, das sind winzige mm-große Meerestiere, die ebenfalls in Kolonien leben (z. B. Rhabdopleura). Obwohl erst seit der Kreidezeit bekannt, werden sie als Verwandte der längst ausgestorbenen Graptolithen vermutet.

Das ursprüngliche Kollagen (ein Gerüstprotein) der Wohnröhren ist in den Karnischen Alpen infolge gebirgsbildender Vorgänge in kohlige Substanz umgewandelt und in der Regel von weißem Gümbellt, einer mineralogischen Neubildung, ausgekleidet. Im Erdaltertum bildeten sich Graptolithen sehr rasch um. Dazu kommt ihre, infolge treibender Lebensweise, weite Verbreitung in allen Weltmeeren und ihr gehäuftes Auftreten, das über einen Zeitraum von rund 100 Millionen Jahren anhielt. Aus den genannten Gründen sind sie für die Geologen immens wichtig und stellen das genaueste Werkzeug zum weltweiten Schichtenvergleich dar, d. h. sie ermöglichen sehr präzise Altersangaben von Gesteinen, in denen sie eingeschlossen sind und gefunden werden.



Lebensbild der schwebenden Graptolithenkolonie mit Zooiden in den Theken

#### Nächster Standort

Ein zweiter Haltepunkt liegt etwa 1,2 km weiter an der Gundersheimer Almstraße nach der Überquerung des Grabens. Er ist durch zahlreiche auf den Fels gemalte Zahlen leicht zu finden.

# Haltepunkt 2

## Standort

Gundersheimer Almstraße, Höhe 1280 m.

# Georama und Entstehung

An dieser Stelle durchfahren wir mit dem Auto in weniger als einer Minute 130 Millionen Jahre Erdgeschichte! Zu Fuß benötigen wir dazu etwas länger, müssen wir doch die etwa 500 m lange Wegstrecke zwischen dem Graben im Osten von uns und der Abzweigung des Henneberg-Weges beim schönen Aussichtspunkt westlich von uns zurücklegen. Die Mühe lohnt aber, da wir, be-

sonders in der Umgebung der Tafel, die geologischen Zusammenhänge klar erkennen können.

Wie am unteren Haltepunkt 1 sehen wir, daß alle Gesteinsschichten gleichmäßig in den Berg hineingeneigt sind. Das Lagerungsgesetz sagt, daß – ähnlich mehreren Schneeschichten im Winter – jüngere Gesteinsschichten im Normalfall stets über älteren liegen müssen. Das ist auch hier der Fall. Daher finden wird das älteste Gestein im Westen, das jüngste beim Graben im Osten.

Zwischen diesen beiden Punkten liegt eine Gesteinsschichte über der anderen. Addiert man sie, so ergeben sie eine Dicke von etwa 300 Metern. Die ältesten Gesteine entstanden vor rund 450 Millionen Jahren in der Ordoviz-Zeit des Erdaltertums, die jüngsten vor etwa 320 Millionen Jahren in der älteren Steinkohlenzeit, dem Karbon.

Die Gesteinsschichten sind ein Archiv der Erdgeschichte. Sie enthalten versteinerte Reste von Lebewesen, die einmal im Meer lebten. Das ist der Beweis, daß hier früher ein Ozean war, es also damals weder Land noch Berge im Gailtal gab. Der alte Ozean erstreckte sich über halb Europa und wir befanden uns etwa in seiner Mitte.

130 Millionen Jahre Zeugnisse der Erdgeschichte, die ältesten rund 450 Millionen Jahre, die jüngsten immerhin auch noch 320 Millionen Jahre alt! Was blieb davon erhalten?

Es sind zum einen Gesteine, die sich untereinander in ihrem Aufbau stark unterscheiden. So finden wir ganz im Westen graue, darüber schwarze Schiefer. Dann folgen zuerst helle, anschließend schwarze und schließlich hier bei uns fleischrosa gefärbte Kalksteine. Sie sehen aus wie Marmore, doch kommen auch plattige, weniger bunte Typen



vor. Ganz im Osten bei den Gräben finden wir hauptsächlich Sandsteine.

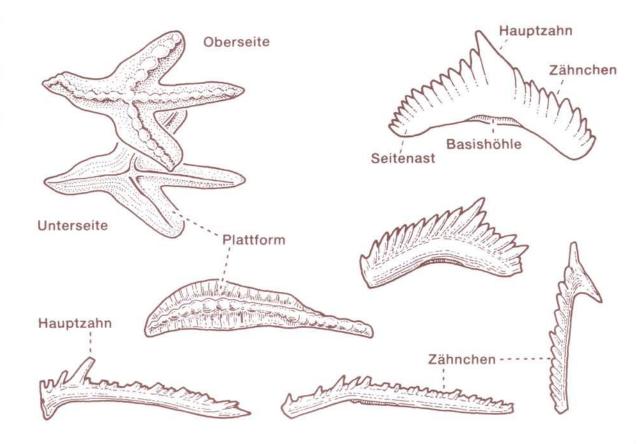
Die einzelnen Gesteine haben Namen, damit man sie unterscheiden kann. Der rosa Kalk vor uns heißt z.B. Findenig-Kalk, der schwarze darunter ist der Rauchkofel-Kalk.

- Das Gestein ist ein riesiges Gräberfeld, denn in ihm sind in Millionenzahl Überreste der einstigen Lebewelt der Meere eingeschlossen. Jede Schicht enthält bestimmte, einmalige Fossilien, die für kurze Epochen der Erdgeschichte besonders charakteristisch waren. Mit ihnen können Gesteine über Kontinente hinweg miteinander verglichen werden, um damit das gleiche Alter zu beweisen oder andere Aussagen für die Entstehungszeit eines Gebietes machen zu können. Zu diesem Zweck wurden über 180 Kalkproben untersucht, deren Entnahmestellen am Felsen aufgemalt sind.
- Drei Gruppen von Versteinerungen sind besonders wertvoll.
  - Die schwarzen plattigen Kalke und Schiefer – einige Meter rechts von der Tafel und mit weißen Zahlen und Punkten gekennzeichnet – enthalten in verschiedenen Lagen Graptolithen.
  - In den rötlichen Kalken vor uns sind winzige, kaum 1 mm große Mikrofossilien eingeschlossen, die sogenannten Tentakuliten. Ihre Suche ist sehr mühsam und zeitaufwendig und nur mit einer Lupe erfolgreich.
  - Die dritte, heute wichtigste Gruppe von Fossilien, die in allen Kalken vorkommen, sind die ebenfalls zu den Mikrofossilien gehörenden Conodonten.

#### Conodonten

sind winzige zahn- und blattähnliche Gebilde eines lange Zeit rätselhaften Tieres. Ihre Größe schwankt zwischen 0,5 und 4 mm, ihre chemische Zusammensetzung gleicht unseren Zähnen und besteht aus Apatit. Sie kommen in den Gesteinen aus dem Erdaltertum oft in großer Zahl vor, starben aber bereits am Ende der Trias-Zeit vor rund 160 Millionen Jahren aus. Neben der großen Häufigkeit und ihres weltweiten Auftretens liegt ihre Bedeutung vor allem darin, daß ihre Entwicklung, geologisch gesehen, sehr rasch verlief und zahlreiche Formen daher "Leitfossillen", das heißt, hervorragende Zeitmarken der Erdgeschichte

Die in den Gesteinen unregelmäßig verteilten Conodonten-Hartteile befanden sich ursprünglich im Conodontentier in der Schlundregion. Hier hatte eine Gruppe von verschieden geformten Conodonten die Aufgabe, Nahrung zu ergreifen und zu zerkleinern. Nach einer anderen Meinung sollte damit ein Filterapparat gestützt werden. Beim Tod des Tieres wurden die einzelnen Elemente voneinander getrennt und meist einzeln – sehr selten in Zusammenhang – im Sediment körperlos eingebettet. Erst in jüngster Zeit wurden in Schottland die ersten Abdrücke des dazugehörenden Weichkörpers entdeckt. Danach war das Conodontentier ein 3–4 cm großes fischähnliches Wesen, das am ehesten mit kieferlosen Schädeltieren (Craniaten) vergleichbar ist.



Verschiedene Formen von Conodonten aus den Karnischen Alpen

#### Tentakuliten

sind schlank und kegelförmig, die kalkigen Gehäuse sind meist nur mm-groß. In einzelnen Schichten, so wie hier, treten sie in ungeheuren Mengen auf; man spricht dann von Tentakulitenkalken. Sie sind aber so fest im Kalk eingeschlossen, daß sie nicht wie andere Großfossilien mit dem Hammer herausgebrochen werden können.

