



# Dolomiffelsen und Dolomitverwitterung

Die Dolomiffelsen der Fränkischen Alb sind in vielerlei Hinsicht als Kletterfelsen besonders geeignet.

Zwei Fragen interessieren zu den steilen Felsen und Felswänden im Dolomit:

1. Wie kommen die turmhohen Felsen und Wände im Dolomit zustande, die sich oft weit über die Albhochfläche herausheben?

2. Warum zeigt der Dolomit eine Verwitterung, die zum einen großblöchtig ist, zum anderen ausgesprochen kleinflöcherig ist und damit gute Griffmöglichkeiten zum Klettern anbietet?

## Das Dolomit-Gestein

Dolomit unterscheidet sich von Kalkstein durch einen gewissen Magnesiumanteil anstelle des Kalziumanteils. Kalkstein

ist  $\text{CaCO}_3$  (Kalziumkarbonat), Dolomit ist  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (Kalzium-Magnesium-Karbonat). Der Magnesiumkarbonatanteil ( $\text{MgCO}_3$ ) beim Dolomit erreicht in der

Natur nicht ganz die idealen 46%, aber kommt manchmal nahe heran. Dolomit ist durch Zufuhr von Mg nach Ablagerung des Kalksteins im Meerwasser ent-

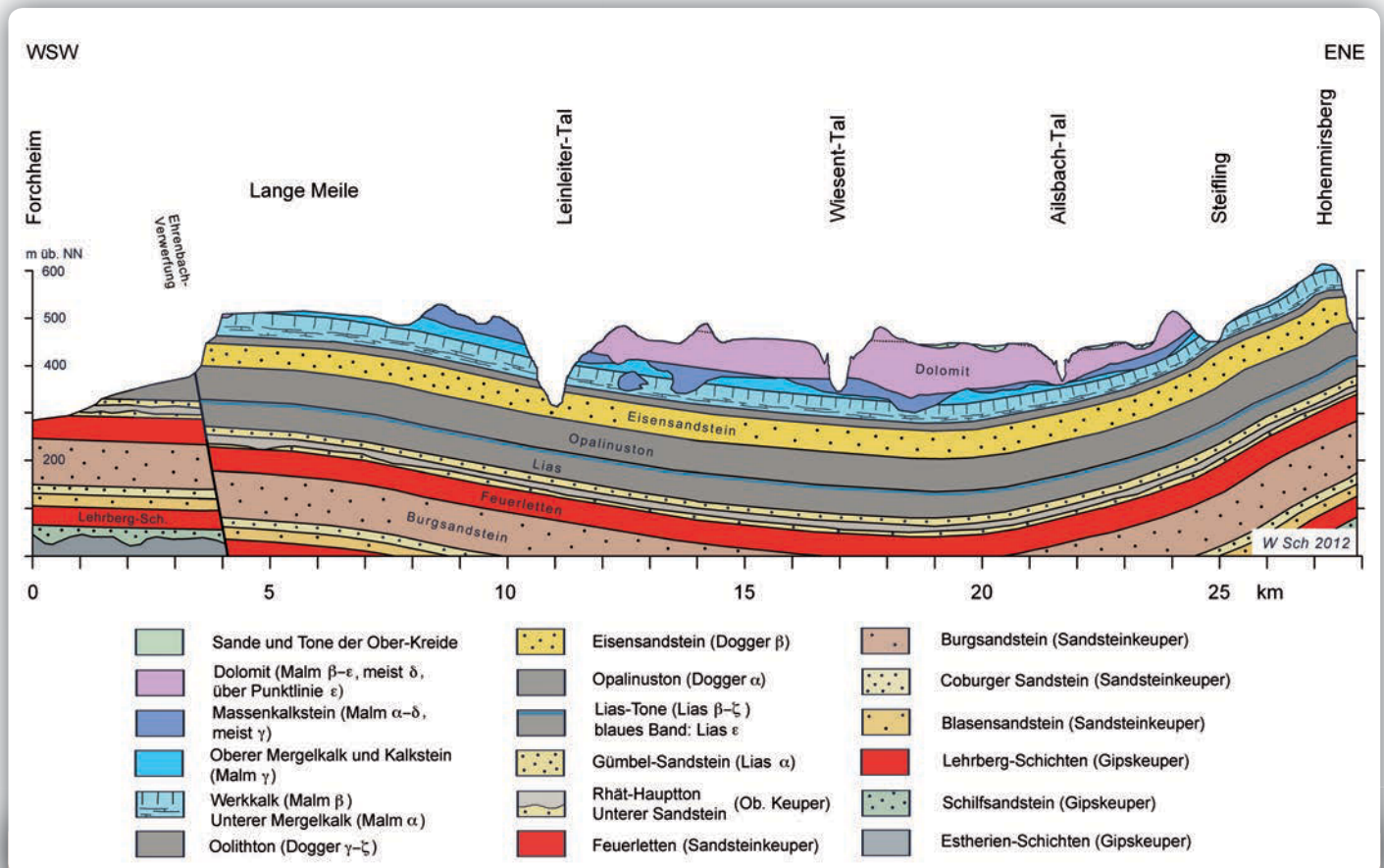


Bild 1 Schnitt durch die durchgebogenen Gesteinsschichten der Fränkischen Schweiz von Forchheim bis Hohenmirsberg (aus SCHIRMER 2012: 19, ergänzt).

