

**DIE HOCHPLATEAUS IN DEN KALKALPEN -
35 MILLIONEN JAHRE ALTE LANDOBERFLÄCHEN**

**THE ELEVATED PLATEAUS IN THE CALCAREOUS ALPS -
35 MILLION YEARS OLD LAND SURFACES**

Wolfgang Frisch⁽¹⁾, Joachim Kuhleemann⁽¹⁾, Balázs Székely⁽¹⁾ und István Dunkl⁽¹⁾

ZUSAMMENFASSUNG

Die Hochplateaus in den mittleren und östlichen Kalkalpen stellen die Reste der ursprünglich über 10.000 km² großen Dachstein-Altfläche dar, die im späten Eozän und frühen Oligozän vor rund 35 Millionen Jahren gebildet wurde. Rund 10 Millionen Jahre lang (ca. 31-21 Mill. J. vor heute) wurden bis über 1 km mächtige Sande und Schotter, die Augenstein-Sedimente, auf der Altfläche, abgelagert. In den folgenden 10 Millionen Jahren (ca. 21-10 Mill. J. vor heute) wurden diese Sedimente wieder abgetragen und in die Molassezone umgelagert. Sie sind auf den Plateaus nur mehr in sehr geringen Resten erhalten. Durch die Versiegelung mit den Augenstein-Sedimenten blieb die Dachstein-Altfläche über 20 Millionen Jahre geschützt. In den letzten 10 Millionen Jahren sorgte Hebung in mehreren Schüben für die Zerschneidung der Altfläche und die Herausbildung der isolierten Hochplateaus. Die heutigen Plateaus stellen die durch Erosion modifizierten Altflächenreste dar. Die Oberflächen-Erosion wirkte während der Hebungsphase jedoch nur begrenzt, da die mächtigen Kalkstöcke durch Verkarstung vorwiegend nach innen erodiert wurden. Die Dachstein-Altflächenreste sind die ältesten erhaltenen Landformen in den Ostalpen und bilden eine faszinierende urtümliche Landschaft.

ABSTRACT

The elevated plateaus in the central and eastern Calcareous Alps represent remnants of the originally more than 10,000 km² large Dachstein paleosurface, which has been formed in late Eocene to early Oligocene times, about 35 Million years ago. During 10 Million years (ca. 31-21 My BP), up to more than 1 km thick sands and gravels, the Augenstein sediments, were deposited on top of the paleosurface. During the following 10 Million years (ca. 21-10 My BP), these sediments were eroded and redeposited in the Molasse zone. On the plateaus, they are preserved in very scarce remnants only. Due to the sealing with the Augenstein sediments, the Dachstein paleosurface had been preserved for about 20 Million years. In the last 10 Million years, uplift in several pulses caused dissection of the paleosurface and the formation of the isolated elevated plateaus. The actual plateaus represent the modified paleosurface. During uplift, surface erosion was efficient only to a limited extent, because the mighty limestone massifs allowed mainly internal erosion by karstification. The Dachstein paleosurface remnants are the oldest preserved landforms in the Eastern Alps and form a fascinating, primeval landscape.

I. EINLEITUNG

Eine der faszinierendsten Landschaften sind die kalkalpinen Hochplateaus, die gerade die Landschaft des Salzkammerguts so stark prägen (Abb. 1). Diese Landschaft fasziniert nicht nur wegen ihrer vielfältigen Karstphänomene, ihrer Abgeschiedenheit und Urtümlichkeit, sondern auch durch ihre Entstehungsgeschichte, die erst seit kurzer Zeit wirklich gut verstanden wird. Die erwähnte Urtümlichkeit kann wörtlich genommen werden. Die Plateaulandschaft ist zwar durch junge Erosionsprozesse geprägt, stellt aber dennoch ein Relikt einer uralten Landschaft dar, die vor rund 35 Millionen Jahren entstand. Der ursprüngliche Charakter dieser "Altfläche" ist so gut erhalten, dass man vermutlich mit Recht vom ältesten Landschaftsrelikt in den Alpen sprechen kann. Diese Altlandschaft wurde von uns als "Dachstein-Altfläche" bezeichnet, weil sie am Dachstein überwältigend und vielfältig überliefert ist (Abb. 2; Frisch et al. 2001, 2002). Mit der Geschichte der Dachstein-Altfläche sind auch die Augenstein-Sedimente eng verbunden, die als einzelne Gerölle oder kleine kompakte Vorkommen auf der Altfläche zu finden sind.

Dieser Artikel will aufzeigen, wie die Altfläche entstand und sich über mehr als 30 Millionen Jahre ohne allzu große Veränderung erhalten konnte. Dabei stellt sich als erstes die Frage, warum die Nördlichen Kalkalpen nur

¹⁾ Institut für Geowissenschaften, Universität Tübingen, Sigwartstraße 10, D-72076 Tübingen (Tel.: +49-7071-2972493; Fax: +49-7071-5059; e-mail: frisch@uni-tuebingen.de, kuhleemann@uni-tuebingen.de, istvan.dunkl@uni-tuebingen.de, balazs.szekely@uni-tuebingen.de)

in ihrem Mittel- und Ostteil Reste der Dachstein-Altfläche enthalten, nicht aber in ihrem Westteil. Vielfach wurde dies auf das Vorherrschen anderer Gesteinsformationen und auf einen unterschiedlichen tektonischen Baustil im Westen zurückgeführt: im Westteil kommt kein Dachsteinkalk vor, der die meisten Plateaus dominiert und als weit über 1000 m mächtiges, meist dickbankiges Schichtglied nicht zur Faltenbildung neigt und daher die Ausbildung großen flachen Geländes begünstigt.

