

am grünen Tisch zu lösen; deshalb tritt heute immer mehr der Typ eines Höhlenforschers auf, der sich sowohl an Vorstößen in Neuland wie auch an der fachkundigen Bearbeitung der Beobachtungen und Funde betätigt. Aber auch jene, denen die Fachausbildung fehlt, leisten ihren Beitrag zur Wissenschaft – indem sie Pläne aufnehmen und die von ihnen gefundenen neuen Teile dokumentarisch, beispielsweise mit fotografischen Mitteln, erfassen. Alle zusammen finden sich aber schließlich auch zu gemeinsamen Bemühungen, die einzigartige Landschaft

des unterirdischen Karsts soweit wie möglich zu erhalten.

Denn für jeden, der Höhlenluft geatmet hat, ist die »Wildnis unter der Erde« weit mehr als wissenschaftliches Archiv oder Gelegenheit für Kletterei unter erschwerten Umständen. Er weiß, daß hier ein letztes Stück unberührter Landschaft liegt, die Möglichkeit für den suchenden und forschenden Menschen, ins Unbekannte einzudringen – vielleicht die letzte, die uns unsere Erde bietet.

## Einige Hinweise zur Geologie der verkarstungsfähigen Gesteine in Österreich

Richard LEIN\*)

Die meisten Höhlen Österreichs sind Karsthöhlen, die ihr Bestehen dem Vorhandensein verkarstungsfähiger Gesteine verdanken. Verkarstungsfähig sind Gesteine, die leicht löslich sind und bei ihrer Zersetzung möglichst geringe Rückstandsmengen zurücklassen. Gerade dieser zweite Punkt ist von entscheidender Bedeutung, denn nur dann, wenn die durch Lösung erweiterten Fugen im Gestein offen bleiben (statt mit Verwitterungsrückständen verfüllt zu werden), kann der für die Verkarstung so typische unterirdische Abfluß der Niederschlagswässer in Gang gesetzt bzw. aufrecht erhalten werden.

Diese Anforderungen, leichte Löslichkeit und geringe Rückstandsmengen, werden nur von Evaporiten (Gips, Anhydrit, Steinsalz) und Karbonatgesteinen (Kalk, Dolomit) in vollem Umfang erfüllt. Silikatgesteine gelten dagegen als nicht verkarstungsfähig. Sie können zwar unter humidtropischen Bedingungen gelöst werden (allitische Verwitterung), doch verhindert die bei ihrer Verwitterung anfallende Menge unlöslicher Rückstände eine in die Tiefe vordringende Kluft-erweiterung und Ausbildung eines unterirdischen Abflußsystems.

Einzige Ausnahme von dieser Regel sind reine Quarzite, die nach BÖGLI (1978) unter humidtropischen Bedingungen alle bekannten Verkarstungserscheinungen, wie Bildung von Karrenfeldern und Dolinen sowie Klufterweiterung bis

einschließlich Höhlenbildung aufweisen. Aus unseren weiteren Betrachtungen können wir jedoch diesen Sonderfall ausklammern.

### 1. Zur Lithologie verkarstungsfähiger Gesteine

#### 1.1 Karbonatgesteine

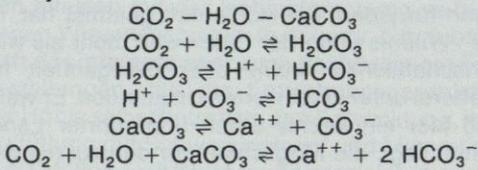
(Genese – Lithifizierung – Abbau)

Es sind die Karbonate, welche den Hauptanteil an verkarstungsfähigen Gesteinen stellen. Als Sedimentgesteine sind sie zumeist marinen Ursprungs, während die terrestrischen Karbonate, wie u.a. die Süßwasser-Kalke (Kalktuffe und Travertin) und Caliche-Bildungen mengemäßig von geringer Bedeutung sind.

**Karbonatentstehung:** Durch die Erforschung des rezenten Sedimentationsgeschehens sind wir über den Vorgang der Karbonatentstehung gut unterrichtet. Für einen Großteil der unterschiedlich alten Karbonatgesteine des alpinen Raumes wird man ähnliche Bildungsbedingungen, wie man sie heute in den Weltmeeren vorfindet, annehmen können. Der überwiegende Anteil der Karbonatproduktion ist auf subtropische bis tropische Flachmeere niederer Breiten (bis ca. 30° beiderseits des Äquators) beschränkt. Nur dort kommt es zur Ausfällung von  $\text{CaCO}_3$  (hauptsächlich in Form von Aragonit) aus übersättigtem Meerwasser, während eine  $\text{CaCO}_3$ -Übersättigung auch in anderen Teilen des Ozeans herrscht, dort aber zu keiner derartigen Reaktion führt.

\*) Dr. Richard LEIN, Geologisches Institut d. Universität Wien, A-1010 Wien.

