

Zur Frage des Alters der Oberflächenformen der östlichen Kalkhochalpen.¹⁾

Von Dr. Gustav Götzing.

(Mit 4 Abbildungen auf 2 Tafeln.)

Die Oberflächenformen der östlichen Kalkhochalpen, die bekanntlich in einen nördlichen Zug (Hochkar, Dürrenstein und Ötscher) und in einen südlichen Zug (Hochschwab, Veitsch-, Schneealm, Rax und Schneeberg) eingeteilt werden, bieten dem morphologisch geschulten Auge eine Mannigfaltigkeit von Oberflächentypen dar. Den flachgewölbten Plateauformen stehen die Formen der tiefen Täler gegenüber, die bald glaziale, bald fluviatile Gestaltung zeigen; die glazialen Erosionsformen, besonders am Plateaurand, und die Karstformen der Plateaus bilden wieder Formentypen für sich dar.

In einem kürzlich erschienenen Buch²⁾ hat der Verfasser versucht, eine Analyse der Formen für den Dürrensteinstock durchzuführen. Da er die übrigen Plateaus seit vielen Jahren aus eigener Anschauung kennt und dank einer Subvention des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins kürzlich im südlichen Zug der Kalkhochplateaus Spezialstudien beginnen konnte, so sei die Frage nach dem Alter der Oberflächenformen für die östlichen Kalkhochalpen hier kurz dargelegt.

Beginnen wir entgegen der sonstigen Gepflogenheit mit den Detailformen, um durch deren Abtrennung den Formentypus der Großformen erkennen zu können.

¹⁾ Die folgenden Ausführungen knüpfen im wesentlichen an einen Vortrag des Verfassers im Februar 1912 in der k. k. geologischen Reichsanstalt an, wobei hier aber besonders das Geomorphologische stärker betont sei.

²⁾ G. Götzing, Geomorphologie der Lunzer Seen und ihres Gebietes. Aus: Die Lunzer Seen, Bericht über die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Aufnahmen im Arbeitsgebiete der Biologischen Station Lunz. I. Theil Physik, A Suppl. Heft zur Internat. Revue d. gesamten Hydrobiol. u. Hydrogr. 1912.

Auf allen unseren Kalkhochalpenplateaus spielen die Karstformen eine große Rolle. Die Verkarstung ist durch die Gesteinsbeschaffenheit, vornehmlich durch den Dachsteinkalk gefördert; doch fehlen die Karstformen auch nicht im Wettersteinkalk, ja ich sah sie sogar in einem dolomitischen Kalk, in einem Gestein, das man sonst wegen seiner Verwitterungsformen als Dolomit ansprechen würde, welches jedoch noch immer, wie die Salzsäureprobe zeigte, reichlich Kalk enthielt.

Von den drei Entwicklungsstadien der Karstdolinen, der steilwandigen „Jama“, der trichterförmigen Doline und der flachschüsselförmigen „Uvala“, ist die trichterförmige Doline am verbreitetsten. Die reihenförmige Anordnung entlang von tektonischen Linien, Klüften konnte ich wiederholt, besonders am Hochschwab beobachten. Ganz unvermittelt sind Dolinen in oft völlig glatte Gehänge eingesenkt, wodurch Störungen der glatten, flachkuppigen Abdachungsböschungen der Hochplateaus verursacht werden. Gerade bei den Dolinen drängt sich die Vorstellung auf, daß die Karstformen jüngere, in die Plateauflächen eingeschachtelte Formen sind, während die flacheren, uvalenförmigen Dolinen sich mit den älteren Gehängen der Plateauformen verflößen können. Berücksichtigt man, daß die Dolinen vielfach in glaziale Formen (Gletscherschliffe, Karböden) eingeschaltet sind, so folgt daraus, daß die heutigen Kleinformen des Karstes im wesentlichen postglazialen Alters sind, was sicherlich namentlich für die Rillen und Kluftkarren gilt.