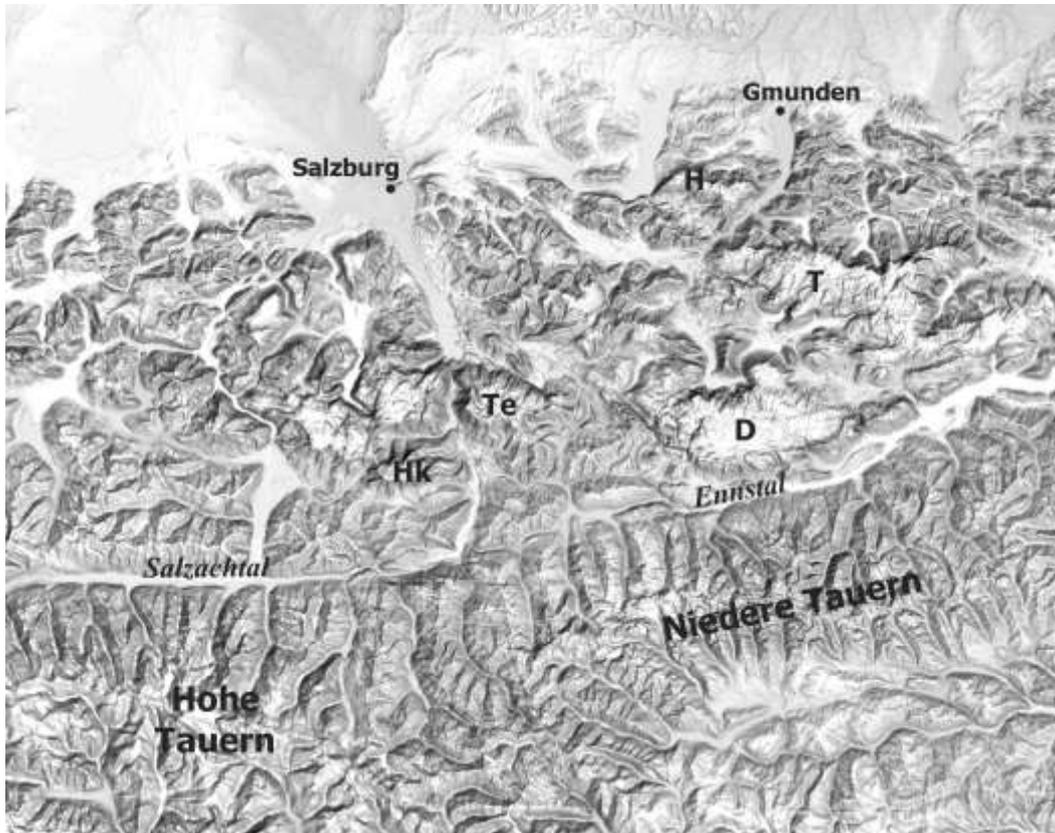


Abb. 1: Digitales Geländemodell der mittleren Kalkalpen und angrenzender Gebiete. Die Hochplateaus mit den Resten der Dachstein-Altfläche sind deutlich erkennbar (D - Dachstein, H - Hölleengebirge, Hk - Hochkönig, T - Totes Gebirge, Te - Tennengebirge). Der völlig andere Landschaftscharakter der Hohen und Niederen Tauern kommt klar zum Ausdruck.



Abb. 2: Hoher Dachstein (links), vom Stoderzinken aus gesehen. Vor der schroffen Dachsteinkulisse und im rechten Bildteil (Krippenstein) ist die flach liegende Dachstein-Altfläche klar zu erkennen. Am Kamm des Gjaidsteins (Horizont in der linken Bildhälfte) sind kleine Altflächenreste in nach Norden (rechts) verkippter Lage erhalten.

Eine genaue Analyse des Gebirgsschutts, der - nach der im Eozän vor rund 40-45 Millionen Jahren erfolgten Gebirgsbildung - in der Molassezone angehäuft wurde, ergibt folgendes Bild (Abb. 6). Die Kalkalpen westlich des heutigen Inn-Durchbruchs hatten schon im Oligozän, vor rund 30 Millionen Jahren, ein hohes Relief und schütteten grobe Gerölle in die Molasseschichten vor der Gebirgsfront. Ganz anders verhielten sich die Kalkalpen weiter östlich: sie waren Tiefland, wurden zuerst wenig, dann gar nicht mehr erodiert und schließlich von Sanden und Geröllen der Augenstein-Sedimente zugeschüttet, die von Flüssen aus den Zentralalpen im Süden kamen. Die Augenstein-Sedimente wuchsen zu einem mächtigen Schichtstapel an, der aber heute nur mehr in ganz spärlichen Resten vorhanden ist. Diese spärlichen Reste erzählen aber eine Menge über das Schicksal der Kalkalpen im Tertiär.

Wir stellen im folgenden die Geschichte der Kalkalpen im Bereich des Salzkammerguts für die letzten 40 Millionen Jahre dar (Abb. 3). Diese Geschichte ist jener der östlichen Kalkalpen ähnlich, auf die aber hier nicht eingegangen wird. Auf eine detaillierte wissenschaftliche Beweisführung für die dargestellten Szenarien verweisen wir auf die Literatur (Frisch et al. 2001 und 2002, mit weiterführenden Zitaten).