Wie viele andere Tiergruppen aus der erdgeschichtlichen Vergangenheit, sind auch die Tentakuliten längst ausgestorben. Die Wissenschaft steht daher vor einem Rätsel, mit wem diese winzigen Tiere eigentlich verwandt sind und wie sie lebend ausgesehen haben. Das spitzkonische Gehäuse ist innen hohl und meist glatt, auf der Außenseite weist es hingegen deutliche Ringe auf. Seltener sind glatte oder längsgestreifte Schalen. Die Spitze ist kugel- oder tränenförmig und vom Rest des Gehäuses etwas abgesetzt. Form, Größe und Verzierung des Gehäuses haben sich über 50 Millionen Jahre weltweit sehr rasch und zur gleichen Zeit verändert. Einzelne Arten können daher sehr gut kurze Zeiträume kennzeichnen. Mit ihrer Hilfe (z. B. der Gattung Nowakia) lassen sich daher Gesteine gleichen Alters über Kontinente hinweg gut miteinander vergleichen.

Die Kippung der Gesteine aus der Horizontalen ist das Ergebnis von gebirgsbildenden Gesteinsverschiebungen in der Steinkohlenzeit. Sie waren im gesamten Gebirge wirksam. Ältere Gesteine kamen über oder neben jüngeren zu liegen, sie mischten sich so weit, daß sie in der ur-



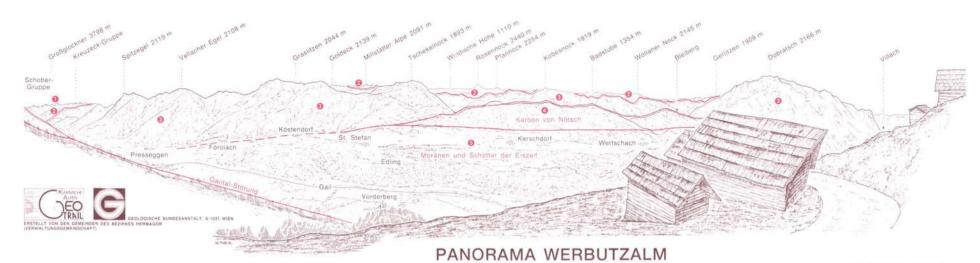
Vergrößertes Tentakulitengehäuse der Art Nowakia acuaria

sprünglichen Reihenfolge ihrer Entstehung nicht mehr zusammenpaßten. Einzelne Teilbereiche, wie hier entlang der Straße, wurden hingegen nur gekippt und nicht gegeneinander verschoben. Dadurch blieb die zusammenhängende, über einen Zeitraum von 130 Millionen Jahren abgelagerte Schichtfolge geschlossen erhalten.

#### Alter

Erdaltertum, Ordoviz- bis Karbon-Zeit; 450-320 Millionen Jahre. Der mittlere Abschnitt mit den bunten Kalken wurde in der Devon-Zeit zwischen rund 400 und 360 Millionen Jahren gebildet.

SILUR		UN	TER	DEVO	N			MI	тте	L D	ΕV	0 N
0 3	20 m –	30 m —	40 m —	50 m —	60 m –	70 m —	80 m –	90 m -	1		110 m —	120 m —
Wechsellagerung von schwarzen Kalken und Schiefern Graue löchrige Kalke	Graue Flaserkalke			Rosa Kalke und Kalkschiefer		Kalkbrekzie	Rosa Flaserkalke und graue Plattenkalke	Tonige Kalke und Crinoidenkalke		Schwarze Lydite Kalke mit Lyditlagen	Mergeikalke	Mergelkalke Korallen-Stromatoporen-Kalkbrekzie
Geopunkte							Kalken	lige am t				







An dieser Stelle befinder ein uns nahe dem Dissende zur Kannschnen Alber. Teil John uns legt das Galtas Einer Heilignaum Mauer geicht erhein zuch sahnten der Xulik Heilignaum Mauer geicht erheine zuch dahren der Xulik Heilignaum Anzugen dem Massen der Villacher Albeit der Obsen- Am Horzont Stännber erholken ein seiner kannen eine weister Klaimss. Die im Oster mit dar Geritze beginnt über Wolfannen Wook und Todonnock zur Ministater Albeit der Geritze beginnt die Weister von der Stehen werden der Auftrag der Weisterbeit Gründere und der Schoder der Auftrag der Weisterbeit Gründere und der Schoder der Stehen der

Uses Standplate leigt in der Südabem Vor uns beidt sich merkalb der Ostspen im Stude Zertallaben ihr Das Landschaftsbill in der Spegie der am Aufbau de Berge befolgigte sich umsenheitlichen Gestellen Zuchnen geologische Shukturen rach die einem besimmt mit Musfel übgen, das ein einwinnen und ordnen währe Aufbau der der Sieden der Sieden von der Studen von der Sieden von der Studen von der von der Studen von der von der

Die Albeit sind ein geeinigsch sich komptizierreit Gestrige An indem Auftrau betringen sich Gesteine aller Art und sehr verschalderen Altere Die alteiten Gesteiner sechten abeb weit über der Schalbeit auf der Schalbeit auch der auf sich Mehmat Nach mer Erickenhorig in weit aus mit auch der Schalbeit der Schalbeit auch der Schalbeit aus der lagen, auf den sie durch sählnenden Kräfte zusammenge, schoben und in Form von Gesteinapsachen so überseinan dengestägelt, auf meht fach Antere auf Jungenem zu liegen kam. Die ursprünglichte Beder von Liber 1000 Am schungfte siche auf knapp 150 von zusammen! Im Versaule, von Gebrigsbedungen kam ein stielt auch offein au Gestemssimwandungen infolge inviliniser Durchbewegung und Einwerkung höher Drubke und Yamportalizent
Dabei Auste det im Weer abgelingene Gesteinsschlamm missamt den diem ermatieren Fizialieren in Volletandung versindert. Nauer kristalieren Gesteine einstanden, deren Uisamon haufer Palaken aufhalte.

Mr. der Mochtebung der Gestene wuchts das Gebrigs zur hausgan Droße. Diese Vorgunge fanden erkt in der ergangenen 20 Millionen Jahren stall und daken in abgeschrachter Form felnhöste noch haufe all Gleichteels, sichtlichte Gestender und Altragung sersyer Schalbnassen en Darp kart die Wicklung der Essael die so die allem sich auf vor uns leigendeil Hoofflather und 31 Stefan desubnis-Spurich klassessen hat. Diese Abligerungen von Bründ-

legar versuzzici Sedimentijastelini ilik Suzzugen dali diesa Bergie auch in Eromitiatalise vom Meer überlituti waren. Versitänser war dei Magresechfluß hingogen in jener Zone, der breibe als Galifaler Alpen au Stark ili Erscheinungbitti (b). Urbei den Mitziesen-und Scholisthuser von St

Siefan regen be eberrfan suf stem Gesternsmattens aus dem Erssiferium dat und in zeer Verstaten erngegennte. Einerstat auf dem Erssiferium dat und in zeer Verstaten erngegennte. Einerstat auf dem dem Verstammers zum Verstammershalten dem Verstammers zum Verstammershalten dem Verstammer

Dalomatmagnen auf die Arenseht gewältig serform sind.

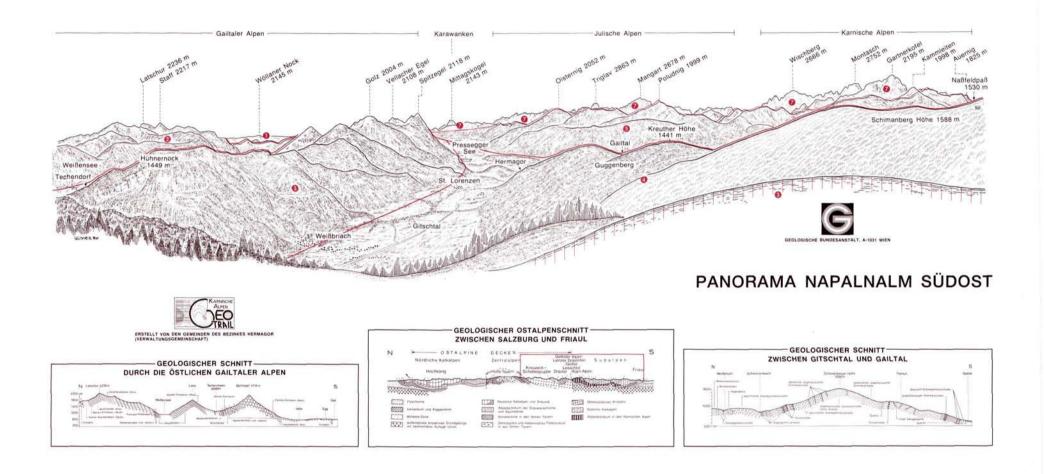
3 Sie stammen aus der Thier-Zeit zu Beginnt des Erdmeletaturs. Ein gestägescher Jachnit durch der Spitzeugzeit Einzelneiser unz die Namen der verschriebenen Gesteine.