Bestimmend für die Karbonatfällung ist das System



Wie man der linken Seite der letzten Gleichung entnehmen kann, ist Kalkfällung untrennbar mit der Freisetzung von  $\text{CO}_2$  verbunden bzw. wird durch diese Reaktion ausgelöst. Der Vorgang der Kalkfällung ist, gleichgültig ob er durch  $\text{CO}_2$ -Entzug (bedingt durch Temperaturzunahme, Verdunstung, Photosynthese usw.) oder durch Erhöhung der Alkalinität (durch  $\text{NH}_3$ -produzierende Bakterien) hervorgerufen wird, keinesfalls ein rein anorganisches Geschehen, sondern wird, direkt oder indirekt, durch biogene Prozesse gesteuert. Eine wichtige Rolle bei der Kalkabscheidung spielt die Photosynthese der Pflanzen. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Tätigkeit von Algen, von denen zahlreiche Arten imstande sind, dem Meerwasser entzogenen Kalk ihrem Gewebe ein- oder anzulagern. Erstaunlich ist dabei der quantitative Umfang dieses Geschehens. Schon PIA (1926) hat darauf hingewiesen, daß bloß 100 kg *Elodea*-Gras genügen, um innerhalb von 10 Stunden (bei guter Beleuchtung) 2 kg Kalk auszufällen!

Marine Karbonate der Gegenwart setzen sich aus Organismenhartteilen unterschiedlicher Größe und aus einem feinen, von Mikron-großen Kristallen aufgebauten Kalkschlamm (Mikrit) zusammen, der durch die zerkleinernde Wirkung mechanischer bzw. biogener Vorgänge (Brandung bzw. Bohr- und Ätztätigkeit von Algen und Schwämmen) aus größeren Partikeln (Schalen u.a.) hervorgegangen ist.

Beim Aufbau von Hartteilen Flachsee-bewohnender Organismen dominieren vor allem die wenig beständigen Karbonatmodifikationen Calcit und Mg-Calcit (= ein Calcit, der 4–20 Mol %  $\text{MgCO}_3$  enthält), während bei Tiefseebewohnern (planktonischen Foraminiferen, Coccolithineen) Mg-arme Calcite vorherrschen.

Dolomit [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] bildet sich dagegen nicht durch primäre Ausfällung, sondern durch Umwandlung aus Aragonit oder Calcit.

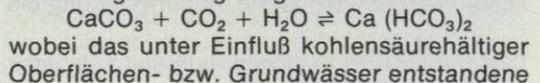
Zuletzt mag es noch von Interesse sein, kurz auf den quantitativen Umfang der Karbonatentstehung einzugehen. Bei Betrachtung der Sedimentationsraten von Kalk fällt zunächst auf, daß diese größenordnungsmäßig weitge-

hend mit den Raten der klastischen Sedimentation im küstennahen Bereich vergleichbar sind. Seit der letzten Meeresspiegelhebung haben sich in Flachseegebieten durchschnittlich 100 cm Lockersediment/ 1000 Jahre gebildet, was etwa einer Menge von 30 cm porenfreiem Kalk entspricht. Aus der älteren geologischen Geschichte sind uns dagegen erheblich geringere Sedimentbildungs-raten (ca. 4 cm porenfreies Gestein/1000 Jahre) überliefert.

**Karbonatdiagenese:** Durch diagenetische Prozesse entsteht aus einem wässrigen Kalkschlamm ein festes Gestein. Bewirkt wird dieses Geschehen vor allem durch Ausfällung von im Porenwasser gelösten Stoffen. Die ursprünglich losen Karbonatkörner werden dadurch zusammengeschweißt und auch die Gesteinshohlräume allmählich geschlossen. Im Verlauf dieses Vorganges, der als Zementation bezeichnet wird, bildet sich aus einem hochporösen Kalkschlamm mit ca. 50–85% Porosität ein Festgestein, in welchem der Porenraum nur mehr 2–3% des Gesamtvolumens einnimmt. Neben Zementation findet während der Diagenese auch Umkristallisation statt. Aragonit wird in den stabileren Calcit transformiert, während Mg-Calcit durch Umkristallisation sein  $\text{Mg}^{2+}$  verliert. Zusätzlich kann es durch Drucklösung an Kornkontakten zu einem lokalen Karbonatabbau bzw. durch Sammelkristallisation zu einer Kornvergrößerung der mikritischen Matrix kommen. Alle diese genannten Vorgänge sorgen für eine ständige Zufuhr großer Mengen von gelöstem Karbonat ins Porenwasser. Dort steht es zur Wiederausfällung als porenverfüllender Zement zur Verfügung.