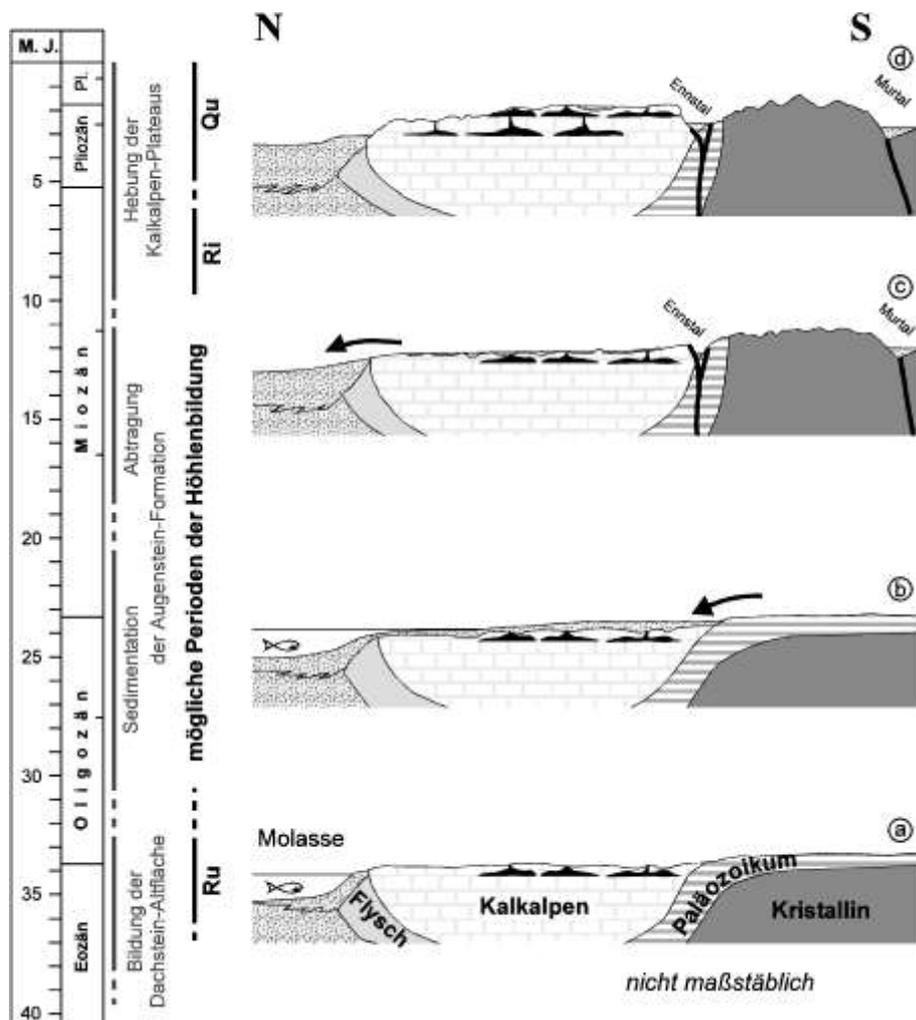


Abb. 3: Entwicklungsgeschichte der mittleren Kalkalpen in Profilen. Erläuterungen im Text.

II. DIE DACHSTEIN-ALTFLÄCHE ENTSTEHT

Die Kalkalpen wurden durch mehrfache tektonische Vorgänge seit dem späten Jura geprägt. Unmittelbar nach der letzten Gebirgsbildung im Eozän wurden sie der Erosion ausgesetzt und eingeebnet. Die Schichtglieder, die jünger als Trias sind, sind – mit Ausnahme von vereinzelt Gebirgsstöcken aus Plassenkalk (Oberjura), wie etwa Plassen, Sandling, Backenstein oder die Trisselwand – in den Kalkalpen relativ geringmächtig und weich. Sie wurden daher zu einem großen Teil abgetragen. Die mächtigen Triaskalke, allen voran der erwähnte Dachsteinkalk, gelangten dadurch über weite Gebiete an die Oberfläche. Sie waren gegenüber der Abtragung

resistenter, nicht nur weil sie widerstandsfähiger sind, sondern weil sie auch stark zur Verkarstung neigen. Auf diese Weise entstand im späten Eozän und im frühen Oligozän, in einem Zeitraum, der sich etwa zwischen 40 und 30 Millionen Jahren vor heute erstreckt, eine hügelige Karstlandschaft, deren heutige Reste wir als Dachstein-Altfläche bezeichnen. Diese Landoberfläche lag nur wenig über dem Meeresspiegel, die Höhen der Hügel erreichten vermutlich wenige hundert Meter. Ein tiefes Molassemeer erstreckte sich unmittelbar nördlich davon nach Osten und verband sich mit dem Paratethys-Meer im Bereich des heutigen Pannonischen Beckens. Unter der Karstfläche bildeten sich große Höhlen in nur geringer Tiefe, da der Grundwasserspiegel auf das Meeresniveau ausgerichtet sein musste. Diese Höhlen sind heute als Ruinen-Höhlensystem, nahe unter der Plateau-Oberflächen gelegen oder von dieser angeschnitten, erhalten (Abb. 3a).

Das durchschnittliche Alter der Dachstein-Altfläche dürfte bei rund 35 Millionen Jahren liegen, das entspricht ungefähr der Wende vom Eozän zum Oligozän (Abb. 3a). Ihr Gesamtareal zwischen dem heutigen Inn-Durchbruch und dem Wiener Becken betrug gut 10.000 km², etwa ein Achtel der Fläche Österreichs.

Die Altfläche bildete sich über große Areale auf dem dominierenden Dachsteinkalk der Obertrias, aber auch auf Juraschichtgliedern, wo diese noch erhalten blieben (z. B. im südwestlichen Toten Gebirge), oder Wettersteinkalk (Mittel- bis Obertrias; z. B. Höllengebirge). Auf der Altfläche war sicher auch der im nördlichen Teil der Kalkalpen verbreitete mächtige Hauptdolomit weithin aufgeschlossen, doch sind größere Altflächenreste in diesem wenig verkarstungsfähigen Material nicht mehr erhalten, weil hier die spätere Oberflächenerosion viel stärker wirkte (siehe unten).

III. WARUM DIE DACHSTEIN-ALTFLÄCHE ERHALTEN BLIEB - I: BEGRABEN UNTER AUGENSTEIN-SEDIMENTEN

Der nächste Abschnitt in der Entwicklung umfasst die Lieferung von Sanden und Schottern, die als Augenstein-Sedimente oder Augenstein-Formation bekannt sind. Die nur äußerst spärlich erhaltenen Reste sind zu einem guten Teil mehrfach umgelagert worden (Abb. 4a) und daher nur an wenigen Stellen in ihrer ursprünglichen Lage zu sehen (Abb. 4b). Der Name der Augensteine leitet sich vermutlich davon her, dass die kleinen, reinweißen Quarzgerölle, die einen guten Teil der Schotter ausmachen, zur Behandlung von Gerstenkörnern, also in der Augenheilkunde, verwendet wurden (frdl. Mitteilung von Bodo Hell, Wien). Die verschiedentlich geäußerte Vermutung, dass sie ihren Namen deshalb erhalten haben, weil die weißen Gerölle wie Augäpfel aussehen, dürfte demnach nicht zutreffen. Die Augenstein-Gerölle wurden in der Fachliteratur erstmals von dem bekannten Erforscher des Dachsteinmassivs F. Simony (1851) in einem kurzen Artikel erwähnt.