Am fu'll der Karmschen Alpen versielt in Chil-Veter Richtig eine Bruschhen der des Gedeben von eine Zunntallichen einem Klieder in der Zunntallichen tereint Kliede des der Geschlichten auf andere Versiehung der Kontrolle in Kliede der Ausschlichten aus die zu 5000 mit deben auch des zustellen Versiehungsberein Mehr der Versiehung der Stelle der Versiehung der Stelle der Versiehung der Stelle der Versiehung Auch der herer uns leigende Gefte inte Chstering besteht anzug der Versiehung der Versiehun

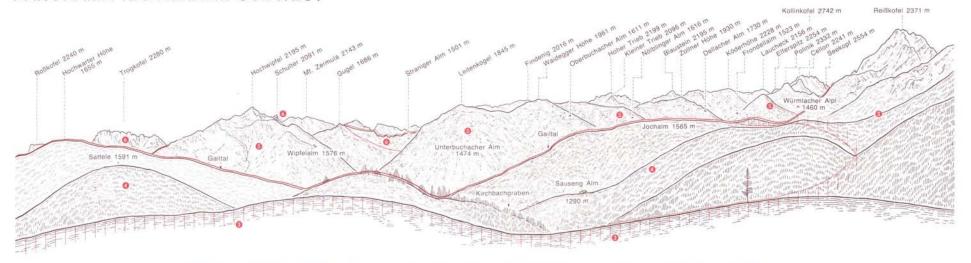
### ALTERSTABELLE DER GESTEINE --IN DEN KARNISCHEN ALPEN







#### PANORAMA NAPALNALM SÜDWEST





Auf der Napatralin befinden wir inn, sief einem die seichenten Ausschräppinks im Baurik Hermagne. Wir über bischart das Galtati in seiner vollen Lange, mit den Kam-achen Alpen von der Hehnen Warte im Westeln bis zur Ganachen Alpen von der Hehnen Warte im Westeln bis zur Ganachen Ann im Osten. Daram schließten die Westhurswansen an, deran Haudsgield, der Mittigabogel, zugelsech ein 
sein zur Stigweiter und Frausi, die Juliachen Alpen mit vernalt auf Stigweiter und Frausi, die Juliachen Alpen mit verein markantan Gigfale.

umler ume eggl Weinbreich der Haupfort des Gelachte Das Indichte ein Das Indichte Sonethal mit der Gagter durch den be verlichen Höhenrucken des Goggendering, der Reutlie est auf der Sonethalte der Gagter der Gelachte der Sonethalte der Sonethalte der Sonethalte der Sonethalte des Gelachte des des Sonethalte des Goggenders vertickst, leigt der Weifenses einem zu mit der Sonethalte in der Genart Tahlunche Dahmier einschnen Aufläsenstatig weißere Kamme, der der hohoriter einschnen Aufläsenstatig weißere Kamme, der der hohorite schannen Sonethalte der Auflichte der Weifenses Erfedung im Jasobert der Gelachte des Mindottes der Findung im Jasobert der Sonethalte der Gelachte des Mindottes der Mindotte der Gelachte der Gelachte des Mindottes des Gelachtes des Gelachte

Einer ungewonsten Anblock biefel der Reillkoffel janen Behalchen, dei ihn nur vom Galital her kennen. Die waldreichen, sanft geschwungenen Vorberge mildern die Steiheit seiner gefährlichen Siedfranke und laden geratiezu zum Bestiegen von Osfan her ein.

Die Vielfalt der vor uns ausgebreiteten Landschaft ist ei

Speugsthat des Unterprundes We bahnden uns in den Gertrafelden und sehen über des Glätlet Niverg in die Stüdtigen. Damit überblücken wir zeischen Satzburg und der Adna eine de halbe Bertre der Algen. Durchwundern wir ze von Norsen nach Süden, so gueren wir nentrers Gestlemazzens, die dezen Taul der Algen aubsiden. Sei Gestlemazzens, die dezen Taul der Algen aubsiden. Sei Gestlemazzens der der der der der der der vereinfacht aufgestellt, der überblückbare Ausschalt ist not ammandet.

Die Nohen Tauern im Norden bilden gleichtsam das Rückgrist die Ostatigen. Heir Bleden vor zwar die hochselen Grübel, doch nicht die allbeiten Gasteine. Es handelt sich am schmedige Abbagnungsgratene aus einem gaur Südeuropa einnehmenden Meer, die Inbige stärket Druch- und Temperatureinnehmungen zu kristaltiene Schelleren untgewändelt wurden. Daber vertrein ser tast alle primärene Merkmalle. Angere Gasteines auch ore sillem Grünen. Sie blidoten unch abernfalls mit der Tiefel und pährhere sich anschhiellend den Weg an sille Ophräche.

Neben desan begen Hauptruggen hoten av zahter der wohre alle eine Jung August gestellt auch Hohen Fauern. Die älberen naber immerstens zweit Gebrigsholden gen hinnle sinn, mei im Erdalterum und einer zweite im Fertar, Gemeinsam ist allen Gestennen, dalt sie sich nicht mahr in ihnen ehemaligen Bildungstumert behinden die unsprünglicht notzanfal geschichteten Gestellner wurder ansicht umte seinlichen Durch zusammerligenzeit verfalrieten sort und abtellen sich im uns übergrander Wie Spillsätzer wurden Partier übereinanderigenstaget in Spillsätzer wurden Partier übereinanderigenstaget in sein son der den der der den der den sein der den spillsätzer wurden Partier übereinanderigenstaget in sein son der den der der den sein der den spillsätzer wurden Partier übereinanderigenstaget in sein son der den sein den sein der den spillsätzer wurden Partier übereinanderigenstaget in sein sein der den sein der den sein der sein sein der den sein der den sein der sein sein der den sein der den sein der sein sein der den sein der der den sein sein der den sein der sein sein der den sein der den sein sein den sein der den sein sein den sein der den sein sein der den sein der den sein sein den sein der den sein sein den sein den sein der den sein sein den sein den sein der den sein sein den sein den sein sein den sein den sein sein den sein sein den sein den sein sein den sein sein den sein den sein usammenhang mit dem Untergrund ging dadurch verlo-

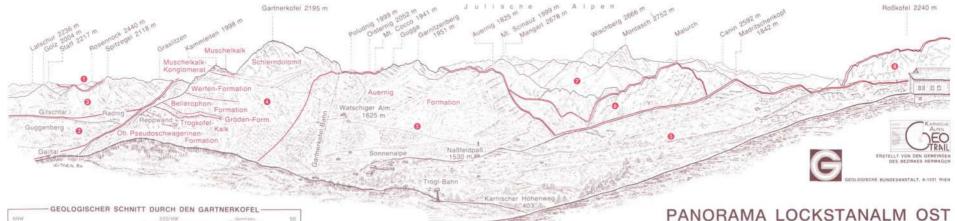
Die Alpem sind ein aus Diecken bestehendes Tabeling, in dem aum Gestehen nicht nach Os samer Entstatung liegt. Riestige Diesteinspäakels wurden vom Untergrund singeleist, nach Nortries Reweigt und über andere – meist Jingere Gestene überzeboben Die "Delatignen Decker" im Soulien bedahen wir wirteren Tall Neudekahelinich aus Anstalliniens Gestensen, deren Umwandlung im Erdelfertum erfolgten Darüber Negen gingere, wenigen deformarie Scheheter, die in die Hauptbache aus der Fries-Zeit zu Beginn des Erichtlanties dammann. Sie wirden im Meer ängliggert, dass

Den komplizierten Bau und die Verschledenheit der Gasteine zeigen wir in zwei weiteren geologischen Schnitte duch den Spitzegel und den Rucken zwischen dem Grach- und Galital, Was hier für den Nichtkenner als einheitlichen, nicht wielter unterscheidbares Gesten erscheinort mag, stellt sich nach gründlicher Detailunterauchung als eine aus verschnidensten Gestsinstypen bestehende Zone heraus, die in sich seht Nomglietzt gebtaut ist.

Stellich des Galifales Inden wir etwas andere Verhältnisse vor. Während der Nordleil der Kamschen Alpen aus Meresabliagerungen des Erdarterums besteht, finden wir südlich davon Gesteine aus dem Erdmittelatter. Zui-Poobens hin warden zie immer jüngeri achtrefflich finden wir Ablagerungen der Gegenware.