**Karbonatabbau und Verkarstung:** Ganz allgemein wird die chemische Verwitterung durch Vorgänge einer  $\text{H}^+$ -Aufnahme bzw. die damit verbundene Freisetzung von Alkalien oder Erdalkalien charakterisiert. Treibende Kraft ist in diesem Zusammenhang  $\text{CO}_2$ -haltiges Regenwasser, welches in humiden Klimabereichen zur Anlösung und Verkarstung aller lösungsfähigen Gesteine neigt (selbst wenn diese von einer Vegetationsdecke verhüllt sind).

Vereinfacht kann die über mehrere Zwischenschritte erfolgende Kalklösung mit folgender Summengleichung dargestellt werden:



Endprodukt (Calciumhydrogenkarbonat) gegenüber dem Ausgangsgestein (Calciumkarbonat) eine zehnmal höhere Löslichkeit aufweist.

Allerdings kann die Löslichkeit des Calciumkarbonates durch Verunreinigungen und Fremdionen stark herabgesetzt werden, was u.a. die dem Lehrbuch von BÖGLI (1978) entnommenen beiden Diagramme (Abb. 1) deutlich zeigen. Durch Beigabe von  $MgCO_3$  in der Größenordnung von weniger als 1% wird die Lösungsfreudigkeit bereits um mehr als die Hälfte herabgesetzt.

ren Anteil von Positionen höherer freier Energie (im Bereich der Ecken und Kanten) aufweisen als große Kristalle.

Zuletzt sei noch auf den in den folgenden Beiträgen ausführlich dargestellten Sachverhalt der Abhängigkeit des Lösungsfortschrittes von dem Vorhandensein bzw. der Menge an Trennfugen im Gestein (Klüfte, Schichtfugen) verwiesen, welche erst das Eindringen von Oberflächenwasser in die Tiefe ermöglichen. Klüftigkeit in einem lösungsfähigen Gestein ist somit die wichtigste Grundvorausset-

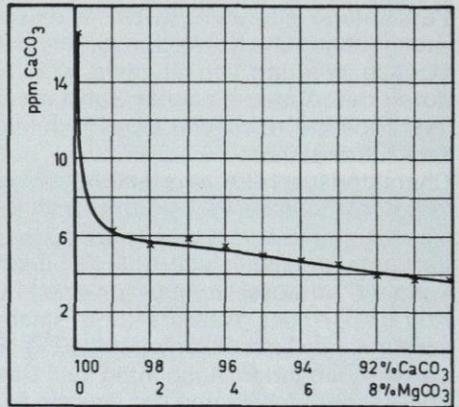
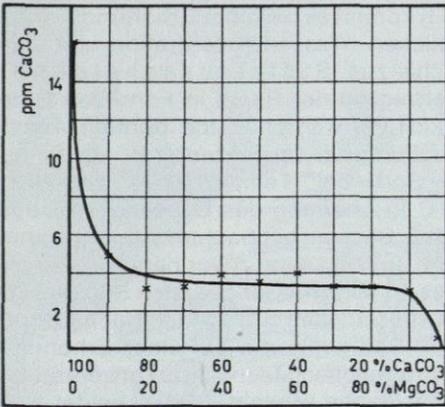


Abb.1: Abnahme der »Lösungsfreudigkeit« von  $CaCO_3$  durch Beigabe von  $MgCO_3$  (nach BÖGLI 1978)

Bei der Verwitterung von Dolomit ist die Tatsache von Bedeutung, daß die dieses Gestein zusammensetzenden Dolomitkristalle eine geringere Löslichkeit aufweisen als der kohlensaure Kalk, der sie verkittet. Dadurch kommt es zu einem selektiven Lösungsangriff dieses Gesteines, das Bindemittel wird abtransportiert, während die Dolomitkristalle herauswittern und die für den Dolomit so charakteristische sandig rauhe Oberfläche bedingen. Wird das kalkige Bindemittel zur Gänze abgeführt, so kommt es schließlich zu einem Zerfall des Gesteines in Dolomitgrus.

Selectiver Lösungsfortschritt in verkarstungsfähigen Gesteinen wird nicht allein durch Nebeneinanderauftreten von Mineralaggregaten unterschiedlicher Löslichkeit in einem Gestein bzw. durch unterschiedlich starke Verunreinigung durch unlösliche oder löslichkeitshemmende Stoffe ausgelöst. Auch Unterschiede in der Korngröße können Ursache eines selektiven Lösungsfortschrittes sein, da bevorzugt kleine Kristalle gelöst werden, die an ihrer Oberfläche einen prozentuell größte-

zung für einen nicht bloß auf die Oberfläche beschränkten, sondern dreidimensional in die Tiefe wirkenden Lösungsangriff, welcher zunächst eine Erweiterung der Klüfte und Schichtfugen bewirkt und in einem späteren Stadium der Verkarstung zur Bildung unterirdischer Hohlräume führen kann (ein Vorgang, der als Speläogenese bezeichnet wird). Erst das Erreichen des Grundwasserspiegels oder einer eventuell vorhandenen wasserundurchlässigen Basis der Karbonatgesteine beendet das fortschreitende Tiefenwachstum unterirdischer Hohlräume.