Die Dichte der Dolinen ist auf den verschiedenen Plateaus sicherlich eine verschiedene. Nach meiner Schätzung sind Schnee- und Veitschalm relativ arm, Hochschwab und Dürrenstein dagegen reich an Dolinen. Eine zahlmäßige Angabe darüber können wir nicht machen. Jedenfalls wäre in Anbetracht der schönen Ergebnisse von Distel und Scheck¹⁾ die genaue kartographische Aufnahme der Dolinen auf den Plateaus und die planimetrische Bestimmung von deren Areal gewiß lohnend. Sie würde erkennen lassen, ob für die Dolinenbildung vornehmlich die morphologische oder die Gesteinsbeschaffenheit oder die Durchklüftung des Gebietes von ausschlaggebender Bedeutung ist.

¹⁾ L. Distel und F. Scheck, Das Plateau des Zahnen Kaisers. Kartographisch-morphologische Studie. Landeskundl. Forschungen, herausg. von der Geogr. Ges. München, H. 11, 1911.



Phot. Götzinger.

Fig. 1. Die Kuppe des Dürrensteins, die Verebnungsfläche der Glatzing (links) überragend. Modifikation der Plateauformen durch glaziale Erosion. Kar und Kartreppen zum vereisten Obersee. (Zu S. 41 u. 51.)



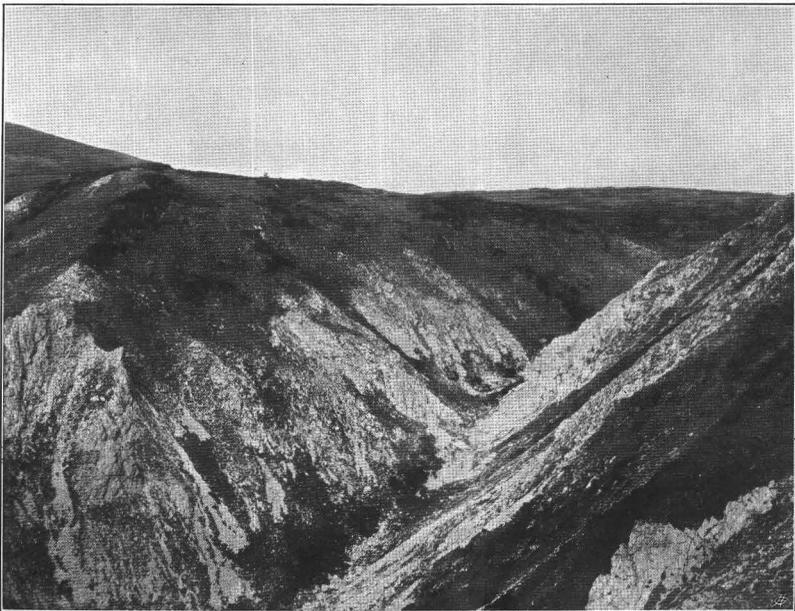
Phot. Götzinger.

Fig. 2. Das Plateau der Rax vom Schneeberg aus (vom linken Gehänge oberhalb der Bockgrube). Die Wände des glazialen Trogtales des Gr. Höllentales in der Bildmitte, links postpontische Wildbachtrichter; vorn die durch glaziale Untergrabung entstandene Wand des glazialen Tales der Bockgrube. (Zu S. 41.)



Phot. Götzing.

Fig. 3. Verebnungsfläche des Ochsenbodens (Damböckhaus) mit dem Waxriegel vom Westabhang des Hochschneeberges. Alte Plateaulandschaft, links junge Gehängeformen. (Zu S. 42 u. 45.)



Phot. Götzing.

Fig. 4. Eingreifen der jungen Talformen (postpontische Tiefenerosion) in die alte abgefachte Kuppenlandschaft im nordöstlichen Teile der Schneealm. Die Kuppe des Ameisbühel links überragt eine lokale Verebnungsfläche. (Zu S. 42.)

Die Modifikation der Plateaiformen durch Dolinen ist auf die ganze Fläche verteilt und meist keine große. Das gleiche gilt von den Glazialformen, die auf unseren Plateaus nicht dominierend sind, während sie die morphologische Gestaltung der meisten Täler rings um die Hochplateaus bedingen. Der glaziale Formenkomplex, bekanntlich in Kar, Kartreppe (Taf. VII, Fig. 1) und Trog bestehend, verursacht zwar tiefere und größere Kerben in der Plateaulandschaft, doch beschränkt sich diese glaziale Beeinflussung im Bereiche der Plateaus nur auf wenige Linien.