So wie im Norden der Galt, ist auch die heutige Fore auf Südigen das Engelns von zwei Gelterpüblichungen einer älteren in der Steinkohlenzeit, dem Karbot, vor nun 320 Möllenne Jahren und sine jingesen in der ilesten 65 Millionen Jahren. Ihre Auswirkungen sehen wir am deut, Ichtahn in der Umgebung iste hallatispassass, Heir leger die von der alteren Gebrigsbildung betröffnenn Gesteine sine aufgelichtet, gewicht und einenandergenetigt an der Northeilte der Gebrigsbildung betröffnenn Gesteine sine aufgelichtet, gewicht und einenandergenetigt an Perinstellt der Gebrigsbildung betröffnenn Gesteine gefalgstrichtet, gewicht der Genanden Schlatter. Falze gefalgstrichtet, gewicht der Gestabten, und Perm-Zeil Cogreispist nicht diesem Sockelgesteinen die jüngerer Schlotten zu Beginn der Geerkanton, und Perm-Zeil Cose einden am Natfeld in der Traus-Zeit zu Beginn des Erst interfallerer. Der Gartherkofel ist der beste Zeuge aus, die auf Zeit, der Tropkofel ebenfalls, obwehl er erfess ätzer ist Einige kin weiter im Suden- schieden auf stallenischen Statapsbelle (junger Gesteinen auf gel.).









Dis Panorema ist die Forsetzung des Bildes auf dei Westselde der Teirasse. Wir sehen von den Bergen Oberkamtens über die Galialer Abei in die Südebeit über nichte Bijdet in den Julischen Aben der Mangart Montake Bijdet in den Julischen Aben der Mangart Montake und Canin sind. Dahnter sentil sein ses Gettings zur

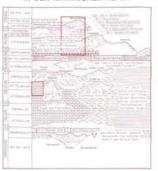
Norden nach Süsten ansehen Rot umweidet ist itam ibt von umweide Standquickt aus sichtbare Bereich. Am Horzori retrotekt ein schiemennatt die Nockberge Dienkantens. (§) Sie entstanden in der Sterkkohlerzeit von mindsteren 2026 Millichen Jahren. Am ihren Auftab beteitigen sich sixtaline Gestane, wie verschredene Dimerschiefer, Geneap, Guarzie und Grunscherfer, selbner sind Grante. Alle Gestanen einer Infenses verändert, da sich eines Horzorie um Verschieden zu der sinde Dickes und Emprehander einem Verändert, da sich seiner Gestand und Verschieden und Verschieden und eine Verschieden sich sehen der Verschieden und Verschieden der Verschieden und Verschieden und Verschieden und Verschieden und verschieden und seinem einem Zeit an Webengebeit mit weiter der Verschieden und verschieden und verschieden und seinem einem Zeit zu der Verschieden und verschie

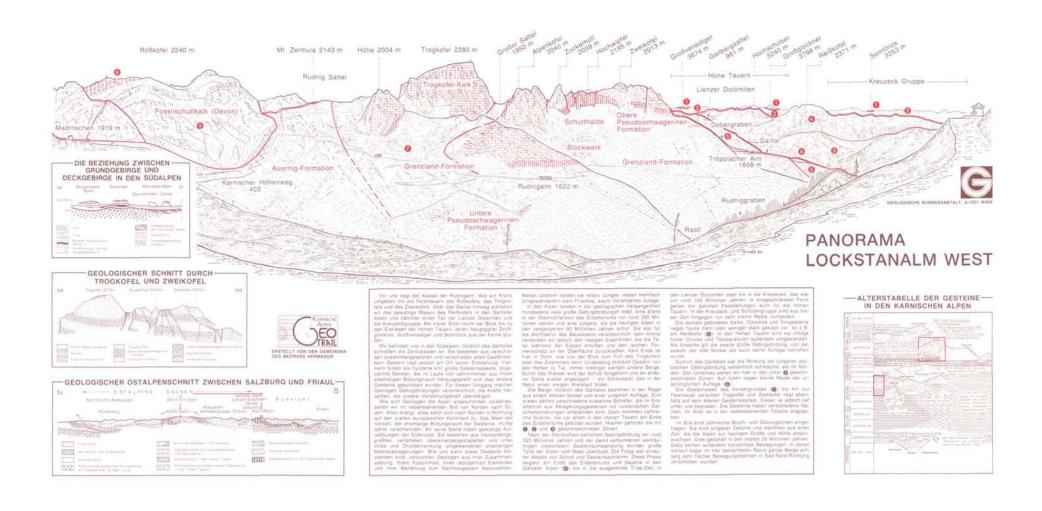
fer oft sogar senkrechter Stellung entgegen, in einigen Fallen eind bestimmte Scrichten meinlandengeprecht beer Fairer eine bestimmte Schichter meinandergebreit) beit wiederheite eich – das sit das Engebins der allenner Ge-birgebildung die in den vergangenen 80 Millionan Jähren den heutigen Alpenhau Schut. Studich des Galitates unterschieden wir in den Karre-

fem.

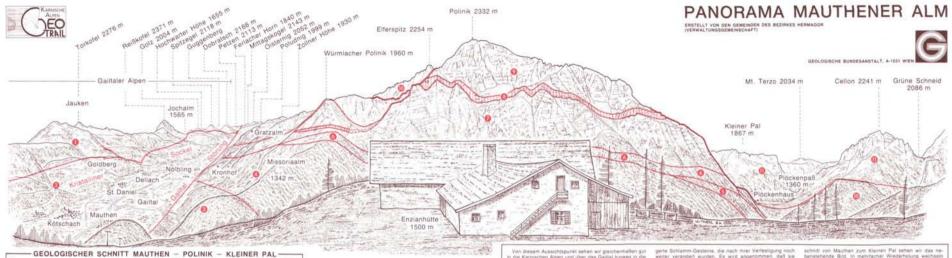
In der Umgebung des Neißlede Regen die jüngsten Gesteine am Gefol des Gartnersches. Sie haben des ehren
digs Alter von und 200 Missene Jahren. Alles, was einmat darüber lag, sich also nach dieser Zahl dorr gebildet
hate, ist langst abgetragen und aus unseren Gegend verschwunden. Nur südlich der Staatsgenze sit dies nicht die
AB. Wir Ninder heir kontinusstrich jüngen Gastelnie fals hin
au Bildungen der jüngsten Vergangenheit (i). um extensich in
cht am Strade der Anzie auf dem Inkthon Heist des einhätigen

#### -ALTERSTABELLE DER GESTEINE-IN DEN KARNISCHEN ALPEN













-ALTERSTABELLE DER GESTEINE-

Von desem Aussichtspunkt sehen wir gleichermaßen gut in die Karmischen Alpen und über das Ganlah inweg in die Zentralatigen. Wir gewinnen seinen klaren übertlick, über den geologischen Bau und die Gesternweit der Anheren Lumpbung, aber auch über den Zusammenhang der ein Heher Tausern, Geologische Scheinte duch des Gebrige heifen uns, den Bau leichter zu verstehen. Die Bereig eineselt soe Gallaties sind nicht an den Stellen entstanden, an denen sie alsch heute berühnen. Sie han einer lange und aberehäutellse sind nicht an den Stellen entstanden, an denen sie alsch heute berühnen. Sie han einer lange und aberehäutelgerseche Geschnicht von den einer Leine und aberehäutelgerseche Geschnicht von eine siehe der Stellen eines der Stellen eine siehe der Stellen eine siehe siehe

gesamt seeings zu meinigen Lindow inn neue ausgesche Mit Gem Verschwinden des Glescherreises von erwa 10.000 – 12.000 Jahren war schließlich das Land fetig Schonleritume, Morzinen und Glockeleize, die ein sit ein-senhalte angewichtene Gletischer aus dem Gebrigs her-ne verfallcher Werte über die Feisberkrafte unter dem aufgeschotleren Galioden. Sie dürfte aber chlich hahe 200 m unter dem heutigen Taloden liegen. Das ief eingeschotlene Valerintrali unter uns hernt die Maußener Alm vom Polienkansse, im gebliogischen Guer-