Abschließend sei noch auf einige Kleinformen oberflächennaher Verkarstung eingegangen. Besonders im humiden Klimabereich erhalten freiliegende Kalksteinoberflächen durch den Angriff  $CO_2$ -gesättigter Wässer eine charakteristische Oberflächenskulptur, deren Form von der Art der Benetzung bzw. von den Abflußbedingungen des korrodierenden Wassers bestimmt wird.

Dort, wo frisches, unverbrauchtes Nieder-

schlagswasser auf eine geneigte Fläche einwirkt, entsteht beispielsweise ein System lückenlos aneinandergereihter rillenförmiger Eintiefungen (Rillenkarrén), welche 1–3 cm breit werden können (bei einer maximalen Länge von einem Meter) und durch scharfe ca. 1 cm hohe Zwischengräte untereinander getrennt sind (s. Abb. 2a–c). Wo hingegen das abfließende Wasser in Strängen zusammengefaßt ist, bilden sich Rillenkarrén, die bei geringem Gefälle einen gewundenen Verlauf aufweisen und bei zunehmender Steilheit immer gerader werden.

Aber auch unter Vegetationsbedeckung kann Verkarstung eintreten, wobei in diesem Zusammenhang die Korrosion vor allem auf die ätzende Wirkung von Wurzeln bzw. auf die durch den Abbau biogener Substanz im Boden bedingte reichliche  $\text{CO}_2$ -Produktion zurückzuführen ist.

Charakteristisch für eine unter Bodenbedeckung entstandene Verkarstung sind Rundkarrén. Diese verdanken ihre Form vor allem dem Umstand, daß unter Bodenbedeckung die Voraussetzungen für einen raschen Abtransport des Wassers (und einer damit verbundenen, zur Rillenkarrénbildung führenden flächenhaften Abspülung der Gesteinsoberflächen) fehlen und das Gestein somit einer zumeist lang anhaltenden Benetzung ausgesetzt ist. Diese sorgt durch eine bevorzugte Korrosion der Spitzen und Kanten für eine Abrundung des Gesteins.

Der quantitative Umfang des durch Verkarstung bedingten flächenhaften Kalkabtrages ist keinesfalls unbedeutend. So wird beispielsweise für den durchschnittlichen Abtrag der alpinen Kalkareale während der letzten 10 000 Jahre ein Betrag von 15–20 cm angenommen. In Bereichen starker Lösung (Eintiefung der Karstrinnen) kann dieser Wert bis auf einen Meter ansteigen.

## 1.2 Evaporite

Evaporitische Gesteine (Gips, Anhydrit, Salz) treten in der Natur gegenüber den Karbonaten mengenmäßig deutlich zurück, doch nehmen sie wegen ihrer ausgezeichneten Löslichkeit (die Löslichkeit von Gips ist 10–30fach höher als jene von Kalk) unter den verkarstungsfähigen Gesteinen eine Sonderstellung ein.

**Geneese:** Evaporite entstehen unter günstigen klimatischen Bedingungen (mit Verdunstungshöhen über 1–2 m) in teilweise oder völlig abgeschlossenen marinen oder kontinentalen Becken, wo sie ausgefällt werden, sobald

durch Verdunstung ihr Löslichkeitsprodukt überschritten wird. Die zur Bildung von Evaporitgesteinen führenden Vorgänge sind somit größtenteils anorganischer Natur. Die Voraussetzungen, die zu gewissen Zeiten in der geologischen Vergangenheit zur Ausscheidung mächtiger Evaporitserien geführt haben, sind heute allerdings nur ansatzweise verwirklicht. Rezent kommt es nur in den von hochmarinen Festländern umgebenen Lagunen, wie auch im Persischen Golf, Roten Meer und südlichen Mittelmeer zu namhafter mariner Evaporitausscheidung. Nach einer Phase der Karbonatausfällung (Eindampfungsabschnitt I) kommt es bei einer Erhöhung der ursprünglichen Wasserkonzentration um das 3–10fache zur Sulfatausscheidung. Diese erfolgt in der Regel in Form von Gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), während eine primäre Anhydritausfällung, wie sie rezent z.B. am Persischen Golf bei Temperaturen zwischen 25°–40°C in oberhalb des Gezeitenbereiches liegenden Becken beobachtet werden kann, nur dann auftritt, wenn zuvor bereits mehr als 80% des im Meerwasser gelösten Sulfates als Gips ausgeschieden worden ist. Nach Eintritt der NaCl-Sättigung, die bei einer Erhöhung der ursprünglichen Meerwasserkonzentration auf das 9,5fache erreicht wird, scheidet sich über ein langes Konzentrationsintervall hinweg ausschließlich NaCl (in Form von Halit) gemeinsam mit geringen Mengen von Anhydrit ab.