Auf den Plateaus des Schneeberges z. B. finden wir sozusagen keine Glazialformen, während die Flanken daran reich sind (Bockgrube [Fig. 2], Ries). Auf der Rax sind nur zwei kleine Kare (nördlich von der Heukuppe: „Kar“ genannt und ein Karansatz unter der Haberfeldkuppe, im obersten großen Kesselgraben). Das einzige typische Trogtal, das des Großen Höllentales (Fig. 2), setzt sich aufwärts in morphologisch abgeschwächter Weise fort, da das Tal unterhalb der Lechnerwand nur eine einseitige glaziale Beeinflussung aufweist. Gar auf den Plateaus der Schnee- und Veitschalm treten die Glazialformen ganz zurück, während am Hochschwab eine teilweise lokale Modifizierung zu beobachten ist. Namentlich sind die Kare zu erwähnen, welche gegen das Plateau der Sonn- schienalm und Häuselalm ausmünden. Ein sehr breites Kar öffnet sich z. B. südlich vom Polster (1988 m, östlich vom Ebenstein). Auch die Einzugsgebiete der schönen Treppenkare des Sackwiesensees und der Sackwiesenalm weisen bis zu den höchsten Plateauhöhen glaziale Modellierung auf. Mächtige Kare sind ferner z. B. das östlich von der Hohen Weichsel, das mit einer großartigen Talstufe zur Roßhöhle sich absenkt, das Kar des Oberen Ringes und das Gschöderer Kar.

Die Plateauflächen sind also arm an glazialen Erosionsformen, die dafür den oft tief herabstürzenden Tälern das charakteristische Gepräge verleihen. Zahlreiche Beispiele könnten dafür angeführt werden: Auf der Schneelalm besonders das gegen Südosten unterhalb des Lohmsteins laufende Trogtal; auf der Veitschalm ist namentlich der Trogcharakter im Veitschalpengraben prächtig entwickelt; aus dem Hochschwabgebiet wären im Norden vor allem das Brunntal mit seinen Trogwänden und mächtigen Schutthalden, im Süden das Trawiesen-Buchbergtal und das Jassingtal zu erwähnen oder das Trogtal der „Klamm“ zwischen Pribitz und Meßnerin, das aus dem Treppenkar des Sackwiesensees und der Sackwiesenalm unter Bildung einer Talstufe hervorgeht.

Das Zurücktreten der Glazialformen auf den Plateaus kann nicht wundernehmen. Es lag während der Eiszeit eine Plateauvergletscherung vor (meist der norwegische Typus der Vergletscherung), von wo aus das Eis in mehreren Gletscherzungen abfloß. Erst diese in die präglazial vorgebildeten Täler herabstürzenden Eiszungen haben eine kräftige Erosion entfaltet, während das Eis oder besser der Firn auf den Plateaus wegen seiner flächenhaften Ausbreitung nur eine sehr bescheidene Erosion ausübte.

Je nach der verschiedenen Rückwärtserosion der Täler haben die Plateauflächen eine Reduktion in verschiedenem Maße erfahren, wie ein Vergleich der Plateaus auf den topographischen Karten erkennen läßt. Kare, Trogschlüsse und Wildbachtrichter (Taf. VIII, Fig. 4) rücken den Plateauperipherien zu Leibe.

Die Täler in der Umrahmung des Plateaus sind, abgesehen von der glazialen und postglazialen Umgestaltung, vor allem pliozäne und obermiozäne Erosionsleistungen. Sie haben durchaus den Charakter von jungen Talformen unter dem Einfluß der glazialen Gestaltung.

Im deutlichen Gegensatz zu den jungen Talformen stehen die stark abgeboßten, alten Formen der Plateaus, wie an vielen Beispielen gezeigt werden könnte. Die Plateauperipherien sind wieder ein neues Formenelement. Sie sind nicht unter den heutigen Erosionsverhältnissen entstanden. Von den Karstformen und den gelegentlichen, aber selteneren Glazialformen abgesehen, sind die Böschungen auf den Plateaus stark ausgeglichen und bedeutend abgetragen. Als eine Kuppenlandschaft, die zuweilen sehr flach ist, können die Plateauperipherien bezeichnet werden.