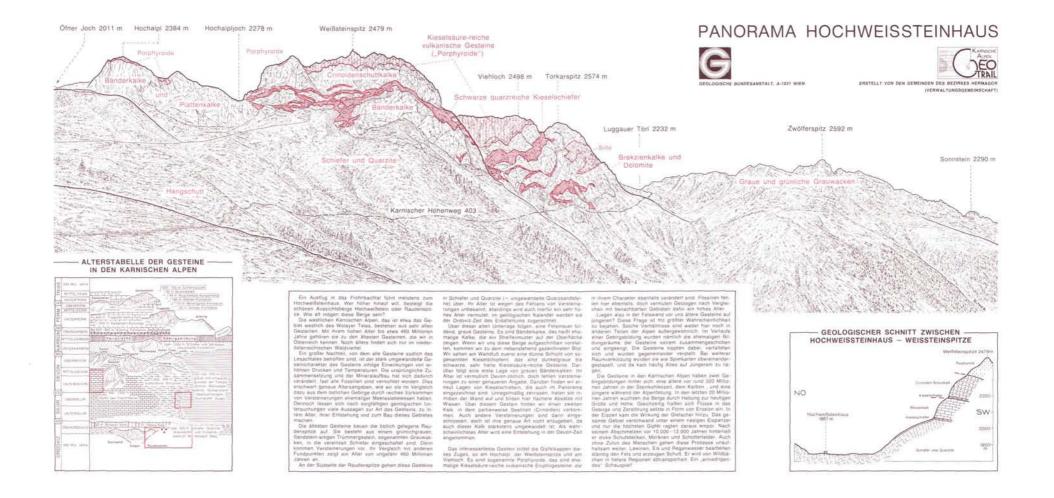
schnitt von Mauthen zum Kleinen Pal sehen wir das neheutigen Alpen schut

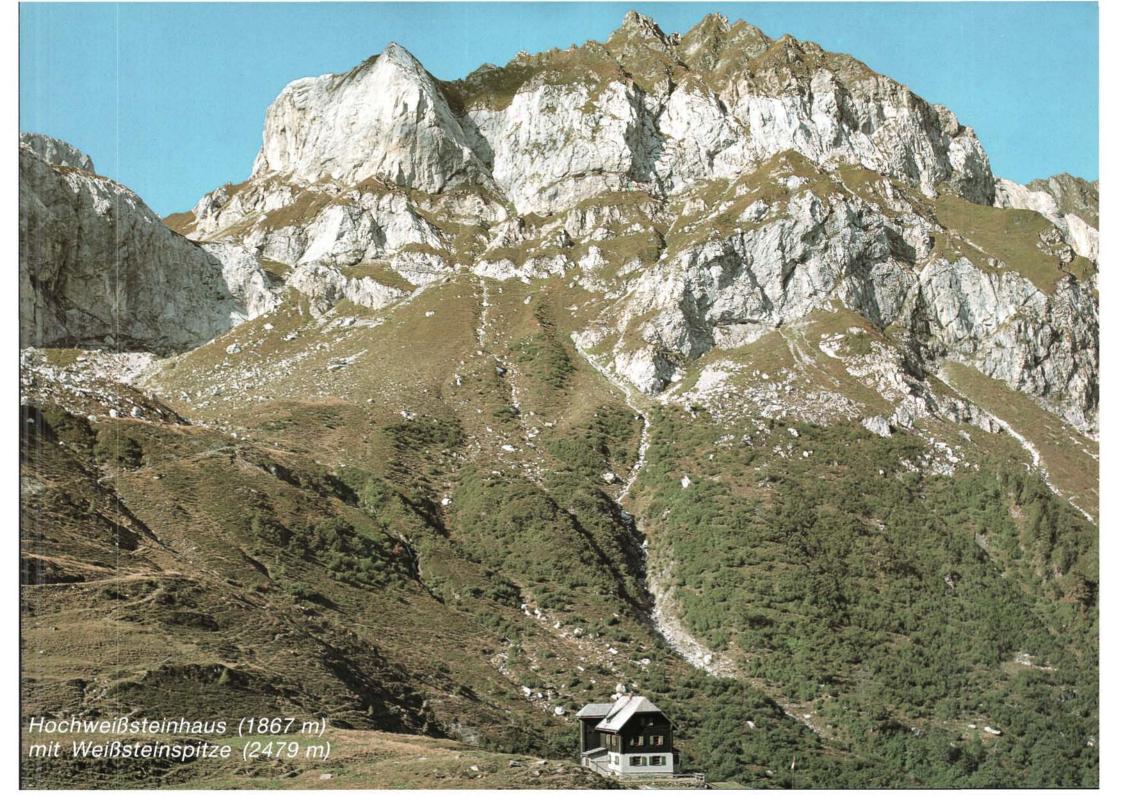
Polinik, die aus einer zweifschen Wiederholung von schichteten hellen Dolomiten bestehen ( ). Ger

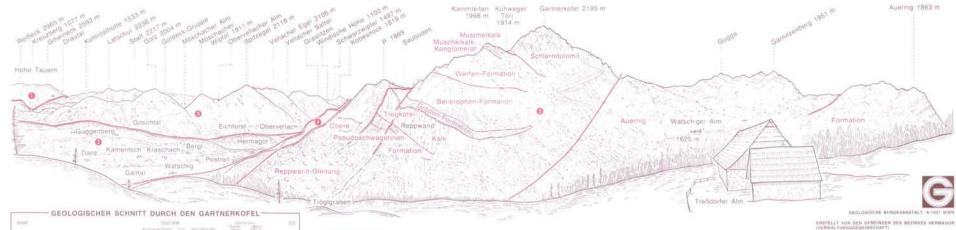
Dazu kommen umtrauchungen zur Emiserungsgestenten der verschiedenen Ablegeungsgestelner, Gellande und La-borergebnisse zusammen ergaben ein recht genause Bild über die Architektur dieser Gaberles, immöglichter Einblik-ke in das Innenligben des Gebirges und erlaubten eine bis n vielle Einzelheiten rezichende Rekonstruktion viele Millionen Jahre zurückliegender Zeitraume in der Umgetzung von Kotschach-Mauthen.













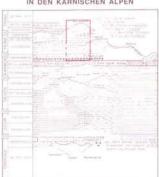




#### PANORAMA TRESSDORFER ALM

Die Urschie von Geleigsbildungen legt im Beregonandie Praction an der Erobbertlache ausdrüteren. Nie zur Ausdrüteren der Patton an der Erobbertlache ausdrüteren. Nie zur Ausdrüteren der Berton an der Erobbertlache ausdrüteren. Nie zur Ausdrüteren der Schaffen der Botte und Beregonan der Ausdrüteren der Schaffen der Von der von der Von der der Von der Von

#### ALTERSTABELLE DER GESTEINE-IN DEN KARNISCHEN ALPEN





# Fossilienschatz – Fossilienschutz

Die Karnische Region ist ein Eldorado für Fossiliensammler. Überall treffen wir stumme Zeugnisse aus der fernen Vergangenheit, die von einem einst blühenden Leben in den Ozeanen oder am Festland künden. Wir finden sie als Schale, Abdruck oder Steinkern, einzeln oder zuhauf in einem Massengrab, im Tongestein, Schiefer oder im Kalk.

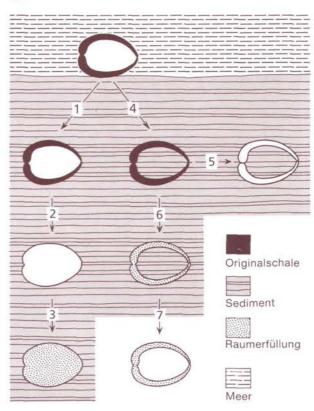
Wie jeder Rest einstigen Lebens, haben auch Versteinerungen Anspruch auf Ruhe nach dem Tod. Grabschändung und sinnlose Plünderung und Ausbeutung einer Fossilfundstelle zu eigennützigen Zwecken ist verachtenswert und Diebstahl an der Natur. Die Schätze, die sie birgt, werden zerstört und gehen letztendlich für immer verloren. Versteinerungen sind nämlich keine Blumen, die im nächsten Frühjahr erneut zu sprießen beginnen. Sie wurden deshalb unter Schutz gestellt.

Fossilien spiegeln ein Drama wieder, das in der Natur über Jahrmillionen zwischen Sterben und Wiederentdecken abläuft. In dieser Zeit setzten Veränderungen ein, die zu unterschiedlichen Erhaltungszuständen führen können. Wenn beispielsweise eine Muschel versteinert, wird zu Beginn die organische Substanz der Weichteile zerstört. In der Regel werden nur Hartteile fossil überliefert; die darin ebenfalls vorhandene organische Substanz wird im Laufe der Zeit sukzessive durch anorganische Stoffe ersetzt. Am Beispiel der leeren Muschelschale sehen wir im folgenden, daß sie in verschiedenen Erhaltungszuständen vorkommen kann:

- Die Schale wird im Sediment eingebettet und kann als solche später ausgegraben, freigelegt und in den Anfangszustand zurückversetzt werden.
- Wenn die Schale aufgelöst wird, hinterläßt sie im Sediment einen Hohlraum. Das Ergebnis ist ein Negativ-Abdruck der Schalenoberfläche im umgebenden Sediment.
- Wenn sich dieser Hohlraum mit anderen Substanzen füllt, entsteht ein Steinkern, der die ursprüngliche Form der Schale abbildet.
- In diesem Fall wird auch der Innenraum der Muschelschale von Sediment ausgefüllt.
- Nach dem Auflösen der Schale und Auspräparieren des Fossils erhält man einen Innenund einen Außenabdruck der Muschelschale.
- Wird die Schalensubstanz durch ein anderes Mittel ersetzt, kann man die fossile Schale in ihrer ursprünglichen Form durch Entfernung des umgebenden Materials gewinnen – das ist
- ø eine echte Versteinerung!