**Abbau:** Nicht nur die Löslichkeit von Gips, sondern auch seine Lösungsgeschwindigkeit ist erheblich größer als jene von Kalk. Letzteres vor allem deshalb, weil der Lösungsvorgang ohne Zwischenprodukte direkt durch Abtrennung der Ionen aus dem Kristallgitter erfolgt. Gips ist daher dem korrosiven Angriff durch Niederschlagswässer erheblich stärker ausgesetzt als Kalk und Dolomit. Karrén- und Dolinenbildung sind häufig. Unterirdische Verkarstung von Anhydrit und Gips ist dagegen selten und stets kleinräumig dimensioniert. Hauptursache dafür ist wohl die größere Plastizität von Gips und Anhydrit, welche durch die Ausbildung eines erweiterungsfähigen Kluftnetzes, das für eine unterirdische Wasserzirkulation Grundvoraussetzung wäre, verhindert. Ohne Wasserzirkulation und stete Zufuhr von frischem, lösungsfähigem Wasser muß aber der Lösungsfortschritt durch Sättigung der beteiligten Wässer rasch zum Erliegen kommen.

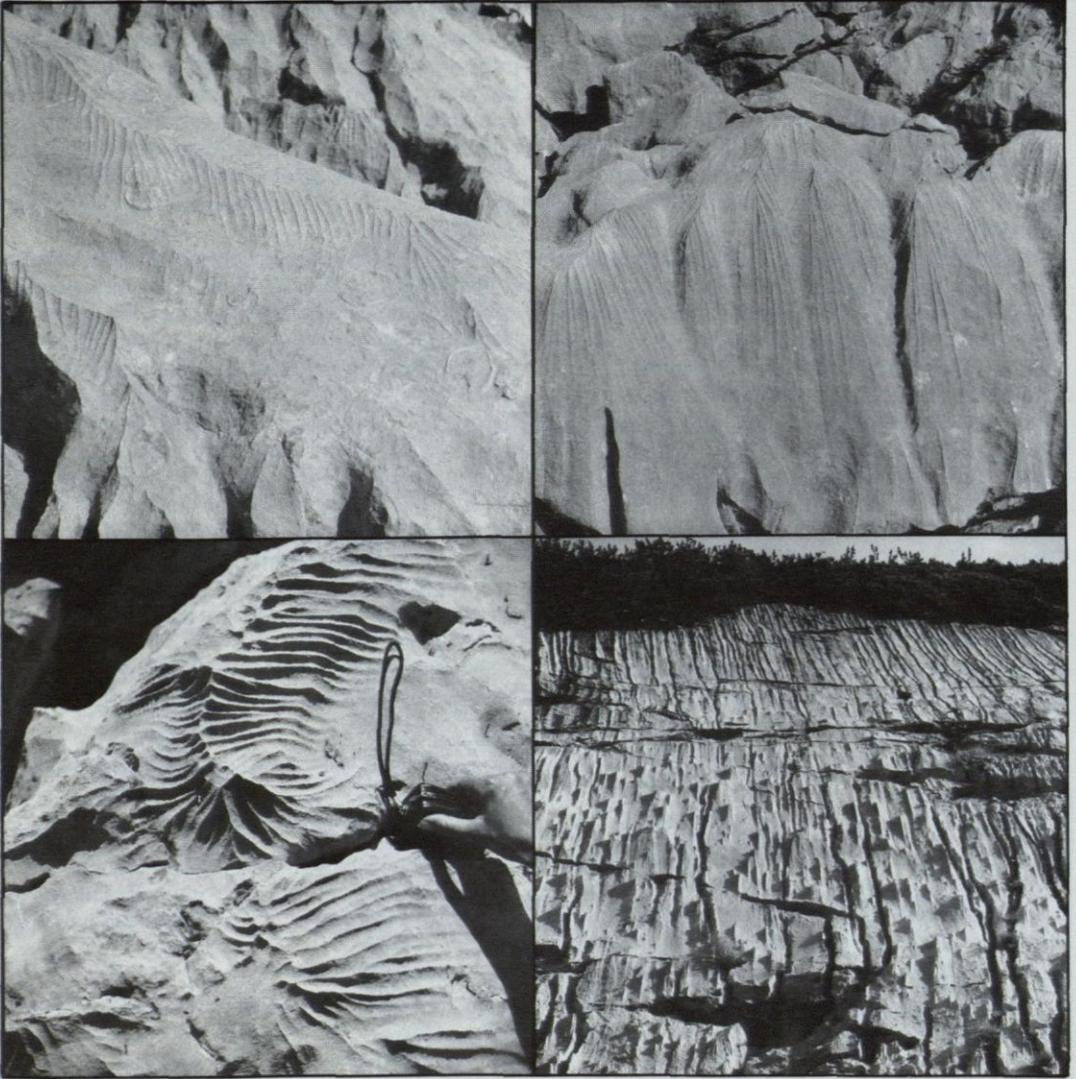


Abb. 2: Oberflächenkarren

## 2. Vorkommen verkarstungsfähiger Gesteine in Österreich

Karsterscheinungen und Höhlen sind keinesfalls gleichmäßig über Österreich verteilt, sondern zumeist an bestimmte Zonen gebunden. Eine besondere Häufung ist im Bereich der Nördlichen Kalkalpen, der Südalpen (Karnische Alpen und Südkarawanken) und im Drauzug (Nordkarawanken, Gailtaler Alpen und Lienzer Dolomiten) festzustellen, aber auch das Grazer Paläozoikum, die Grauwackenzone und die Gebiete mit zentralalpinem Mesozoikum (Tarntaler Berge, Radstädter Tauern, Semmering-Wechsel-

System) sind reich an verkarstungsfähigen Gesteinen. Dagegen sind die Kristallingebiete wie u. a. das Wald- und Mühlviertel, überwiegende Teile des Tauernfensters und die weiten Areale des Mittelostalpins (Ötztal, Silvretta, Kor- und Saualpe) weitgehend frei von Karsterscheinungen (s. Abb. 3).

Als eine der Ursachen für diese ungleichmäßige Verteilung kann angesehen werden, daß die Karbonatproduktion im Laufe der Erdgeschichte nie gleichmäßig war, d. h. Perioden mit intensiver Karbonatbildung mit Zeiten rein klastischer Sedimentation abwechselten. Im Paläo-