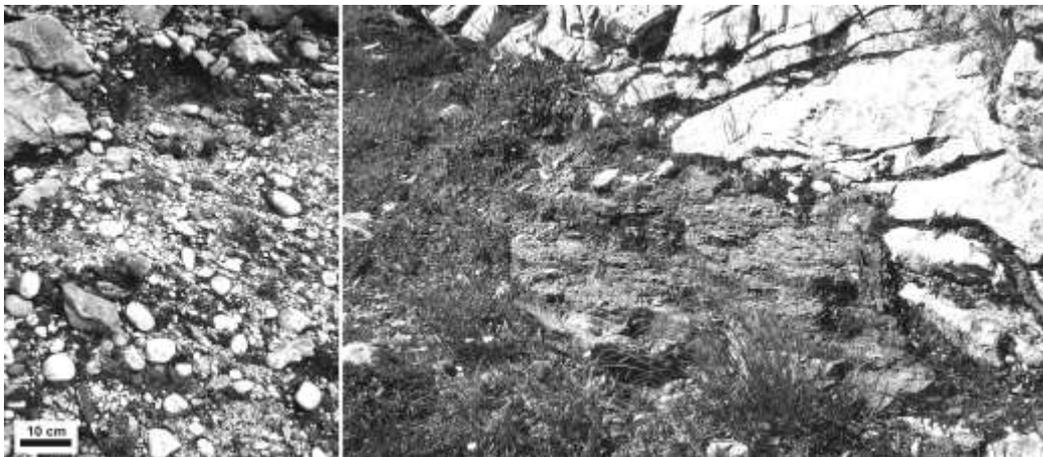


Abb. 4: (a, links) Umgelagerte und zusammenschwemmte Augenstein-Gerölle im Steinernen Meer. (b, rechts) Sande und Feinkonglomerate der Augenstein-Formation in ursprünglicher Lagerung in einer Spalte des Dachsteinkalks. Augensteindlgrube am Dachsteinplateau.

Während sich die Alpen im frühen Oligozän um ca. 30 Millionen Jahre vor heute generell zu heben begannen, sank das Tiefland der mittleren und östlichen Kalkalpen allmählich ab, sodass es von den Augenstein-Sedimenten zugeschüttet werden konnte (Abb. 3b). Die Ursache für die Absenkung ist nicht ganz klar, doch dürfte sie mit dem unmittelbar nördlich anschließenden tiefen Meerestrog zusammenhängen - vor den westlichen Kalkalpen, die zu dieser Zeit bereits ein Gebirge bildeten, war kein Meer mehr vorhanden, die Molassezone war hier verlandet und wurde von Flüssen weiter aufgeschüttet (Abb. 6). Zudem wiesen damals wie heute die östlichen Ostalpen eine deutlich dünnere Erdkruste als die übrigen Alpen auf, was nach dem Prinzip des Schwimmgleichgewichts geringere topographische Höhen bedeutet.

Die Augenstein-Sedimente bestehen fast ausschließlich aus Abtragungsschutt von meist schwach metamorphen Gesteinen, die aus der Grauwackenzone (älteres Paläozoikum) oder der Basis der Kalkalpen (jüngeres Paläozoikum bis Untere Trias) bekannt sind. Es sind dies vor allem Quarzgerölle, Quarzite und Sandsteine, Grünsteine und Porphyroide (beides metamorphe Vulkanite) und nur wenige Kalke. Dieses Gesteinsspektrum zeigt, dass das Herkunftsgebiet der Sedimente, das sind die Zentralalpen östlich des heutigen Tauernfensters (das damals noch nicht existierte), zur Gänze von den schwach metamorphen paläozoischen Gesteinen bedeckt war (Abb. 6). Die hochmetamorphen kristallinen Gesteine (Gneise, Glimmerschiefer etc.), die heute in den Niederen Tauern und weiten Bereichen südlich davon (z. B. Kor- und Saualpe) aufgeschlossen sind, waren zu dieser Zeit noch in der Tiefe vergraben.

Das Herkunftsgebiet der Augenstein-Sedimente war ein Mittelgebirge, das durchaus Höhen bis zu oder knapp über 1000 m erreichen konnte. Die Flüsse waren nach Norden ausgerichtet und bildeten auf der Augenstein-Sedimentfläche mäandrierende oder verzweigte Flusssysteme (Abb. 6). Die Sedimente wurden über rund 10 Millionen Jahre angeliefert. Die Ablagerung der Augenstein-Sedimente erstreckte sich nach der besten Schätzung zwischen etwa 31 und 21 Millionen Jahren vor heute (Oligozän bis frühes Miozän; Abb. 3b). Der Beginn der Sedimentation kann aus der gesamten geologischen Situation zu dieser Zeit wie auch aus Datierungen von Mineralkörnern, die in den Sedimenten enthalten sind, auf etwa 1-2 Millionen Jahre genau abgeschätzt werden. Das Ende der Augenstein-Sedimentation ergibt sich aus einem dramatischen Umbruch im Ostalpenbau, einer tektonischen "Revolution", im frühen Miozän um 21 Millionen Jahre vor heute (siehe unten). Im Sedimentationszeitraum von 10 Millionen Jahren wurden viele hundert Meter mächtige Sedimente aufgeschüttet. Im Dachsteinmassiv erreichte die Überlagerung der Altfläche durch die Augenstein-Sedimente deutlich über 1 km. Dies geht aus thermischen Modellierungen von sogenannten Uran-Spaltspuren im Mineral Apatit hervor, die zeigen, dass die erhaltenen basalen Augenstein-Sedimente Temperaturen erreichten, die einer Sediment-Überdeckung von deutlich über 1 km entsprechen.

