

## Tertiäre Entwicklung der Nördlichen Kalkalpen

Das Landschaftsbild der zentralen und östlichen Nördlichen Kalkalpen wird von verkarsteten Hochplateaus geprägt, die Relikte der sogenannten **Dachstein-Altfläche** darstellen und spärliche Reste der Augenstein-Formation tragen. Die Entwicklung der Kalkalpenplateaus ist eng mit der Bildung der großen Höhlensysteme verbunden.

### Dachstein-Altfläche

Die Nördlichen Kalkalpen nahmen während der eozänen Gebirgsbildungsperiode ihre heutige tektonische Position ein. Die Dachstein-Altfläche (der Begriff "Rax-Landschaft" ist umstritten und nicht ausreichend präzise definiert, weshalb er nicht mehr verwendet wird) bildete sich unmittelbar danach in geringer Höhe über dem Meeresspiegel als ein verkarstetes Hügelland. Die Bildung der Altfläche erfolgte zwischen eozäner Gebirgsbildung und Ablagerung der Augenstein-Formation und kann deshalb auf die Zeit Obereozän und Unteroligozän eingegrenzt werden.

### Augenstein-Formation

Im Oligozän erfuhr die Dachstein-Altfläche eine Absenkung und wurde dabei von der Augenstein-Formation verschüttet, einer terrestrischen Abfolge von Konglomeraten und Sandsteinen, die heute nur in kleinen Resten auf den Karstplateaus erhalten ist.

Das Alter der Augenstein-Formation kann aus der geologischen Situation heraus und aufgrund von Datierungen mit Unteroligozän bis frühes Untermiozän angegeben werden, obwohl in den wenigen verbliebenen *in situ* Vorkommen (z. B. Augensteindlgrube am Dachstein-Plateau) nur basale Reste erhalten sind. Das Liefergebiet der Augenstein-Sedimente lag im Süden und war fast ausschließlich aus schwach metamorphen paläozoischen Gesteinen (Grauwackenzone und ihre Äquivalente) sowie Äquivalenten der permotriadischen siliziklastischen (d. h. großteils nicht-karbonatischen) Basis der Kalkalpen aufgebaut. Uran-Spaltspurendaten aus Apatitkristallen, die in Geröllen enthalten sind, legen nahe, dass die Augenstein-Formation lokal (z. B. am Dachstein) Mächtigkeiten von über 1000 m, möglicherweise bis über 2000 m erreichte. Die Augenstein-Sedimentation endete im Untermiozän mit dem Einsetzen eines tektonischen Umbruchs, der eine Relieferniedrigung im Liefergebiet der Augenstein-Sedimente und ein neues, an Störungen gebundenes W-O orientiertes Entwässerungsnetz (Ennstal, Murta) mit sich brachte. In der Folge wurden die Augenstein-Sedimente erodiert und in der Vorlandmolasse wieder abgelagert.



In eine Höhle eingeschwemmte und wieder verfestigte Augensteine. (Dachstein, Margschierf)

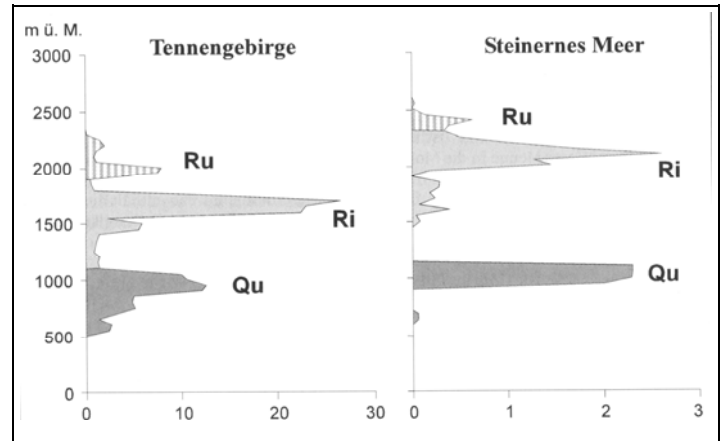
### Ausbildung der Karstplateaus

Ab dem Obermiozän erfuhren die zentralen und östlichen Nördlichen Kalkalpen und mit ihnen die inzwischen wieder freigelegte Dachstein-Altfläche ihre Heraushebung in mehreren Schüben. Die Altfläche blieb dort erhalten, wo mächtige Kalksteinabfolgen (hauptsächlich Dachsteinkalk) die unterirdische Erosion in Höhlensystemen ermöglichten und damit die Oberflächenerosion auf ein Minimum begrenzten. Die heute in verschiedener Höhe liegenden Altflächenreste gehen nicht auf sukzessive Bildung als Piedmonttreppe zurück. Sie sind vielmehr Reste, die bei der finalen Heraushebung unterschiedlich stark gehoben und z. T. auch verkippt (z. B. westlicher Dachstein, Hochkönig) wurden.