Gelegentlich kommen ebene Flächen, Verebnungen, vor, die als Verebnungsflächen angesprochen werden müssen, da sie die auferichteten Schichten durchschneiden. Solche Verebnungsflächen habe ich im Gebiete des Dürrensteins beobachtet (Scheiblingstein, Hetzkogel), über die sich der Dürrenstein, Springkogel usw. als Kuppen erheben. Der Schneeberg steigt als ziemlich flache Kuppe über die Verebnungsfläche des Kuhschneeberges und des Ochsenbodens an (Taf. VIII, Fig. 3), gegen den die Verebnungsfläche des Gahns offenbar abgesunken ist. Eine ausgezeichnete Verebnungsfläche befindet sich südlich vom Hauptkamm des Hochschwab in der allerdings durch Dolinenbildung stark modifizierten Plateaufläche der Sonnschianalm. Über sie erheben sich die Höhen des Hochschwabzuges, so namentlich der Ebenstein usw., als eine

Mittelgebirgslandschaft, die immerhin noch einige hundert Meter Höhe aufweist. Im Südwesten verflößt sie sich allmählich mit den flachen Abtragungsgehängen der Gsollmauer und der Bösen Mauer.

Es sind also die Plateaus keine einheitliche Verebnungsfläche, keine Peneplain, sondern eine Hügel- oder Berglandschaft mit Mittelgebirgsformen. Es läßt sich nirgends konstatieren, daß das Plateau ganz zu einer Rumpffläche eingebnet worden ist. Der Höhenunterschied der Hügel- und Kuppenlandschaft hält sich aber meist in viel geringeren Grenzen im Vergleich zum Höhenunterschied zwischen den Plateaus und den tiefen Einschnitten der jüngeren Täler.

Die Abfälle der Plateaus zeigen durchaus Steilformen (Fig. 3), die je nach der Gesteinsbeschaffenheit selbst zu größeren Wandbildungen hinneigen. Mäßig im Vergleich zur Rax sind die Wände der Schnee- und Veitschalm, da die Kalke nicht so dickbankig sind und vielfach Dolomit sie vertritt. Durch langsam zurücktretende Wände wird natürlich die Erhaltung der Plateaiformen gefördert. Lehrreich ist in dieser Beziehung das westliche Raxplateau. Hinter der Scheibwaldmauer und Kahlmauer sind die alten Plateauflächen der Rax deutlich konserviert, weil diese Mauern nur langsam durch Rückwärtserosion verlegt werden. Dagegen dringt zu den beiden Mauern im sogenannten Kleinen und Großen Gries und im Bärenloch die jüngere Erosion viel höher hinauf und viel weiter gegen Osten, weil hier nach Geyers Karte Werfener Schiefer austreicht.

Zahlreich sind die Beispiele für asymmetrische Berge, die durch die Aneinandergrenzung der beiden Formentypen der Plateaus und Täler entstehen. Vom Plateau sind sie leicht zu erreichen, von den Tälern aus dagegen bieten ihre Wände oft schwierige Klettereien dar (ich führe nur an: die Donnerwand im Waxeneckstock, den Ebenstein im Hochschwabstock).

Die Plateaiformen bilden also einen neuen Formentypus für sich. Sie haben „reife“ oder „alte“ Abtragungs- und Erosionsformen im Gegensatz zu den jungen Formen der heutigen Täler der Umrahmung. Sie sind sicher älter als nur präglazial und älter als die schon vorwiegend im Pliozän und Obermiozän tief erodierten Täler.

Die Altersbestimmung dieser Oberflächen läßt sich mit Hilfe der geohistorischen Entwicklung des Wiener Beckens präzisieren, die durch die Untersuchungen von Hugo Hassinger