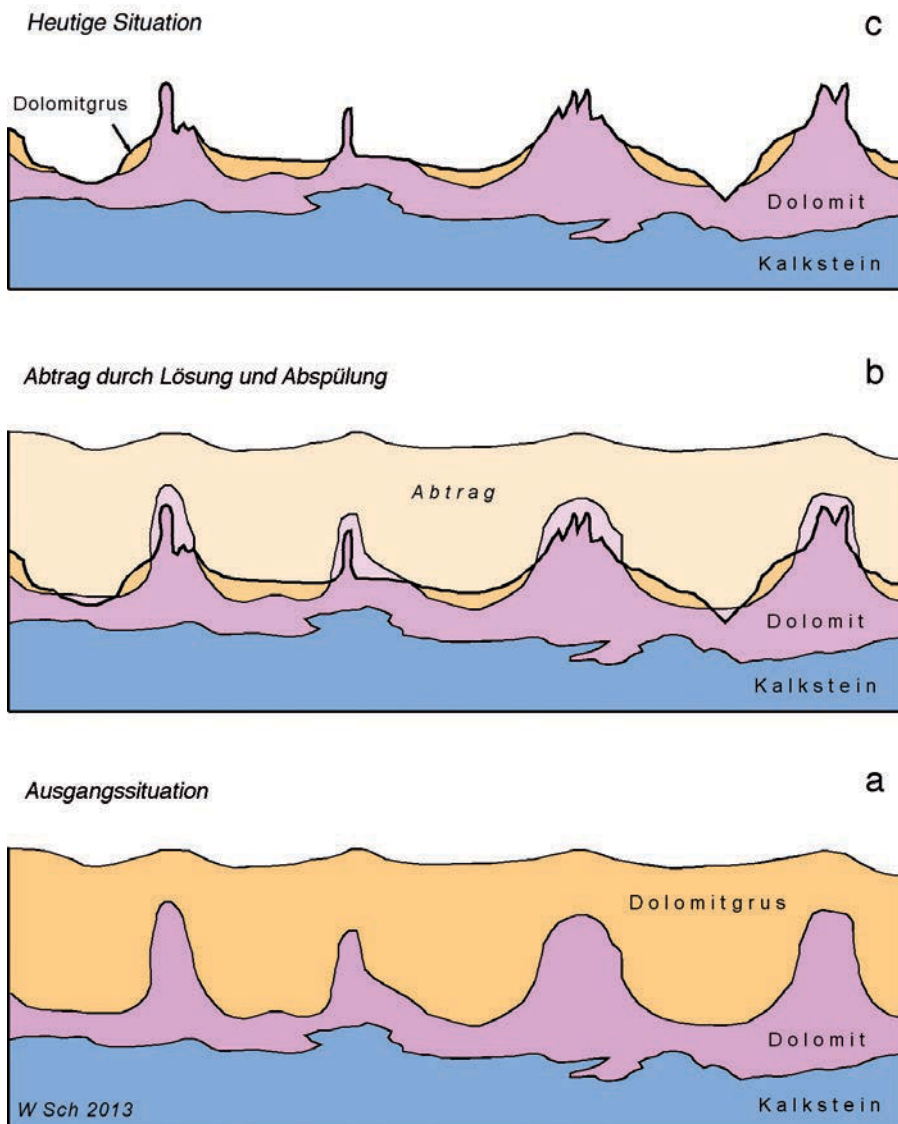


Bild 2 Prinzipielles Schema der Entstehung der Dolomitturlandschaft der Nördlichen Frankenalb.

- a = Ablandschaft seit der Unterkreide oder später Oberkreide mit tiefgreifender Dolomitvergrusung.
- b = Abtrag von Dolomitgrus und Dolomit durch Lösung und mechanischen Abtransport bis zur heutigen Zeit. Die zwischenzeitlich abgelagerten Sande und Tone der Oberkreidezeit sind in der Darstellung nicht berücksichtigt.
- c = Heutiger Zustand der Dolomitturlandschaft der Alb. Nach diesem Schema hat die Vergrusung des Dolomits die Landschaftsgestaltung wesentlich vorgezeichnet. In welchem Grad die Vergrusung zwischen Bild a und c fortgeschritten ist, ist unbekannt, daher im Schema bewusst nicht dargestellt.

standen. Diese Umwandlung zu Dolomit greift in der Nördlichen Frankenalb von oben her unregelmäßig tief in den Kalkstein hinein.

Der Dolomit tritt wohl in vielen Positionen im Malmkalkstein auf, krönt aber im Wesentlichen die Nördlichen Frankenalb (Bild 1). Daher sind die hoch liegenden Felsen und Felsnadeln der Alb meistens Dolomit. Nur an manchen hochgebogenen Rändern der Albschüssel ist er schon abgetragen worden; dort ragt Kalkstein auf. Der Dolomit unterliegt der Verkarstung wie Kalkstein – also der Karbonatlösung – und bildet wie dieser Höhlen und Höhlengänge (vgl. SCHIRMER 2011). Freilich geht die Karbonatlösung beim Dolomit etwas langsamer vonstatten als beim Kalkstein. Er zeigt auch seltener Fossilien als der Kalkstein, denn diese wurden bei der Umkristallisation häufig zerstört.