IV. DIE MIOZÄNE TEKTONISCHE REVOLUTION

Im frühen Miozän brachen die Ostalpen unter ihrer eigenen Last zusammen. Der durch die Einengungsvorgänge bei der Gebirgsbildung verdickte Krustenstapel wurde instabil und kollabierte. Diese tektonische Revolution äußerte sich darin, dass die Ostalpen durch ein Nordwärtsdrängen des Südalpenblocks in Nord-Süd-Richtung zusammengedrückt wurden, aber in Ost-West-Richtung eine erhebliche Streckung erfuhren. Insgesamt wurden die Ostalpen um rund 50 Prozent länger, diese Streckung wurde durch die Nord-Süd-Verkürzung ausgeglichen. Dabei zerfielen sie in ein Blockpuzzle, die einzelnen Blöcke wurden gegeneinander verschoben (in einer Tiefe von über 10 km wurde die Kruste weniger bruchhaft als vielmehr durch plastische Verformung in ihrer Gestalt verändert). Auch die Kalkalpen wurden in zahlreiche Blöcke zerlegt, die sich gegeneinander bewegten und somit eine Neuordnung bewirkten.

Während dieses Umgestaltungsprozesses, der "laterale tektonische Extrusion" genannt wird (Ratschbacher et al. 1991), bildeten sich die großen Längstäler der Ostalpen wie die Salzach-Enns-Furche oder die Mur-Mürz-Furche heraus, die großen Störungszonen folgten. An den Störungen wurden tektonische Blöcke mehrere Zehnerkilometer aneinander vorbei geschoben. Die Taleinschnitte verhinderten die weitere Sedimentanlieferung von Süden, sodass die Augenstein-Landschaft von ihrer Sedimentquelle abgeschnitten wurde (Abb. 3c). Die Sedimentation wurde damit beendet. In der Folge wurden die Augenstein-Sedimente wieder abgetragen. Sie finden sich in der Molassezone wieder, wo riesige Schotterkörper voll mit Augenstein-Geröllen sind. Die Hauptperiode der Abtragung dauerte bis etwa 10 Millionen Jahre vor heute, dann war vermutlich der größte Teil dieser Sedimente - wenn auch nicht alles - in die Molassezone umgelagert.

V. WARUM DIE DACHSTEIN-ALTFLÄCHE ERHALTEN BLIEB - II: VERKARSTUNG STATT OBERFLÄCHEN-EROSION

Da die Dachstein-Altfläche bis zu 20 Millionen Jahre von Augenstein-Sedimenten bedeckt war, war sie vor Erosion geschützt. Sie muss jetzt nur noch 10 Millionen Jahre überstehen, und diese 10 Millionen Jahre fallen in eine Periode, in der die mittleren und östlichen Kalkalpen starker Hebung bis zum heutigen Hochgebirge ausgesetzt waren (Abb. 3d). Die Hebung erfolgte nicht kontinuierlich, wie sich aus den Höhlensystemen ableiten lässt. Unter dem schon früher gebildeten Ruinen-Höhlensystem finden sich noch zwei weitere Höhlensysteme mit großen verzweigten horizontalen Ganglabrynth, das Riesen-Höhlensystem (z. B. Dachstein-Eishöhle, Mammuthöhle, Eisriesenwelt des Tennengebirges) und das Quell-Höhlenniveau (z. B. Koppenbrüller Höhle), die sich jeweils nach den Talniveaus ausrichteten. Die horizontalen Höhlen-Gangsysteme bildeten sich zu Zeiten tektonischer Ruhe, weil sie lange Zeit zur Bildung beanspruchen. Das Riesen-Höhlensystem bildete sich vermutlich im späten Miozän (ca. 10 bis 6 Millionen Jahre vor heute), das Quell-Höhlensystem entsprechend später

(und bis heute). Dazwischen lag eine Zeit rascher Hebung.

Hebung und Reliefbildung sind natürlich mit Erosion verbunden. An Schwächezonen, vielfach den Störungszonen, die das Blockpuzzle hervorbrachten, konnten Flüsse angreifen und sich tief einschneiden. Dort, wo aber intakte Bereiche der Dachstein-Altfläche bestanden und mächtige Kalke anstanden, wirkte die Erosion weniger an der Oberfläche als in den Berg hinein. Die Kalkfolgen verkarsteten, es bildeten sich tiefe Dolinen, vertikale Schächte und, nach dem Grundwasserspiegel ausgerichtet, die langen verzweigten Höhlensysteme. Die alte Karstoberfläche wurde zwar modifiziert und insgesamt auch flächig abgetragen, doch hielt sich diese Abtragung in Grenzen. Auf diese Weise war es möglich, dass über weite Bereiche der gehobenen Altflächenreste der Charakter der Altfläche erhalten blieb. Einige Vorkommen von Augenstein-Sedimenten, die noch fest mit dem Untergrund verbunden sind, zeigen, dass tatsächlich die vor 35 Millionen Jahren gebildete, von den Sedimenten versiegelte Fläche noch heute erhalten ist (z. B. "Augensteindlgrube" am Dachsteinplateau; Abb. 4b). Dort, wo Dolomite oder andere, nicht-kalkige Gesteine anstanden, wirkte bei der Hebung die Oberflächenerosion und zerstörte die alte Landoberfläche. Gerade dort, wo die mächtigen Kalkabfolgen die Gebirgsstöcke aufbauen, war aber die Chance gegeben, dass Altflächen weitgehend erhalten blieben oder zumindest nur wenig abgetragen wurden, ihr Charakter aber erhalten blieb. Wir sprechen in diesen Fällen von "modifizierter Altfläche". Der Grad der Veränderung der ursprünglichen Fläche ist freilich nicht mehr auszumachen. Wenn wir heute über die Plateaus der Kalkhochalpen wandern, können wir uns aber in die geologische Vergangenheit zurückversetzt fühlen. Abgesehen vom Pflanzenbewuchs muss es ganz ähnlich gewesen sein, wenn man im frühen Oligozän über diese Fläche gewandert wäre, lange bevor der Mensch sich entwickelte.