In der Karnischen Region ist die Originalschale kaum erhalten. In der Regel, vor allem im Kalkgestein, ist die ursprüngliche Schalensubstanz durch andere Stoffe ersetzt. Wir finden also vorwiegend echte Versteinerungen. Im oberflächennahen Schiefergestein ist meistens auch dieses Material gelöst, sodaß nur rostbraun imprägnierte Innen- und Außenabdrücke der Schale ⑤ übrigbleiben. Sie sind mehr oder weniger stark durch Gesteinsdruck deformiert. Blätter und

Wedel aus der Steinkohlen- und Permzeit werden vor allem in feinkörnigen tonigen und siltigen Gesteinen überliefert, in dem sie durch die Sedimentlast auf das umgebende Substrat überprägt werden. Dabei bleiben häufig feinste Details des Blattumrisses oder der Nervatur sichtbar.



Mit dem Inkrafttreten des Kärntner Naturschutzgesetzes 1986 sind das Eigentumsrecht und die Bestimmungen des Natur- und Landschaftsschutzes zu respektieren. Das Aufsammeln von Fossilien aus dem lockeren Gestein ist erlaubt, solange ihre Gewinnung mit dem üblichen Werkzeug wie Hammer und Meißel erfolgt. Lose in einer Halde vorkommende Fossilien dürfen unbehindert aufgesammelt werden. Der Einsatz maschineller Einrichtungen zum Graben, Spreng- oder Treibmittel oder sonstige chemische Hilfsmittel sind dagegen nicht erlaubt.

Nicht selten machen Sammler Zufallsfunde, die dem Spezialisten trotz langen Suchens nicht glücken. Solche außergewöhnlichen Funde, die aufgrund ihres Ausmaßes, ihrer Größe, Vollständigkeit oder anderer Fundumstände von besonderer wissenschaftlicher Bedeutung sind, sind meldepflichtig. Sie sind der Landesregierung (z.B. über den Naturwissenschaftlichen Verein für Kärnten, Museumsstraße 2, A-9021 Klagenfurt) oder der Geologischen Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien, anzuzeigen.



#### Idylle am Bodensee an der Auffahrt zum Naßfeld (links) Ruhelose, dynamische Erde (rechts)

Felssturz in der Steinwand im Lesachtal, ausgelöst durch das Erdbeben in Friaul am 15. September 1976. Minuten später ist das Obergailtal in Staub gehüllt. Er verschwindet nach kurzer Zeit, zurück bleibt die Wunde in der Wand.



# Dank

Das Projekt "Geo-Trail" ist eine Gemeinschaftsarbeit zwischen der Verwaltungsgemeinschaft der Gemeinden des politischen Bezirkes Hermagor und der Geologischen Bundesanstalt in Wien. Vorleistungen - die geologischen Kartenblätter 197 (Kötschach) und 198 (Hermagor) betreffend wurden von der Geologischen Bundesanstalt in den Jahren 1980-1985 erbracht. Diesem Kartenwerk wurden auch die vier beigegebenen Detailkarten 1:10.000 entnommen und geringfügig abgeändert. Reprotechnische Arbeiten durch die Herren S. LASCHENKO und A. JILKA, die Verfügbarkeit des hauseigenen Lichtsatzgerätes und der Zeitaufwand des Autors kamen ebenfalls von Seiten der Geologischen Bundesanstalt dem Projekt zugute. Alle genannten Arbeiten wurden von der Direktion der Geologischen Bundesanstalt unter Direktor HR Prof. Dr. T. E. GATTINGER mit größtem Verständnis aefördert.

Für diverse fachliche Hinweise sei folgenden Personen herzlichst gedankt: Doz. Dr. D. v. Husen, Wien; Prof. Dr. E. Flügel, Erlangen; Prof. Dr. A. Fenninger, Graz; Dipl.-Geol. B. Fohrer, Erlangen; Doz. Dr. H. Jaeger, Berlin; Prof. Dr. F. Kahler, Klagenfurt.

Die Druckvorbereitung aller Tafeln und des Buches lag in den bewährten Händen von Dr. A. DAURER und D. MASSIMO (beide Geologische Bundesanstalt). Sämtliche Illustrationen wurden von L. LEITNER, Krems, gezeichnet.

Das Projekt "Geo-Trail" hat einen Kostenrahmen von öS 1.250.000.—. Dieser Betrag wurde gemeinsam von allen 7 Gemeinden des Bezirkes, dem Land Kärnten (Bedarfszuweisung der Gemeindeabteilung und des Landesfremdenverkehrsamtes) sowie durch das Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie im Rahmen des Finanzausgleichgesetzes (Innovative Fremdenverkehrsmaßnahmen durch Zweckzuschüsse des Bundes) aufgebracht. Allen genannten Stellen sei herzlichst gedankt.

Die Koordinierung und Administrierung aller Arbeiten erfolgte durch die Bezirkshauptmannschaft in Hermagor. Die Hauptarbeit lag hier in den Händen von Herrn Bezirkshauptmann Dr. S. TRATTNER und seinen Mitarbeitern, den Herren J. HABERLE, Ing. H. EDER und B. SCHRETTER. Für die hervorragende Zusammenarbeit sei hier aufrichtig gedankt.

Ebenso ist es mir ein Bedürfnis, allen Bürgermeistern für ihr Verständnis und ihre Unterstützung des Projektes zu danken. Es sind dies die Herren H. FERLITSCH (St. Stefan/Gail), V. RAUSCHER (Hermagor), G. WASTIAN (Gitschtal), G. TRAAR (Kirchbach), J. PIBER (Dellach), Dr. E. HERMANN-MARCHER (Kötschach-Mauthen) und I. BRUNNER (Lesachtal).

Von der Idee bis zur Fertigstellung eines so umfangreichen Projektes ist bekanntlich ein langer Weg zurückzulegen. Dies trifft auch auf den Transport und die Installierung der insgesamt 85 Tafeln im oft hochalpinen Gelände zu. Diese Arbei-

ten wurden unter mitunter größten körperlichen Anstrengungen in den nachstehenden Gemeinden von folgenden Personen ausgeführt:

Gem. St. Stefan/Gail: M. LACKNER, S. SCHUPP.

Gem. Hermagor: H. SCHUBERT, J. JARNIG, W. TRUTSCHNIG.

Gem. Gitschtal: W. KUCHER.

Gem. Kirchbach: K. FILLAFER, F. LAMPRECHT.

Gem. Dellach: A. LORA, J. SALCHER.

Gem. Kötschach-Mauthen: E. HECHER, F. HOFER, P. LAMP-RECHT, J. PLONER, J. SCHMID, H. WINKLER, G. ZEITLER. Gem. Lesachtal: J. FALTHEINER, E. KAMMERLANDER, P.

KERSCHBAUMER.

Für die Erlaubnis, die über 80 Tafeln im Gelände aufstellen zu dürfen, sei den jeweiligen Grundbesitzern bzw. der entsprechenden Nachbarschaft in den einzelnen Gemeinden des Bezirkes aufrichtig gedankt.

Allen am Projekt beteiligten Personen und Institutionen sei hiermit höchste Anerkennung und Dank ausgesprochen.

Wien, im Dezember 1987

# Weiterführende Literatur

- BREUER, P.: Ein Anfang und kein Ende. Geo. Das neue Bild der Erde, 11/1988, Hamburg (Verlag Gruner & Jahr) 1988.
- BOSCHKE, F. L.: Die Welt aus Feuer und Wasser. Stuttgart 1981.
- CLARK, S. P.: Die Struktur der Erde. Stuttgart 1977.
- DABER, R. & HELMS, J.: Fossile Schätze aus Museen und Sammlungen. Frankfurt/M. Innsbruck (Pinguin-Verlag und Umschau-Verlag) 1981.
- Die Entwicklungsgeschichte der Erde. Frankfurt/M. 1985.