#### Dolomitriffe und -türme

Die Alb wird – wie jedes Gebirge – von oben her zerlegt und erniedrigt. Ein solcher Zerlegungsvorgang kann manchmal heftig verlaufen, wie beim kürzlichen Felssturz von Neuhaus an der Pegnitz am 29. Mai 2013. Meistens verläuft die Zerlegung langsamer und unmerklich. Auflösung des Karbonats, Frostspaltung,



Bild 3 Mürber nicht umgelagerter Dolomitgrus westlich Steifling. Harte Dolomitsteine sind von weichem lockeren Dolomitsand umgeben. Maßstab: Farbabschnitt = 10 cm.





Bild 4 Dolomitsand im Vergleich zu Flusssand. Skala = 20 mm.

Sandgröße, so genannter Dolomitsand (oder auch Dolomitasche genannt) (Bild 4). Der Zerfall erfolgt an Grenzen der Dolomitkristalle, löst sie aus ihrem festen Verband, schiebt Toneisen-Gel ein, das gelbbraun färbt, und trennt damit die einzelnen angelösten Dolomitkristalle zu Dolomitsand (SCHNITZER 1963, BURGER 1988, KOCH 2011). Neben der Lösung findet aber auch aufgrund der hohen Porosität des Dolomits ein physikalischer Lockerungsprozess statt, der unter anderem bei der Hohlraumbildung durch Sickerwässer eine Rolle spielt (vgl. NAGEL 1969, HOFBAUER et al. 2005). Wie die Vergroßung in tropischen und subtropischen Zeiten im Granit der ostbayerischen Gebirge in tiefen Kesseln Zehner bis einige Hundert Meter tief den Granit zu bröckeligem Granit-Grus zermürbt hat (Vergroßung), so hat auch die Dolomitvergrößung oder Dolomitvergrößung in der Alb tiefe Kessel aus Dolomitgrus zwischen unvergrößten, noch