zoikum fällt der Schwerpunkt der Kalksedimentation eindeutig auf den Zeitraum zwischen Obersilur und Unterkarbon (von 325 - 400 Millionen Jahren).

Aus den Karnischen Alpen kennen wir aus dem Devon eine mächtige Riff- und Plattenkalk-Entwicklung, aus dem Grazer Bergland den bis 500 m mächtigen Schöckelkalk (der zahlreiche Höhlen beherbergt wie u. a. die Badlhöhle und Lurgrotte bei Deutsch Feistritz, die Grasslhöhle und das Katerloch bei Weiz), den Hochlantschkalk (über 300 m; Drachenhöhle bei Mixnitz), den Steinbergkalk (bis 130 m), Kanzelkalk (100 m) und Barrandeikalk (150 - 450 m).

In der Grauwackenzone wurde zu diesem Zeitraum der Sauburger Kalk (bis 300 m) und der mächtige Schwazer Dolomit (400 - 800 m) abgelagert. Die in verschiedenen Kristallingebieten eingeschalteten Karbonatkörper (Marmore) devonischen Alters (z. B.: Moravikum, Serie von Olbersdorf, bis 100 m; Saualm, Marmorzüge, 100 - 160 m) sind dagegen in Schichtumfang und räumlicher Verbreitung eher bescheiden.

Viele dieser aufgezählten Gesteine haben im Gefolge der variscischen Gebirgsbildung (vor ca. 310 Millionen Jahren) eine metamorphe

Überprägung erfahren. Während der dem variscischen Gebirgsbildungszyklus folgenden Abtragungsperiode (Oberkarbon bis Perm) herrschte in den Ostalpen eine hauptsächlich siliziklastisch geprägte Sedimentation (Oberkarbon: Konglomerate und Sandsteine, Fellersbach Schichten; Perm: Prebichel-Schichten, Gröden-Schichten, Semmeringquarzit, Werfener Schichten p. p.)

Nur aus den Südalpen kennen wir eine kalkige Entwicklung des Perm. Analog zu den großen außeralpinen Salinarabfolgen des Perm finden wir innerhalb der Werfener Schichten Einschaltungen von Salz und Gips (Salzlagerstätten: Hallein, Hallstatt, Bad Aussee, Bad Ischl; Gipsbergbaue: Grundsee, Puchberg, Preinsfeld u. a.). Dort, wo Gips- und Anhydritzüge an die Oberfläche treten, kommt es bedingt durch die hohe Löslichkeit dieser Gesteine, zu einer tiefgründigen Korrosion, welche oberflächlich zu meist durch Gipsdolinen erkennbar ist. (Die tiefgründige Verkarstung von Gips- und Anhydritkörpern kann am besten im Bereich von Tagbauen studiert werden).