ausgezeichnet geklärt worden ist. Im Jahre 1907 habe ich bei Erörterung der morphologischen Verhältnisse der Kalkvoralpen¹⁾ auf die Tatsache aufmerksam gemacht, daß die verschiedenartigen Gesteine der Kalkalpen je nach ihrer Beschaffenheit die Bildung von verschiedenen „jungen“ und „reifen“ Formen verursachen, indem selbstverständlich in dem weicheren Gestein die Entwicklung zu den flacheren Abtragungsformen rascher erfolgt als in den massigen, durchlässigen Kalken, daß aber trotzdem der sonst sehr widerstandsfähige Dachsteinkalk gelegentlich, was zunächst befremdend erscheint, in den höheren Lagen flache Kuppen bildet (Hohe Mandling, Hohe Wand, Badener Lindkogel). Da die Talbildung in den Voralpen und auch an den Rändern der Hochplateaus eine vornehmlich postpontische ist, da der pontische See nach den Studien von Hassinger im Wiener Becken randlich sehr hoch stand und die pontischen Terrassen gelegentlich in diese alten Kuppen eingekerbt sind, so würden diese von der postpontischen Erosion noch nicht erreichten flachen Kuppen der vorpontischen Zeit angehören. Doch können die Formen nicht sarmatisch sein, da der sarmatische Strand viel tiefer als der pontische lag, damals also der Höhenunterschied zwischen den Bergen und der Erosionsbasis des sarmatischen Strandes sehr groß war; deshalb herrschte Tiefenerosion am Rande des Gebirges und es war keine Veranlassung zur Ausbildung von stark abgetragenen Formen mit Einebnungen gegeben, wie sie die flachen Kuppen z. B. des Göller, Ötscher und deren morphologische Äquivalente an den Hochplateaus darbieten. Zu Einebnungen sind ja Flüsse mit geringem Gefälle notwendig. Zur sarmatischen und auch zur mediterranen Zeit, deren Strand sich in ähnlicher Höhe hielt, fand im Randgebirge jedenfalls Tiefenerosion statt, wie auch die großen Blöcke in den sarmatischen und mediterranen Schichten beweisen. Wenn also auch in dieser Zeit die Bildung der abgeflachten Formen unmöglich war, so müssen sie vormediterran, also etwa altmiozän sein.

Wir kommen damit zur Konstatierung eines verhältnismäßig sehr hohen Alters von Landoberflächen, deren Erhaltung aber durch die Durchlässigkeit und geringe Abtragbarkeit der die Plateaus zusammensetzenden Kalke bedingt ist (was ja bekanntlich auch im Karste der Fall ist, allerdings dort im Kreidekalk) und

¹⁾ Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen. Pencks Geogr. Abh. IX/1, 1907, S. 129.

durch den Umstand, daß weder die obermiozäne und pliozäne fluviatile Tiefenerosion, noch die glaziale Erosion die Plateauflächen ganz reduzierten.

Zur Zeit der Entstehung der Kuppenlandschaft hingen natürlich die alten Landoberflächen, von denen wir die Reste nunmehr in den Hochalpen antreffen, zusammen; die jüngere Erosion hat eben besonders in den Dolomitgebieten zwischen den Hochplateaus eingesetzt und so stark ausgeräumt, daß sich hier von den hochgelegenen, altmiozänen Formen nichts mehr erhalten hat. Besonders im Bereiche der Dolomitregion liegt also die heutige Landschaft tief unter der altmiozänen Oberfläche.

Die Analyse der Formen auf den Kalkhochplateaus selbst ergibt die Unterscheidung zwischen den flachen Abtragungskuppen und den lokalen Verebnungsflächen. Die Kuppen sind das Ergebnis der Abtragung (Denudation), allerdings einer andern als der heutigen, die sich ja jetzt in der Vertikalzirkulation des Wassers in die Klüfte und daher in der Entwicklung des Karstphänomens äußert. Zur Zeit der Entstehung der flachen Kuppen konnten die Bedingungen für die Entwicklung des Karstphänomens noch nicht bestanden haben, es muß das Grundwasser sehr viel höher über der heutigen Landoberfläche gestanden haben als heute. Die Bildung der glatten Gehänge erfordert die Entwicklung von zusammenhängenden Schuttdecken im Sinne meiner 1907 (a. a. O. S. 104) geäußerten Theorie, da bei nicht zusammenhängenden Schuttdecken mehr die Gesteinsunterschiede durch die Denudation hervorgekehrt werden und die getreppten Gehängeprofile entstehen. Die Glätte der Gehänge trotz der seitherigen Verkarrung und Verkarstung spricht wohl auch für die Entstehung der Abtragungsformen in einer anderen Klimaperiode, wie ich auch bereits a. a. O. angedeutet habe.

Die lokalen Verebnungsflächen lassen sich wohl in erster Linie nur durch fluviatile Erosionswirkung (Lateralerosion) erklären, jedenfalls nicht etwa als marine Abrasionsformen, da sie zu große Verbreitung und oft direkten Talbodencharakter haben, indem sich die Verebnungsfläche mit den Kuppenformen sanft verflößt (Fig. 3).