Diese letzten 10 Millionen Jahre haben einen guten Teil der Dachstein-Altfläche zwar zerstört, dennoch sind erhebliche Reste der modifizierten Altfläche erhalten geblieben. Das eindrucksvollste Beispiel sind der Dachstein und das Tote Gebirge - getrennt durch die Mitterndorfer Senke, in der andere Gesteine auftreten: vielfach solche der Hallstätter Zone, die nicht die einheitlichen, mächtigen Trias-Kalkfolgen enthält, sondern eine viel kleinräumigere geologische Struktur mit zahlreichen leicht verwitterbaren Gesteinen neben Kalksteinen aufweist. In dieser Zone konnte sich die Altfläche nicht erhalten, sie ist vollständig zerstört. Aber in der Luft verbunden kann man sich gut die Fortsetzung der Altfläche des Dachsteins im Toten Gebirge vorstellen, wie Abbildung 5 zeigt. Dieses Bild wurde an einem klaren Wintertag vom Schafberg nördlich des Wolfgangsees aufgenommen. Es vermittelt einen Eindruck von der unglaublich großen und einförmigen Fläche, die sich in diesen beiden Gebirgsstöcken über 500 km² erstreckt.



Abb. 5: Panorama des Toten Gebirges und des Dachsteinmassivs, vom Schafberg bei St. Wolfgang aus gesehen. Links der Große Priel, links der Mitte der Grimming, rechts der Hohe Dachstein. Das Bild vermittelt den Eindruck vom Ausmaß der Dachstein-Altflächenreste.

VI. DIE DACHSTEIN-ALTFLÄCHE DES DACHSTEINMASSIVS

Im Dachsteinmassiv können wir die Dachstein-Altfläche in unterschiedlichen Lagen und Erhaltungszuständen studieren. Die miozäne Blocktektonik bewirkte, dass einzelne Blöcke unterschiedlich stark gehoben oder bei der Hebung auch gekippt wurden. Dadurch gelangte die Altfläche in unterschiedliche Höhen und Lagen. Im zentralen Dachsteinmassiv liegt die Fläche - wie auch über weite Areale im Toten Gebirge, bretteben und vermittelt wahrscheinlich sehr gut den Charakter der ursprünglichen Fläche, ist also nur wenig modifiziert (Abb. 2 rechts, 7b). Auch die Gletscher der Eiszeit bewirkten keine grundlegende Umgestaltung, weil sie wie Plateaugletscher auf den flachen Hochflächen lagen und sich kaum bewegten. Nur randlich flossen sie über und schnitten steile U-Täler in die Felsabbrüche wie am Nordabfall des Dachsteins.

Das westliche Dachsteinmassiv weist hingegen einen ganz anderen Charakter auf. Es ist ein schroffes Gebiet mit ausgesprochenem Hochgebirgscharakter. Und dennoch sind hier Altflächenreste sehr überzeugend erhalten. Schon auf der Geologischen Alpenvereinskarte des Dachsteinmassivs 1:25.000 von 1954 sind diese Flächenreste auskartiert, und auf der topographischen Grundlage dieser Karte kommen sie ausgezeichnet zum Ausdruck (auf der ÖK50 sind sie hingegen nicht zu erkennen). Die Flächenreste sind hier in zwei verschiedenen tektonischen Blöcken um ca. 10° nach Norden verkippt (Abb. 2 links, 7b). Durch die Verkipfung gab es auch bei der Vereis-

ung keine Plateaufläche mehr, und die Gletscher konnten mit ihrer Erosionskraft angreifen. Vermutlich haben schon vor der Eiszeit Flüsse erodierende Vorarbeit geleistet. Durch die Erosion wurde die Altfläche im westlichen Dachsteinmassiv weitgehend zerstört, die wenigen, aber sehr gut erhaltenen Reste lassen dennoch eine genaue Rekonstruktion ihrer Lage in den zwei tektonischen Blöcken zu.

Die Situation des Dachsteins mit seinem Plateau und seinen steilen Wandabfällen sowie den Unterschieden in der Erhaltung der Altflächen kommt in einer Digitalen Darstellung der Hangneigungen sehr gut zum Ausdruck (Abb. 7a). Die Farbkodierung zeigt den völlig flachen Teil des zentralen Dachsteins und die steilen Abfälle am Rand des Massivs. Das westliche Dachsteinmassiv spiegelt in seiner Buntheit in der Darstellung die rauhe, zerfressene Oberfläche wider. Eine Ähnliche Verkippung der Altfläche wie im westlichen Dachstein erfuhrt das Hochkönigmassiv. Dort ist die ebenfalls nach Norden um rund 10° abfallende Fläche allerdings nicht so stark zerschnitten, sondern noch eher als eine verkippte, allerdings modifizierte Altfläche zu erkennen.

VII. AUSBLICK

Dem Naturliebhaber und Wanderer sollte mit dieser Beschreibung der Dachstein-Altfläche vor Augen geführt werden, dass er sich auf den Kalkalpen-Plateaus auf einem ehrwürdigen Relikt aus der geologischen Vorzeit bewegt. Es gibt Zonen auf der Erde, die einem raschen geologischen Wandel unterliegen, andere, die sich auch über hunderte Millionen Jahre nur wenig verändern. Zu den letztgenannten gehören alte eingerumpfte Kontinentschilde, wie sie zum Beispiel in Kanada, Australien oder auch im Baltikum auftreten. Junge Gebirge gehören wegen ihrer aktuellen Dynamik zu den sich rasch verändernden Gebieten - Gebirgsaufbau durch tektonische Kräfte und Gebirgsabbau durch Erosion wirken Hand in Hand und im Widerstreit. Wenn in einer solchen dynamischen Region alte Landoberflächen nur wenig verändert erhalten bleiben, ist dies etwas Besonderes, das nur durch das Zusammenwirken mehrerer Umstände zustande kommen kann, so wie es hier aufgezeigt wurde. Der Wanderer möge die Einzigartigkeit und die seltsame Schönheit dieser Landschaft bewusst erleben.