  DAVIES, P.; Was in der ersten Sekunde nach dem Urknall geschah. PM Perspektive Weltraum, München (Verlag Gruner & Jahr) 1986.
- Der gezähmte Urknall. Zeitmagazin, Nr. 32, Hamburg (Zeitverlag) 1988.
- DOTT, R. H. jr. & BATTEN, R. L.: Evolution of the Earth. 3. Auflage, New York 1981.
- GAERTNER, H. R. von: Geologie der Zentralkarnischen Alpen.

  Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, Band
  102, Wien 1931.
- GEORGI, K. H.: Kreislauf der Gesteine. Reinbek 1983.

- HALSTEAD, L. B.: Spuren im Stein. Das Kosmosbuch der Paläontologie. Stuttgart 1983.
- HAWKING, S. M.; Eine kurze Geschichte der Zeit. Reinbek (Rohwolt-Verlag) 1988.
- HOHL, H.: Unsere Erde. 3. Auflage, Frankfurt/M. 1984. KAHLER, F.: Die Natur Kärntens. – Klagenfurt (Verlag J. Heyn) 1975.
- KAHLER, F. & PREY, S.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen. – Wien (Geologische Bundesanstalt) 1963.
- KATZMANN, W. & SCHROM, H. (Hrsg.): Umweltreport Österreich. Wien (Verlag Kremayer & Scheriau) 1986.
- Il Paleozoico Carnico. "Le rocce, i fossili, gli ambienti". Udine (Comune di Udine, Museo Friulano die Storia Naturale) 1983.
- OBERHAUSER, R. (Wiss. Red.): Der geologische Aufbau Österreichs. Wien New York (Springer-Verlag) 1980.
- Ozeane und Kontinente. Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1983.
- PROBST, E.: Deutschland in der Urzeit. München (Verlag C. Bertelsmann) 1986.

- SAGAN, C.: Signale der Erde. München 1982.
- SAGAN, C.: Unser Kosmos. München 1982.
- SAGAN, C.: Der Komet. München 1985.
- Schell, J.: Das Schicksal der Erde. München 1984.
- Schönlaub, H. P.: Das Paläozoikum in Österreich. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Band 33, Wien 1979.
- Schönlaub, H. P.: Steine erzählen aus ihrem Leben. Die Karnischen Alpen. Wien (Geologische Bundesanstalt) 1984.
- SIMPSON, G. G.: Fossillen. Mosaiksteine zur Geschichte des Lebens. – Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1983.
- SUTTON, C.: Wenn Atome erzählen könnten. PM Perspektive Atom, München (Verlag Gruner & Jahr) 1988.
- The Dynamic Earth. Scientific American, Heft 8/1983.
- "Was war vor dem großen Knall?" Spiegel, Nr. 42, Hamburg 1988.
- WEINER, J.: Planet Erde. Schicksal und Zukunft der Erde. München 1987 (Verlag Droemer – Knaur) 1987.

# Fotonachweis

Titelbild: D. VAN HUSEN, Technische Universität Wien.

- S. 11, S. 63: L. LEITNER, Krems.
- S. 12, S. 41, S. 164: R. KANDOLF, Hermagor.
- S. 13, S. 66-67, S. 83, S. 112, S. 133, S. 135, S. 149; H. P. SCHÖNLAUB, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- S. 19: British Museum of Natural History, London.
- S. 53, S. 92: A. SCHUMACHER, Naturhistorisches Museum, Wien.
- S. 57, S. 144: Verkehrsamt Hermagor.
- S. 65: G. FLAJS, RWTH Aachen.
- S. 79: G. NIEDERMAYR, Naturhistorisches Museum, Wien.
- S. 103, S. 106-107, S. 109, S. 156, S. 157, S. 159, S. 165: G. STABENTHEINER, Obergail/Liesing.
- S. 131: H.-J. LIERL, Universität Hamburg.
- S. 154: Fremdenverkehrsverein Kötschach-Mauthen.
- S. 161: W. VERDERBER, Hermagor.



# Geo-Rallye

Geo-Rallye ist ein Quiz, den Sie für den Erwerb des Goldenen Trilobiten beantworten müssen. Die Antworten zu den hier gestellten Fragen finden Sie, wenn Sie mit offenen Augen durch alle 5 Naturpfade wandern.

Nur eine der drei angeführten Möglichkeiten ist richtig – kreuzen Sie diese bitte an. Geben Sie den ausgeschnittenen Bogen bei Ihrem zuständigen Fremdenverkehrsamt ab. Dort wird man Ihnen sagen, ob Sie weiter Hobbygeologie betreiben sollten ...

## Naturpfad Garnitzenklamm

1) Wieviele Brücken queren die Garnitzenklamm entlang des Naturpfades?

5 13

2) Welche Fische kommen im Garnitzenbach vor?

Goldfische Forellen Karpfen

## Naturpfad Naßfeld

3) Wie weit ist der Großglockner vom Standpunkt Kammleiten entfernt?

7 km 150 km 1200 km

4) Aus wievielen Gesteinen ist der Gartnerkofel aufgebaut?

2 70 12

## Naturpfad Zollnersee

5) Wie breit ist der Zollnersee?

15 m 40 m 150 m

6) Was ist eine Seelilie?

Wasserpflanze
Blume
Tier

## Naturpfad Plöckenpaß

7) Wie alt sind die Gesteine der Cellonetta-Lawinenrinne?

700 Jahre 150 Millionen Jahre 400 Millionen Jahre

8) Welche Farbe hat das Gestein entlang des Naturpfades?

blau grau pink

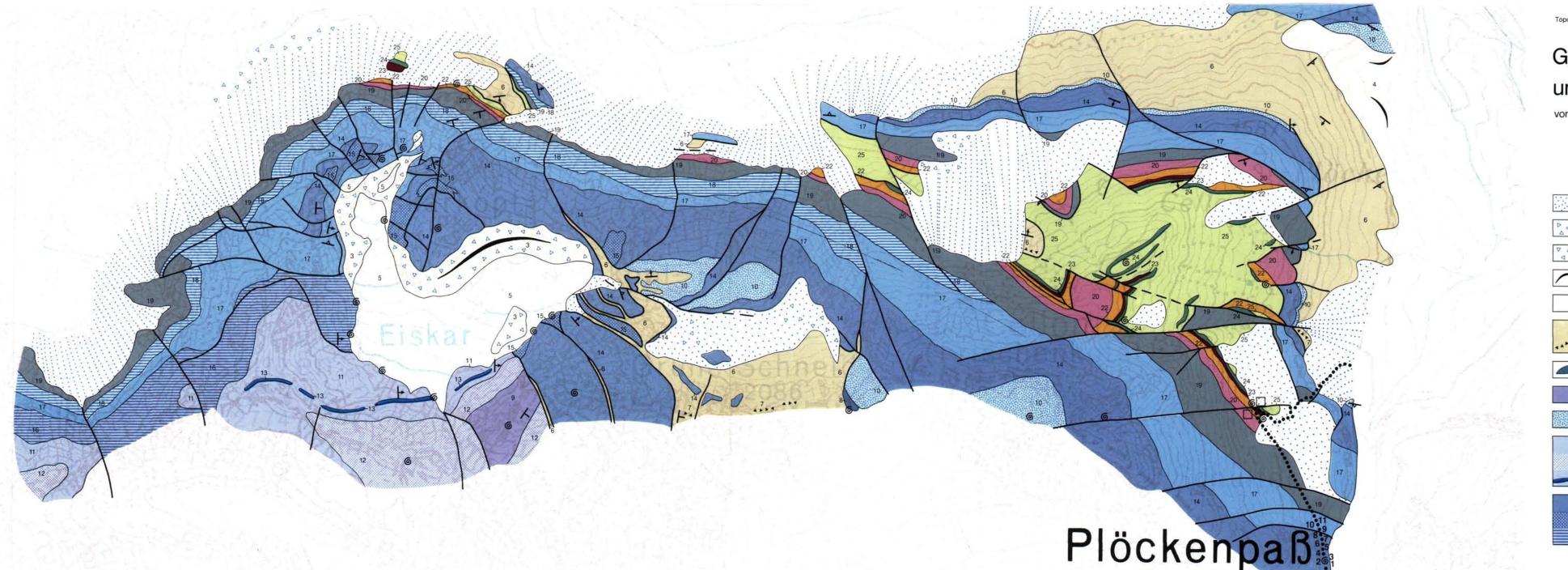
## Naturpfad Wolayersee

9) Welche Größe erreichen die Fossilien am Rauchkofelboden beim Haltepunkt 4?

0,4 cm 15 cm 50 cm

10) Aus welchem Erdzeitalter stammen die Hauptgesteine der Hohen Warte?