Die entsprechenden fluviatilen Ablagerungen in Form von Kalkschottern und Konglomeraten habe ich nirgends angetroffen, was aber kein Beweis gegen die fluviatile Entstehung zu sein braucht, wenn man bedenkt, daß die Oberflächen schon alt

sind und daher die Kalkschotter bereits aufgelöst wurden.¹⁾ Dafür aber hatte ich das Glück, deutlich gerollte Quarzgerölle häufig auf den Verebnungen und außerhalb der Verebnungen, was spätere Umlagerungen beweist, noch vorzufinden.

Zahlreiche Funde davon habe ich am Hochschwab gemacht. Es findet sich da eine ausgezeichnete Verebnungsfläche, die vom Hauptzug überragt wird, in über 1500—1600 m Höhe, die allerdings durch Dolinen stark durchlöchert ist, auf der ich aber an zahlreichen Stellen massenhaft Quarzgerölle in Nester- oder Fetzenform zwischen dem Kalk konstatiert habe. So in 1515 m Höhe nordwestlich von der Senkbodenalm in einer dolinenartigen Talung, ebenso am Wege vom Spitzkogel zur Sonnenschienalm in der Maximalhöhe von 1600 m (hier in Begleitung von Prof. Machatschek), ferner nahe der Hörndlbodenalm (1515—1520 m), östlich der Kulmalm (ca. 1400 m), ja sogar am Steilgehänge östlich des Langstein (Rabenkogel) in ca. 1350 m Höhe, also jedenfalls am Steilgehänge stark umgelagert. Es überwiegt hier fast überall Quarzgeröll von sehr schöner Rundung, doch habe ich auch einige kristallinische Schiefer- und Quarzitzerölle gefunden.

Am Schneeberg entdeckte ich auf der Einebnungsfläche westlich vom Damböckhaus am Ochsenboden einige sehr gut gerollte Quarzgeschiebe, so daß es naheliegend ist, die Quarzgeschiebe als Schotter aus der Zeit der Einebnung anzusprechen.

Schöne Funde machte ich auf dem Schneealmplateau in ca. 1700 m Höhe auf dem ziemlich ebenen Plateaustreifen, der sich von dem eigentlichen Schneealmplateau zum Ameisbühl hinzieht. Es sind kleine Quarz- und rote Hornsteingeschiebe von sehr schönem Glanz in roter Erde. Das Ganze befindet sich über Wetterstein-Dolomit, ist also nicht ausgewittert. Hornsteine kommen zwar in dem Zlambachkalk vor, der aber unter dem Wettersteinkalk lagert und nach G. Geyers Karte im S. und SO.-Teil der Schneealm ansteht; da sie aber abgerundet sind und mit Quarz vorkommen, können sie nur fluviatil hieher gekommen sein.

¹⁾ Bekanntlich können wir durch Verfolgung der Höhen und durch morphologische Beobachtungen mancherlei Talterrassen im Gebirge ausfindig machen, ohne daß es uns immer gelingt, auch die entsprechenden Schotterflächen darauf noch nachzuweisen. Ist die Talterrasse bereits verwischt, so sind die Schotter schon längst ganz „abgekrochen“ oder im Kalk der Lösung zum Opfer gefallen. Der geologische Nachweis für die Bildung der Einebnung von Terrassen oder Verebnungsflächen durch Schotteraufschüttungen ist nicht immer zu erbringen.

Splitters, nicht mehr Gerölle, fand ich auf der Schneevalm in der mit roter Erde erfüllten Talung südlich von der Kramerin an zwei Stellen in ca. 1815 m Höhe, dann auf der Veitschalm, die keine Verebnungsfläche, sondern ein flachkuppiges Plateau darstellt, an drei Stellen: in der Nähe des Graf-Meran-Schutzhauses, am Nordostkamm der Hohen Veitsch (hier ein dunkles Quarzitstück) und beim Jägerhaus unterhalb des Hohen Muckenriegels. Einen Quarzsplitter fand ich auf der Tonionalm, einer die steil aufgerichteten Korallenkalke durchschneidenden Plateaufläche, gleich ca. 20 m unterhalb des Plateaus auf der geneigten Böschung zur Tonionalm in ca. 1660—1670 m Höhe. Alle diese Splitter sind wohl Reste von Geschieben, die über die Plateaus zerstreut und jetzt umgelagert wurden.