ANHANG I: LITERATUR

- Frisch W., Kuhlemann J., Dunkl I., Székely B. 2001. The Dachstein paleosurface and the Augenstein formation in the Northern Calcareous Alps - a mosaic stone in the geomorphological evolution of the Eastern Alps. *International Journal of Earth Sciences (früher Geologische Rundschau)* **90**, 500-518, Berlin.
- Frisch W., Kuhlemann J., Dunkl I., Székely B., Vennemann T., Rettenbacher A. 2002. Dachstein-Altfläche, Augenstein-Formation und Höhlenentwicklung - die Geschichte der letzten 35 Millionen Jahre in den zentralen Nördlichen Kalkalpen. *Die Höhle* **53/1**, 1-37, Wien.
- Ratschbacher L., Frisch W., Linzer H.G., Merle O. 1991. Lateral extrusion in the Eastern Alps, part 2: structural analysis. *Tectonics* **10**, 257-271, Washington D.C.
- Simony F. 1851. Beobachtungen über das Vorkommen von Urgebirgsgeschieben auf dem Dachsteingebirge. *Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt* **2(2)**, 159-160, Wien.

Abb. 6 (siehe nächste Doppelseite): Rekonstruktion der Topographie und Geologie der Ostalpen für das späte Oligozän vor etwa 25 Millionen Jahren. Der Ur-Inn folgte einer Störungszone und hatte teilweise einen ähnlichen Verlauf wie heute. Westlich des Ur-Inns bildeten die Kalkalpen ein gebirgiges Land, das die Molassezone mit Sand- und Geröllmaterial belieferte. Östlich des Ur-Inns lag ein Tiefland, in dem die mittleren und östlichen Kalkalpen von den Augenstein-Sedimenten zugedeckt wurden (D - Dachstein). Das Liefergebiet der Augenstein-Sedimente waren großteils paläozoische Schichtfolgen im Süden (östliche Zentralalpen). Die Ostalpen waren zu dieser Zeit weniger in West-Ost-Richtung gestreckt als heute. HWS - ungefähre Verlauf der Hauptwasserscheide.

Abb. 7 (siehe nächste Doppelseite): (a) Digitale Hangneigungskarte des westlichen und zentralen Dachsteinmassivs. Die Farbkodierung gibt die Neigungswinkel der Hänge wieder, von violett (horizontal) und blau (flach) über grün und gelb bis rot (steil). (b) Skizze desselben Ausschnitts. Die Abbildung verdeutlicht den Unterschied zwischen dem sehr flach liegenden zentralen Dachsteinplateau und dem westlichen Dachsteinmassiv, in dem die Altfläche verkippt und zerschnitten ist.