Eiszeit Steinzeit Devon

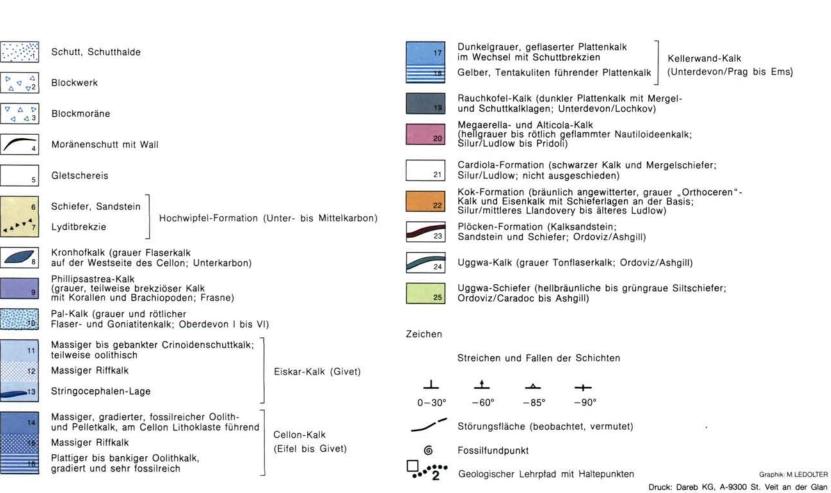


Topographie vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl. L60224/88.

© Geologische Bundesanstalt

# Geologische Detailkarte des Gebietes zwischen Kellerwarte und Plöckenpaß

von L.KREUTZER (Kellerwand, Eiskar) und H.P. SCHONLAUB (Cellon, Plöcken) 1984



#### Topographie verviellättigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl. L60224/88. C Geologische Bundesanstalt

# Geologische Detailkarte des Gebietes um Wolayer See, Rauchkofel und Hohe Warte

Neu aufgenommen von H.P. SCHONLAUB 1971 – 1973

	U	500m
		1 1 1

Schutt, Schutthalde Blockwerk Blockmoräne Moränenschutt mit Wall Plöckener Fazies (Rauchkofel) (Schiefer, Sandstein, lokal mit Pflanzenhäcksel; Unter- bis Mittelkarbon) Hochwipfel-Formation, darin Lyditeinlagerung Hochwipfel-Formation, darin Lyditbrekzie Hochwipfel-Formation, darin Kalkgeröll Cellon-Kalk (grauer organodetritischer Kalk; in der Kellerwand plattig-bankiger Oolithkalk; Mitteldevon/Eifel) (grauer Crinoidenkalk und Tentakulitenkalk; Unterdevon/Prag bis Zlichov/Ems) (dunkler Plattenkalk mit Mergel- und Schuttlagen; Unterdevon/Lochkov) (hellgrauer bis rötlich geflammter Nautiloideenkalk; Silur/Ludlow bis Pridoli) (schwarzer Kalk und Mergelschiefer; Silur/Ludlow; nicht ausgeschieden) Kok-Formation (bräunlich angewitterter, grauer "Orthoceren"-Kalk und Eisenkalk mit Schieferlagen an der Basis; Silur/mittleres Llandovery bis älteres Ludlow) Bischofalm-Schiefer (schwarzer Graptolithenschiefer und Lydit an der Nordseite des Rauchkofels; Silur/Llandovery bis Ludlow) (Kalksandstein, Sandstein und Schiefer mit Fremdkomponenten; Ordoviz/Ashgill)

Jggwa-Kalk (grauer Tonflaserkalk; Ordoviz/Ashgill)

Uggwa-Schiefer (Ordoviz/Caradoc bis Ashgill)

Wolayer Fazies (Rauchkofel-Boden, Seekopf-Sockel, Valentin-Törl) (Schiefer, Sandstein, lokal mit Pflanzenhäcksel: Unter- bis Mittelkarbon) Hochwipfel-Formation, darin Lyditeinlagerung Hochwipfel-Formation, darin Lyditbrekzie Hochwipfel-Formation, darin Kalkgeröll Hochwipfel-Formation, darin Dazitgang Pal-Kalk (grauer und rötlich geflammter und gefleckter Goniatitenkalk; Oberdevon I, II) Valentin-Kalk (grauer Flaser- und Styliolinenkalk; Unter- bis Mitteldevon) Findenig-Kalk (roter Kalkknollenschiefer und Flaserkalk mit Tentakuliten/Dacryoconariden; mittleres Unterdevon/Prag) Boden-Kalk (grauer "Orthoceren"-Kalk; Unterdevon/Lochkov) Megaerella- und Alticola-Kalk (hellgrauer bis rötlich geflammter Nautiloideenkalk, im oberen Teil dunkelgrauer Kalk; Silur/Ludlow bis Pridoli) (schwarzer Mergelschiefer mit Kalklinsen; Silur/Ludlow; nicht ausgeschieden) Kok-Formation (grauer "Orthoceren"-Kalk; älteres Ludlow) Wolayer Kalk (grauer Cystoideenkalk; Ordoviz/Ashgill) Himmelberg-Sandstein (Ordoviz/Caradoc bis Ashgill) Himmelberg-Sandstein, darin Konglomerat

Gebankter Laminitkalk mit Karpinskia consuelo (Unterdevon/Ems) Seewarte (Hercynellen-)Kalk (UInterdevon/Ems) Riffkalk (Unterdevon/Prag) Heller Crinoidenschuttkalk mit Karpinskia conjugula (Unterdevon/Prag) Kellerwand-Kalk (Crinoidenkalk im Wechsel mit Tentakulitenkalk; Unterdevon/Prag) Rauchkofel-Kalk (Crinoidenschuttkalk mit dazwischengeschaltetem bituminösem Kalk; Mergerella- und Alticola-Kalk (grauer und rötlicher Nautiloideen führender Kalk; Silur/Ludlow bis Pridoli) Kok-Formation (heller Crinoiden-und Brachiopodenkalk mit Schiefer- und Eisenkalklagen zuunterst; Silur/Llandovery bis älteres Ludlow) Wolayer Kalk (Cystoideenkalk bis Tonflaserkalk; Ordoviz/Ashgill) Himmelberg-Sandstein (Ordoviz/Caradoc bis Ashgill) Uggwa-Schiefer (Ordoviz/Caradoc) Zeichen Streichen und Fallen der Schichtung

Flachwasser-Fazies (Kellerwand, Hohe Warte, Seewarte, Seekopf)

Stromatoporen-Korallen-Riffkalk im Gipfelbereich der Hohen Warte (Mitteldevon)

Gebankter Birdseye-Amphiporein-Brachiopodenkalk (Mitteldevon/Eifel)

Stromatoporen-Korallen-Crinoidenkalk (Mitteldevon/Eifel)



Störungsfläche (beobachtet/vermutet)

6 Fossilfundpunkt

Druck: Dareb KG, A-9300 St. Veit an der Glan

Granhik: M LEDOLTER

1:10.000

Topographie vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl. L60224/88.

#### © Geologische Bundesanstalt

# Geologische Detailkarte des Gebietes um den Zollner See

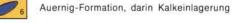
Neu aufgenommen von H.P. SCHONLAUB, 1981

0		1:10.000	500m	
	1			



#### Postvariszisches Deckgebirge









#### Variszisch gebauter Untergrund





	Zollner-Formation (Lydit, bunter Radiolarit, gebänderter Hornstein, kieseliger Schiefer;	I
12	mittleres Unterdevon/Prag bis Oberdevon bzw. ?Unterkarbon)	l

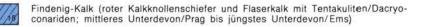
	Bischofalm-Schiefer	(schwarzer	Graptolithenschiefer,	Alaunschiefer,	Lydi
13	graugrüner Schiefer;	Silur/Lland	lovery bis Unterdevor	n/Lochkov)	33

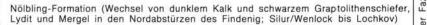
	Bischofalm-Quarzit				
14	(dunkelgrauer bis grauer,	gebankter	Quarzit bis	Sandstein;	Ordoviz/Ashgill)

Pal-Kalk (bunter Cephalopoden führender Flaserkalk; Oberdevon)













Kok-Formation (bräunlich angewitterter, grauer "Orthoceren"-Kalk mit Schieferlagen; Silur/mittleres Llandovery bis älteres Ludlow)

Himmelberg-Sandstein (grauer gebankter Sandstein; Ordoviz/Caradoc bis Ashgill)



Streichen und Fallen der Schichtung



Störungsfläche (beobachtet/vermutet)



Geologischer Lehrpfad mit Haltepunkten

Druck: Dareb KG, A-9300 St. Veit an der Glan

Graphik: M LEDOLTER

# Geologische Detailkarte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes

Neuaufnahme: H.P. SCHÖNLAUB, A. FENNINGER & C. VENTURINI