Abgleiten an Spalten und Überhängen und Abrutschen auf toniger Unterlage sind die häufigsten Ursachen der Felsgesteinsniedrigung. Im Falle des Dolomits und Kalksteins kann die Lösung und Zerlegung auch von innen her in Höhlen und auf Spalten erfolgen. Dünne Höhlendächer können dabei einbrechen.

Da Zerlegung und Lösung gerne längs vertikalen Klüften erfolgt, bleiben Riffklötze („Knöckla“), Felstürme und Nadeln als Rest des Zerfalls stehen.

Dass solche am Rande der Täler hochragen, wenn sich die Flüsse in die sich hebende Fränkische Alb einschneiden mussten, ist leicht verständlich. Weniger leicht verständlich ist die Bildung von Felswänden und Felstürmen auf der Hochfläche. Dafür haben CRAMER (1928) und später PFEFFER (1986) das Bild auf die Frankenalb übertragen, welches der so genannte Turmkarst oder Kegelkarst in tropischen Landschaften der Erde liefert, z. B. in Südchina, Java, Mexiko oder Kuba. In diesen Turmkarstgebieten bleiben zwischen tiefen Lösungslöchern hohe steile Türme im Karbonatgestein stehen.

#### Dolomitverwitterung und Dolomitturmlandschaft

Für die Dolomitturmlandschaft gibt es daneben noch eine andere Entstehungsmöglichkeit (Bild 5):

Dolomit unterliegt bekanntlich nicht nur

der völligen Entfernung durch Karbonatlösung, er zermürbt zuerst einmal, wird locker und weich (Dolomitgrus) (Bild 4) und zerfällt schließlich zu Kristallen von



Bild 5 Grube im Dolomitgrus nördlich Haßlach (Foto: 03.04.2012).



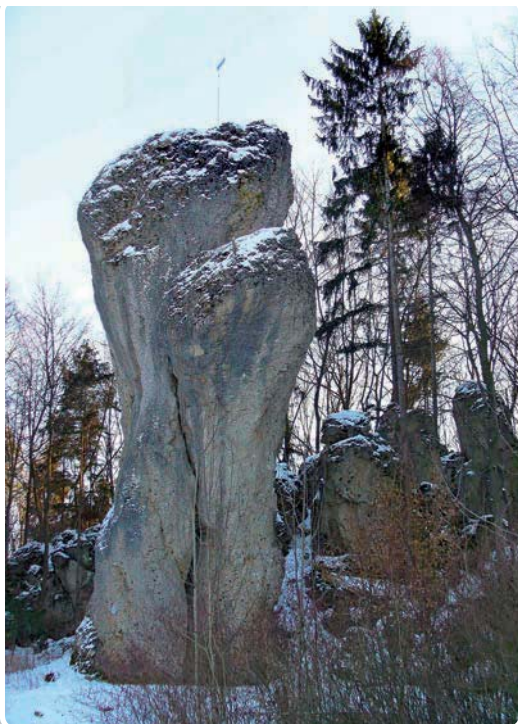


Bild 6 Der „Spitzenstein“ aus Dolomit bei Wichsenstein. Höhe 12 m.