Die Kalkalpen westlich des Inn-Durchbruchs enthalten keine Plateaus und weisen eine deutlich unterschiedliche Entwicklungsgeschichte seit dem Eozän auf. Sie wurde bereits im Oberoligozän und Untermiozän herausgehoben und schütteten Gerölle in die Molassezone. Augensteinreste sind aus dieser Region nicht bekannt.

## Entwicklung der Höhlen

Die Anordnung der Höhlen in drei Horizonten (Höhlenniveaus) zeigt, dass die Heraushebung der Kalkalpen in Etappen erfolgte. Vermutlich wurde das höchste Höhlensystem, das oberflächennahe Ruinenhöhlenniveau, bereits während der Bildung der Dachstein-Altfläche angelegt. Augenstein-Sedimente wurden während der Überschlüpfung über die Altfläche in dieses Höhlensystem eingeschwenkt. Das größte Höhlenniveau, das Riesenhöhlenniveau, wurde im frühen Stadium der Heraushebung der zentralen und östlichen Kalkalpen, im Obermiozän, gebildet, das jüngste und tiefste Höhlensystem, das Quellhöhlenniveau, im Pliozän und Quartär. Augensteinmaterial wurde sukzessive in die tieferen Höhlensysteme umgelagert.



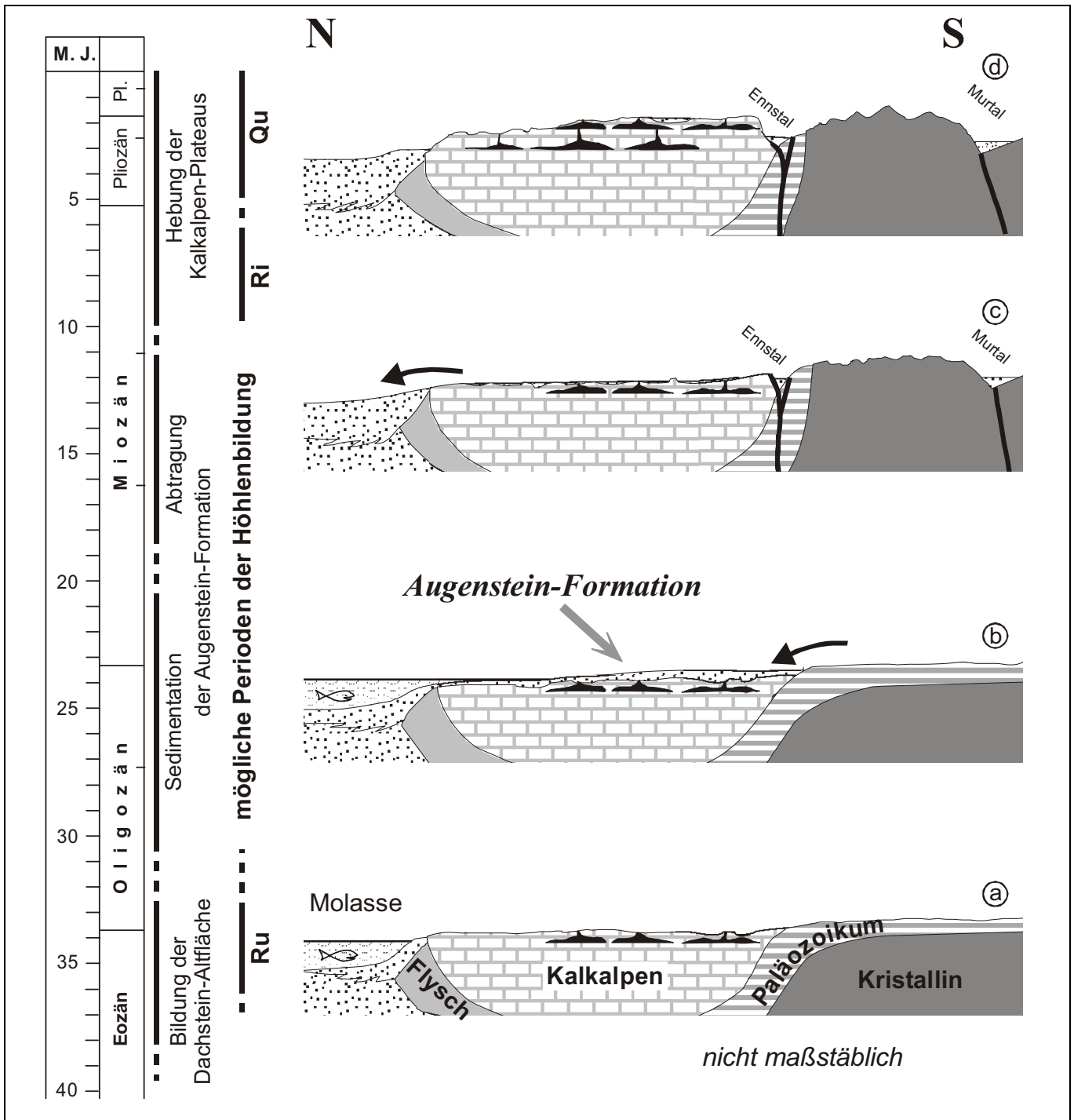
Länge (in km) der Höhlengänge in Höhenintervallen von 50 m. Ru: Ruinen-, Ri: Riesen-, Qu: Quellhöhlenniveau. (nach Fischer, 1990)