Besonders reich an Karbonatgesteinen ist das Mesozoikum. Abgesehen von wenigen Aus-

Tab. 1	Nördliche Kalkalpen, Drauzug, südalpines Mesozoikum, Helvetikum	Zentralalpines Mesozoikum, Grazer Paläozoikum, Grauwackenzone	Marmorzüge im außeralpinen Grundgebirge
Parameter			
Ausbildung und Vorkommen von Karbonatserien: Mächtigkeit oberflächliche Verbreitung	sehr groß sehr groß	sehr groß groß	sehr gering sehr gering
Anteil von Karbonatserien an der Gesamtschichtfolge	überwiegend	überwiegend	unbedeutend
Durchlässigkeit (Permeabilität): primäre Porosität + Trennfugendurchlässigkeit	sehr groß	groß	gering
Löslichkeit	sehr gut	gut	gut
Morphologie: Höhendifferenz Versickerungsoberfläche/ Vorfluter	groß	groß	-

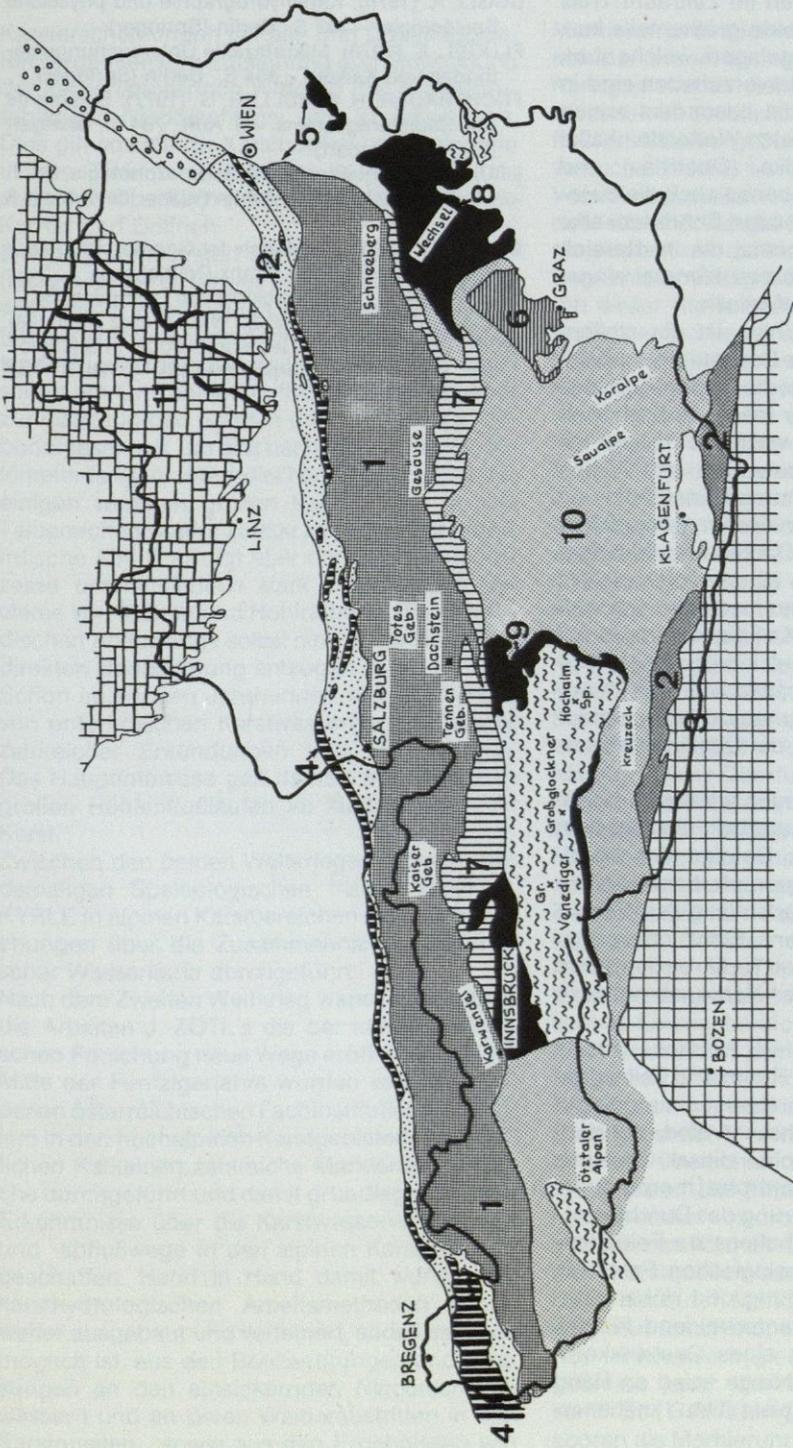


Abb. 3: Verbreitung von Karbonatgesteinen in den tektonischen Hauptzonen Österreichs. Reich an verkarstungsfähigen Karbonatserien:

- 1) Nördliche Kalkalpen, 2) Drauzug (Lienzer Dolomiten, Gailtaler Alpen, Nordkarawanken, 3) Südalpen (Karnische Alpen und Mesozoikum der Südalpen), 4) Helvetikum.
- Geringerer Umfang von Karbonatserien an der Gesamtschichtfolge bzw. herabgesetzte Löslichkeit durch metamorphe Überprägung:
- 5) Kalkreiche Beckenrandentwicklung (Leithakalke) des inneralpinen Wr. Beckens bzw. steirischen Tertiärbeckens; Metamorphe oberostalpine Serien mit Paläozoikum, 6) Grazer Paläozoikum, 7) Grauwackenzone; Metamorphes zentralalpines Mesozoikum (schwarze Flächensignatur), 8) Mesozoikum des Semmering-Wechsel-Systems, 9) Mesozoikum der Radstädter Tauern.
- Untergeordneter Umfang von Karbonatgesteinen an der Gesamtschichtfolge:
- 10) Metamorphe Serien des Mittelostalpin, 11) Außeralpines Kristallin des Mühl- und Waldviertels (schwarze Strichsignatur: Marmorzüge), 12) Flyschzone.

nahmen (Lunzer- und Raibler Schichten der tieferen Obertrias, Keuperentwicklung der Obertrias des Semmeringsystems, Radiolarite an der Basis des Oberjura) wurden im Zeitraum Trias bis einschließlich Unterkreide größtenteils karbonatreiche Sedimente abgelagert, welche stark zur Verkarstung neigen. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die besonders reinen und zumeist stark zerklüfteten Wettersteinkalke (Mitteltrias), Dachsteinkalke (Obertrias) und Plassenkalke (Oberjura); ebenso auch die zu intensiver Verkarstung neigenden Schratzenkalke (Unterkreide) des Helvetikums, die im Bereich des Gottesackerplateaus bis zu 20m tief eingeschnittene Karrenfelder aufweisen.

Besonders reich an Höhlen ist der stellenweise über 600 m mächtige Dachsteinkalk. Zahlreiche Höhlen sind auch an die Schichtfuge zwischen weniger und besser löslichen Karbonatgesteinsserien gebunden, wofür als Beispiel die Ötschertropfsteinhöhle (zwischen unlöslichen Werfener Schichten und Gutensteiner Kalk) und das Geldloch im Ötscher (zwischen weniger löslichem Hauptdolomit und Dachsteinkalk) aufgezählt sei. Weiters ist noch zu erwähnen, daß in der tiefen Obertrias Salinareinschaltungen auftreten, in den Nördlichen Kalkalpen zumeist auf einen Rauhwackenhorizont innerhalb der Oponitzer Schichten beschränkt, während im unterostalpinen Semmeringmesozoikum bedeutende Gipslagerstätten an die Obertrias gebunden sind.

Im Känozoikum überwiegen wiederum klastische Sedimente, die sich hauptsächlich aus dem Abtragungsschutt der im Gefolge der alpidischen Gebirgsbildung emporgehobenen Alpenkette zusammensetzen. Nur entlang des Küstensaumes der inneralpinen Einbruchsbecken (Wiener Becken, Steirisches Tertiärbecken) kam es zur Bildung zahlreicher Karbonatkomplexe (Leithakalk).

Aber nicht nur der unterschiedliche Absatz von Karbonatgesteinen in Raum und Zeit ist dafür verantwortlich, daß Karsterscheinungen auf bestimmte Gebiete beschränkt sind, sondern auch die weitere Geschichte dieser Gesteine, ihre tektonische und metamorphe Überprägung, welche zumeist eine Änderung des Durchlässigkeits- und Löslichkeitsverhaltens zur Folge hatte. Aber auch die morphologischen Faktoren, wie Höhenlage, Hangneigung und Höhendifferenz zum Vorfluter sind entscheidend für das Ausmaß der Verkarstung eines Gesteinskomplexes. Diese Zusammenhänge seien an Hand einiger ausgewählter Beispiele (Tab. 1) näher erläutert.

#### Weiterführende Literatur:

- BRINKMANN, R. (ed.) (1964): Lehrbuch der allgemeinen Geologie, Band I. – 520 S., Stuttgart (Enke).  
BÖGLI, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. – 292 S., Berlin (Springer).  
FLÜGEL, E. (1978): Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. – 454 S., Berlin (Springer).  
FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G. (1977): Sedimente und Sedimentgesteine. – 3. Aufl., 784 S., Stuttgart (E. Schweizerbart).  
LOUIS, H. (1968): Allgemeine Geomorphologie, Bd. 1. – 3. Aufl., 522+109 S., Berlin (Walter de Gruyter & Co).  
MAULL, O. (1958): Handbuch der Geomorphologie. – 2. Aufl., 600 S., Wien (Franz Deuticke).  
TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich, Bd. 1: Die Zentralalpen. – 766 S., Wien (Franz Deuticke).  
WILHELMY, H. (1972): Geomorphologie in Stichworten. III. Exogene Morphodynamik. – 184 S., Kiel (Ferdinand Hirt).

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen aus dem \(des\) Naturhistorischen Museum\(s\)](#)

Jahr/Year: 1979

Band/Volume: [NF\\_017](#)

Autor(en)/Author(s): Lein Richard

Artikel/Article: [Einige Hinweise zur Geologie der verkarstungsfähigen Gesteine in Österreich. 9-16](#)