frischen Dolomit-Gesteinspartien angelegt. Die mürben, weichen Kesselinhalte boten sich dann zusätzlich zur Karbonatauflösung als willkommene Opfer für die Ausräumung durch Wassererosion und Bodenfließen an. An den Rändern dieser Kessel sind zahlreiche Reste des mürben Dolomits und Dolomitsandes bis heute erhalten geblieben (Bild 6). So könnten auf der heutigen Dolomithochfläche der Alb kesselförmige Formen, wie Poljen und Karstwannen, sowohl durch Karbonatlösung als auch an Orten tiefgreifender Dolomitvergrusung angelegt worden sein — Formen der Karbonatlösung und zugleich der mechanischen Ausräumung des mürben Dolomitgruses. Wie gesagt, Dolomitlösung und Dolomitvergrusung gehen Hand in Hand. Bei der Kalkgesteinslösung wird aber alles gelöste Karbonat mit dem lösenden Wasser abgeführt; zurück bleibt nur der harte Kalkstein. Bei der Dolomitlösung bleiben lockere Zwischenprodukte beginnender Lösung, der Dolomitgrus und Dolomit-

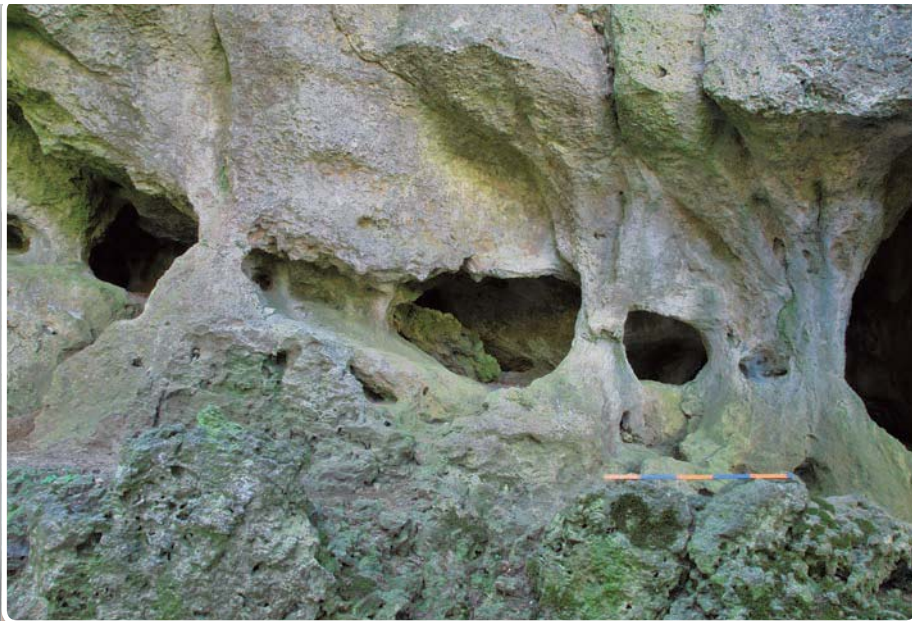
sand, zu gewissem Anteil erhalten. Diese können dann auch mechanisch durch Abschwemmen ausgeräumt werden. Diese Zwischenprodukte der Dolomitlösung, Dolomitgrus und Dolomitsand, bauen in der Alb ganze Bergmassivteile oder Hänge am Rande der festen Dolomitmäulen auf. Der Dolomitgrus präsentiert sich als stark versandeter,

mürber Dolomitfels. Er besteht aus dichtgelagerten bis faustgroßen Dolomitbrocken, die durch Dolomitsand verbunden sind (Bild 6). Solche Vorkommen werden von den Einheimischen als „Keuper“ im Sinne eines losen, leicht abbaubaren Gesteinsmaterials bezeichnet. Entsprechend gibt es darin viele Abbaugruben im Bereich der Albhochfläche, z. B. bei