Es wurde versucht, Gesteinsmaterial aus dem Riesenhöhlensystem zu datieren. Uran-Blei-Datierungen an Tropfsteinen aus der Dachstein-Mammuthöhle und der Eisriesenwelt (Tennengebirge) erbrachten wegen zu geringer Urangelhalte kein direktes Alter, doch lassen Isotopenverhältnisse auf ein vorpleistozänes Alter schließen. Untersuchungen der Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotopenverhältnisse an dem Tropfsteinmaterial aus der Eisriesenwelt wurden durchgeführt, um Hinweise auf klimatische Veränderungen zu erhalten. Ein 280 mm langer Probenkern vom Außenrand des Tropfsteins ergab geringe Schwankungen für die Temperatur der Regenwässer, die zur Tropfsteinbildung in die Höhlen einsickerten, was auf ein gemäßigtes Klima hinweist und ebenfalls auf eine vorpleistozäne Bildung des Tropfsteins schließen lässt. Diese Ergebnisse stehen mit der angenommenen obermiozänen Bildung des Riesenhöhlensystems in Einklang. Zerschierung von Tropfsteinen und durch Störungen verursachte Geländestufen auf den Plateaus bezeugen eine junge, teilweise quartäre Tektonik, von der die Nördlichen Kalkalpen erfasst wurden.

## Literatur

Frisch, Kuhleemann, Dunkl, Székely, Vennemann & Rettenbacher (2002): Dachstein-Altfläche, Augenstein-Formation und Höhlenentwicklung - die Geschichte der letzten 35 Millionen Jahre in den zentralen Nördlichen Kalkalpen. "Die Höhle", Jg. 53, Heft 1.

Haseke-Knapczyk (1989): Der Untersberg bei Salzburg. Die ober- und unterirdische Karstentwicklung und ihre Zusammenhänge. Ein Beitrag zur Trinkwassererforschung. Österr. Akad. Wiss., MaB-Reihe, Bd. 15.



Entwicklung der zentralen und östlichen Nördlichen Kalkalpen seit dem späten Eozän: (a) Nach Beendigung der Deckenbewegungen entstand eine hügelige Abtragungsfläche (= Dachstein-Altfläche) knapp über dem Meeresspiegel und ein seichtliegendes Höhlensystem (Ruinenhöhlenniveau). (b) Die Dachstein-Altfläche wurde mit Augenstein-Sedimenten versiegelt. Das Material kam von vorwiegend paläozoischen Arealen in den Zentralalpen. Die terrestrischen Augenstein-Sedimente gingen nach N in die marine Molasse über. (c) Störungsgebundene Längstäler verhinderten weitere Sedimentzufuhr von S. Die Augenstein-Sedimente wurden abgetragen und in die Vorlandmolasse umgelagert. (d) Hebung der Kalkalpen in Schüben ermöglichte die Bildung von tieferliegenden Höhlensystemen, die sich nach dem jeweiligen Vorfluter ausrichteten. Riesen- und Quellhöhlenniveau zeigen, dass die Hebung in zwei Schüben mit einem zwischengeschalteten Stillstand erfolgte. Der Endokarst verhinderte die vollständige Zerstörung der Dachstein-Altfläche. Ru, Ri, Qu: Ruinen-, Riesen-, Quellhöhlenbildung.