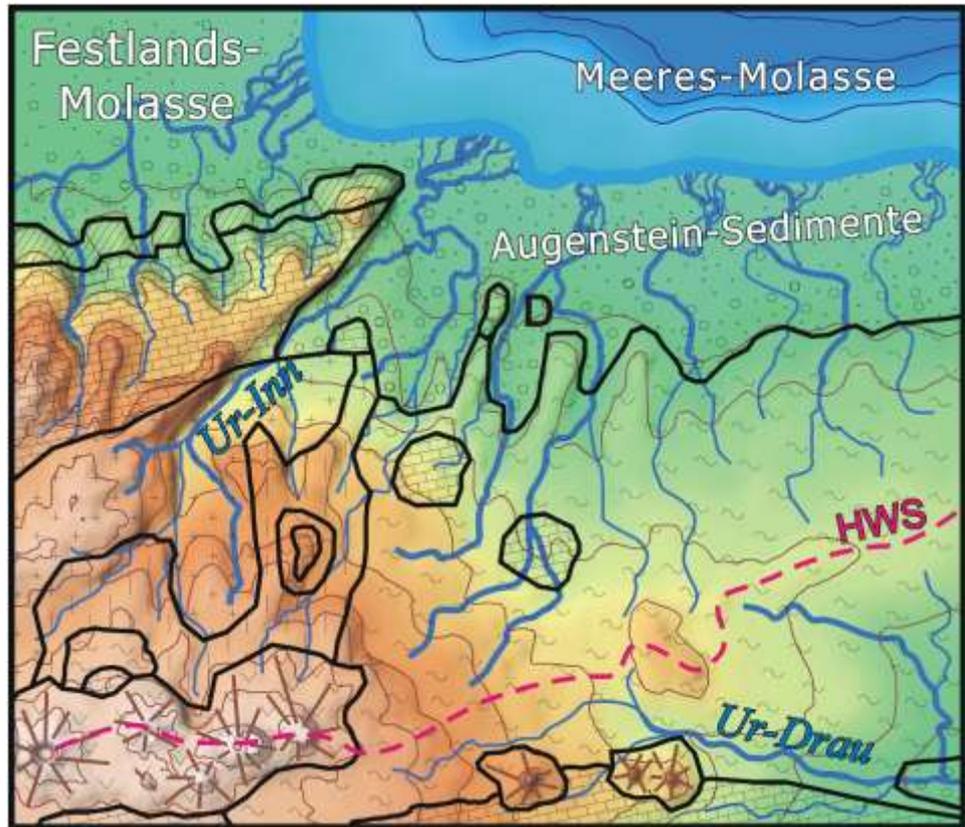


Abb. 6: Text siehe vorangegangene Seite

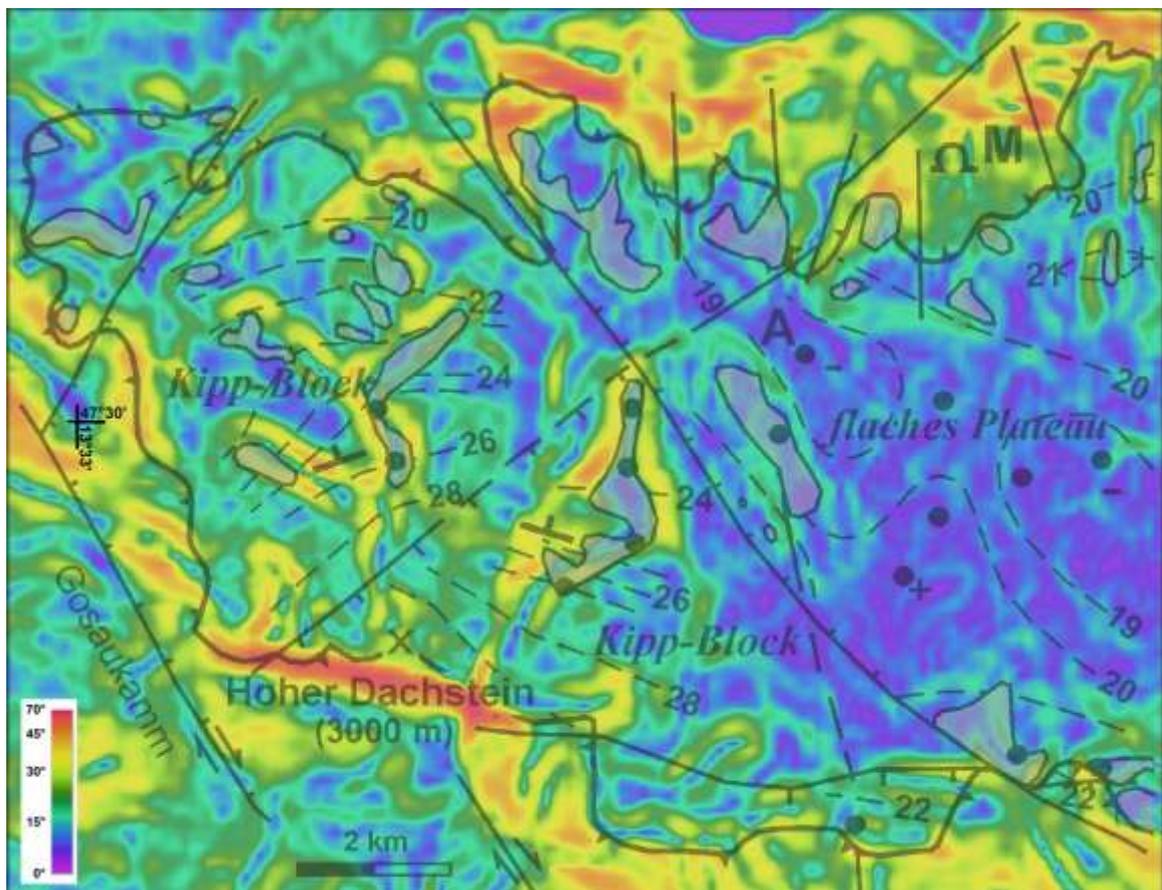


Abb. 7a: Text siehe vorangegangene Seite



Legende zu Abb. 6

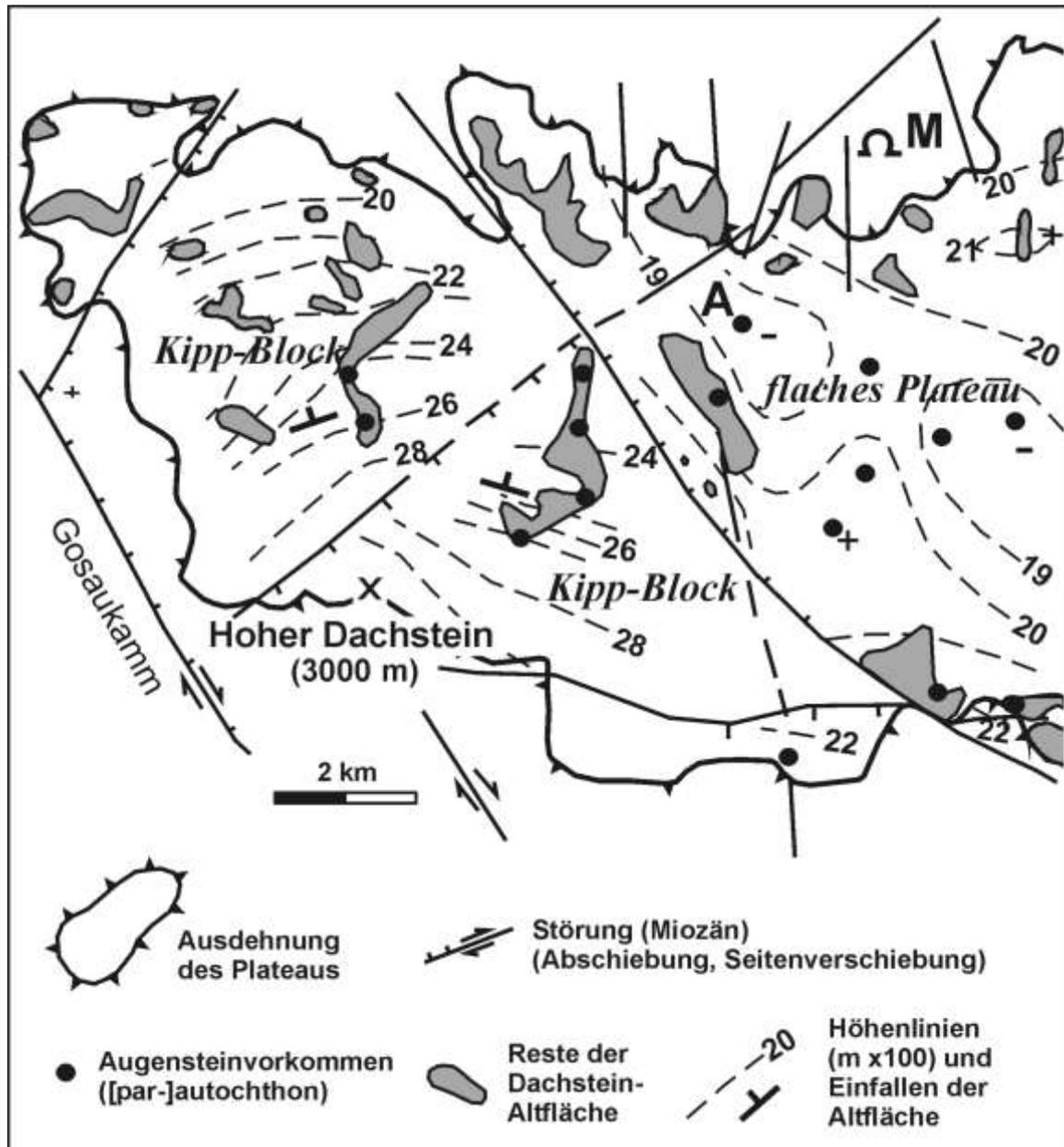


Abb. 7b: Text sieh 2 Seiten zuvor