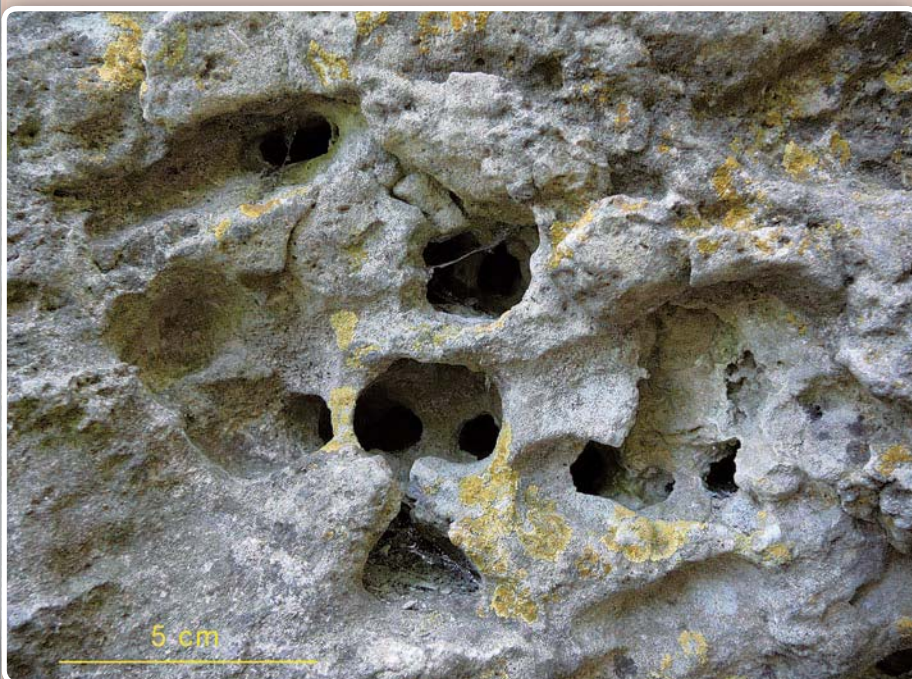
Mill. J.	Ära	Periode	Epoche	Stufe	Dolomit-Landschaft der Albhochfläche	
0,011	KÄNOZOIKUM	QUARTÄR	Eiszeitalter	Holozän	Verstärkter Abtrag des Dolomitgruses durch Bodenfließen und Abspülung Verkarstung	
				Ob. Mittl. Unt.		
2,6		PALÄOGEN	"TERTIÄR"	Pliozän		Verkarstung + Dolomit-Vergrusung + Abtrag mit Wieder-Freilegung der Sandeindeckung
5,2				Miozän		
23,8	Oligozän					
34	Eozän					
65	MESOZOIKUM	KREIDE	O	Maastricht Campan Santon Coniac Turon Cenoman	Landhebung: endgültige Landzeit Meeres- und Flusssande auf der Alb Landsenkung	
100				U	Alb Apt Barreme Hauterive Valangin Berrias	Dolomitturm-Landschaft Abtrag und Verkarstung Karbonatlösung+Dolomit-Vergrusung Landhebung
142		JURA	O	Malm Kimmeridge Oxford	Dolomitisierung	
156			M	Dogger Callovium Bathonium Bajocium Aalenium	Flachmeer	
178	U		Lias Toarcium Pliensbachium Sinemurium Hettangium			
200					W Sch 2013	

Bild 7 Erdgeschichtetabelle für die Dolomitlandschaft der Alb.





**Bild 8** Galerieartige Fenster-Höhle im Dolomit des Wasserstein-Felsmassivs nördlich Betzenstein. Maßstab 50 cm. Hinter den Fensterstegen als Reste einer Wandkruste breitet sich der Höhlenraum durchgehend aus.



**Bild 9** Kleinlöcher im Dolomit am Breitenberg bei Gößweinstein.

Steifling, Haßlach und Gößweinstein. Dolomitsand, der schon in der Hand zerfällt, besteht aus vereinzelt Dolomitkristallen. Er wurde früher als Putzsand, aber auch Mauerersand verwendet (Bild 4).

Bei Karbonatlösung und natürlichem Abtrag des leicht ausräumbaren Dolomitgruses und Dolomitsandes bleiben dann zuweilen steile Dolomitstöcke und manchmal auch nadelförmige Felsen zurück (Bild 6).

Wann ist dieses Zerlegen zu Türmen und Riffklötzen entstanden? Es kann bereits vor 142 Millionen Jahren begonnen haben, als die Juragesteine zum ersten Mal aus dem Meer aufgestiegen sind (Bild 7). Zwei Landzeiten gab es nach der Meereszeit des Juras: Diese erste 38 Millionen Jahre lange Landzeit der Unterkreide. In dieser Zeit entstand neben der Karbonatlösung vermutlich bereits tiefe Dolomitvergrusung. Karbonatlösung und Vergrusungsausspülung schufen hohe Karsttürme zwischen tiefen Kalklösungsbecken. Die Alb begann sich zugleich muldenförmig durchzubiegen (Bild 1).

Nach dieser ersten Landzeit senkte sich das Land wieder für etwa 15 Millionen Jahre und wurde dabei vom Oberkreide-Meer überflutet und von Flüssen mit Sand verschüttet. In Bild 1 sind die grün gezeichneten Sande und Tone auf der Albhochfläche. In dieser Zeit konnte Karbonatlösung vor allem unterirdisch Gesteine auflösen. Ab der späteren Oberkreide-Zeit hebt sich die Alb wieder heraus zur letzten Landzeit, die bis heute schon 85 Millionen Jahre währt. In dieser Zeit wurde die sandige Decke der Kreide-Zeit zum Teil wieder ausgeräumt. Dabei konnte auch Dolomitgrus ausgeräumt werden. Karbonatlösung setzte sich jetzt verstärkt oberirdisch und unterirdisch fort. Auch die Dolomitvergrusung ging kräftig weiter. BURGER (1982) und PFEFFER (1986) sehen den Beginn der Dolomitvergrusung erst in dieser zweiten Landzeit.

Dolomitgrus ist durch fließendes Gewässer zu allen Zeiten leicht ausräumbar. Als das Meer der Kreidezeit vordrang, war das sicher eine besondere Zeit der Grusausräumung. Später wurde er im



Eiszeitalter unter den Frost-Auftau-Bedingungen wieder erheblich ausgeräumt.

### Lochverwitterung im Dolomit

Es gibt wenigstens drei Arten von Lochbildungen im Dolomit:

1. Die klassischen Höhlenbildung als Lösungsgänge und Höhlenfluss-Strecken, die unter der Oberfläche im Gestein entsteht, und zwar im Sickerwasserbereich wie auch im wassererfüllten Bereich, dem so genannten phreatischen Bereich (vgl. SCHIRMER 2011).

2. Der Dolomit zeigt im Unterschied zum Kalkstein eine typische Lochverwitterung, die besonders im oberirdischen Bereich sichtbar wird. Das können Löcher von einigen Zentimetern bis einige Meter Größe sein. Als Beispiel ist hier ein kleines Höhlensystem im Bergmassiv des Wassersteins bei Kröttenhof 1 km nördlich Betzenstein aufgeführt. Es liegt 80 Meter südlich der Buchner-Höhle. Sie

ist durch galerieartig aufgereimte Löcher charakterisiert (Bild 9). Hier findet längs einer geneigten Schichtfuge im massiven Dolomit durch Sickerwasserverwitterung Dolomitsandzerfall statt. Die Außenwand des Felsens war und ist durch eine Wandkruste verhärtet, die gegen den Sandzerfall einen gewissen Schutz bietet. Aber hinter der Wandkruste geht der Zerfall weiter, wie es von der Tafoni-Verwitterung bekannt ist – einer Verwitterung, die hinter einer schützenden Kruste agiert und die Felsen subkrustal aushöhlt. So sind die von außen sichtbaren Höhlen der Galeriehöhle nichts anders als ausgebrochene Löcher in der Wandkruste. Die Löcher werden durch senkrechte „Fensterstege“, Reste der Wandkruste, getrennt, hinter denen der Hohlraum durchgängig ist.

Der Ansatz dieser Lochbildung ist die Gesteinsfuge im Dolomitmfels, auf der einsickerndes Regenwasser zirkuliert. Dieses bedingt und fördert den Dolomitzerfall zu Sand. Noch heute wird bei

feuchtem Wetter dort Sand aus den Löchern gespült. Die erhaltenen Stege der Wandkruste, zeigen, dass die Dolomitmfels eine Wandverkrustung erleben können, die an Schwachstellen, wie hier den Fugen, durchbrochen wird und so die Lochbildung erzeugt.

3. Auch ohne Gesteinsfugen bilden sich im Dolomitmfels kleine Vertiefungen, Lochreihen und Gesteinshaken (Bild 9). Die sind für das Klettern im Dolomit von großer Bedeutung (Bild 10). Wabenverwitterung in andern Massengesteinen als Dolomit sind ähnliche Erscheinungen. Man deutet sie als Schwachstellen der Mineralzusammensetzung oder der Gesteinsbindung, als Bindemittelauflockerung an der Gesteinsoberfläche, daneben als krustenartige Verfestigung der Gesteinsoberfläche durch austretende und verdunstende Porenlösungen. Auch Algen und Flechten können ihren Anteil an der unruhigen Oberfläche haben.

An der „Galeriehöhle“ ist sichtbar, dass alte Wandteile tiefzernarbte Lochbildung, durch Ausbruch entstandene junge Wandteile viel geringere narbige Lochbildung zeigen. Alte Fensterstege dort zeigen ebenfalls starke Zernarbung, junge haben dagegen eher glatte Oberflächen. Das zeigt uns, dass die Zernarbung der Dolomitmfelsflächen ein felsgeschichtlich relativ junger und heute noch aktiver Vorgang ist.



Bild 10 Kleinlöcher im Dolomit erleichtern das Klettern. Rötelfels bei Wolkenstein (Foto: 29.10.2005. Alle Bilder: Autor).

#### Verwendete Literatur:

- BÜRGER, D. (1982): Zur Dolomitverwitterung der Fränkischen Alb. – Abhandlungen zur Karst- und Höhlenkunde, Reihe A, 17, 105–109. München.
- BÜRGER, D. (1988): Exkursionspunkte und Analysedaten zur Dolomitverwitterung. – Deutscher Arbeitskreis für Geomorphologie, 15. Tagung in Bayreuth 1988, Exkursionsführer Oberfranken: 29–32; Bayreuth.
- CRAMER, H. (1928): Untersuchungen über die morphologische Entwicklung des fränkischen Karstgebirges. – Abhandlungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg, 22 (7): 241–326, 10 Taf.; Nürnberg.
- HOFBAUER, G., KAULICH, B. & GROPP, C. (2005): Sind die Dolomithöhlen der Nördlichen und Mittleren Frankenalb tatsächlich das Ergebnis der Karbonatlösung? – HYPERLINK <http://www.gdgh.de/Berichte/B7> www.gdgh.de/Berichte/B7 (15. November 2005).
- KOCH, R. (2011): Dolomit und Dolomit-Zerfall im Malm Süddeutschlands – Verbreitung, Bildungsmodelle, Dolomit-Karst. – Laichinger Höhlenfreund, 46: 75–92, Laichingen 2011.
- NAGEL, G. (1969): Karst in der Fränkischen Alb bei Pottenstein. Geomorphologische Beschreibung. – Arbeitskreis Topographisch-Geomorphologische Kartenproben 1:25 000. Gruppe III, 2: 6–9, Braunschweig (Westermann).
- PFEFFER, K.-H. (1986): Das Karstgebiet der nördlichen Frankenalb zwischen Pegnitz und Vils. – Zeitschrift für Geomorphologie, N. F. Supplement-Band. 59: 67–85, 1 Krt.; Berlin.
- SCHIRMER, W. (2011): Betzenstein unter und über dem Trinkwasser. – Die Fränkische Schweiz, 2011 (1): 20–21, Ebermannstadt.
- SCHIRMER, W. (2012): 200 Millionen Jahre Fränkische Schweiz. – 200 Jahre Fränkische Schweiz. – Die Fränkische Schweiz, 2012 (4): 14–19, Ebermannstadt.
- SCHNITZER, W. A. (1963): Zum Problem der Dolomitsandbildung auf der südlichen Frankenalb. – Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft, 10: 292–296; Erlangen.