Zahlreiche Geschiebe kommen auf dem Dürrensteinstock vor. Schon Haberfelner hat sie kennen gelernt und an v. Foullon Proben geschickt, der in den Verhandlungen¹⁾ der k. k. Geologischen Reichsanstalt darüber schrieb und nach den Vorkommnissen von Granat und Zirkon auf die Zusammensetzung aus kristallinen Gesteinen schließt. Haberfelners Lokalität habe ich wiedergefunden und neue Funde dazu gemacht, so an der Glatzing, am Roßeck, Hühnerkogel, bei der Legsteinalm, zwischen dieser und dem Notten und am Notten selbst. Die Mächtigkeit ist nie eine große, nie bilden die Geschiebe zusammenhängende Aufschüttungen; stets ragt der Dachsteinkalk durch und wir sammeln diese Geschiebe aus der roten Erde zwischen den Klüften. Häufig sind die Geschiebe aber in Karstmulden zusammengeschwemmt. Die Korngröße ist durchaus klein, erbsengroß, selten 1 cm, die Formen gerundet oder kantengerundet, oft plattenförmig. Die Vorkommnisse halten sich zwischen 1420—1620 m Höhe (ausschlaggebend sind natürlich die Maximalhöhen der Funde, weil man daraus auf die primäre Aufschüttungshöhe schließen kann), so daß man jedenfalls mit bedeutenden Herabschwemmungen rechnen muß. Die Bestandteile sind Quarz, Quarzite, kaolinisierte Feldspate, Kieselkalk, Radiolaritquarzite aus dem Jura (nach freundlicher Bestimmung von Dr. Ohnesorge), nach v. Foullon Granat-, Zirkonkriställchen und Magnetit.

¹⁾ H. v. Foullon, Die von Herrn Josef Haberfelner gemachten Funde von Bohnerz am Roßecksattel, am Dürrenstein und am Herrenalpboden südlich von Lunz. Verh. der k. k. Geol. Reichsanstalt. 1887, S. 219—220.

Wir kommen damit zum Problem der sogenannten Augensteine, als welche im Salzkammergut wie Augäpfel glänzende¹⁾ Gerölle von Quarz, Quarziten und sogar kristallinen Gesteinen bezeichnet werden und die nun offenbar nach meinen Untersuchungen auch in Spuren auf den östlichen Kalkhochplateaus vorkommen.²⁾ Durch einen schönen Glanz zeichnen sich die Geschiebe am Dürrenstein und Hochschwab, sowie auf der Schneevalm aus.

Bezüglich der Augensteine sind die mannigfaltigsten Erklärungen aufgestellt worden. So hat seinerzeit Eduard Sueß³⁾ die Ansicht ausgesprochen, daß die Augensteine Zeugen von Eruptionerscheinungen entlang von Verwerfungsspalten sind, indem Quarz- und Schiefertrümmer vom Untergrund losgerissen, in die Höhe gebracht und dabei kantengerundet worden seien. Diese Hypothese ist aber jedenfalls von dem Urheber der Theorie selbst schon aufgegeben worden, da sie sonst auf alle Hochplateaus, wo sich Augensteine vorfinden, Anwendung finden müßte.

Eine andere, von A. v. Kerner vertretene Theorie (wie mir Herr Dr. Fritz v. Kerner freundlichst mitteilt) ging dahin, daß die Augensteine von Vögeln, in deren Magen sie durch Korrosion Glätte, Glanz und Rundung erfahren haben, auf die Plateaus gebracht wurden. In Anbetracht des stellenweise massenhaften Vorkommens, wie am Hochschwab und Dürrenstein, kann aber auch diese Theorie jedenfalls keine Anwendung haben.

Es ist desgleichen schwer, die Augensteine überall als Verwitterungsreste von in der Nähe anstehenden oder darüber hangend gewesenen Juraschichtgliedern zu deuten, obgleich diese Theorie

¹⁾ Scharf von den Augensteinen sind natürlich die fast überall vorkommenden Bohnerze zu trennen, die sich meist auch durch einen sehr schönen Glanz und Rundung auszeichnen (ich habe sie auf der Veitsch sowie auf der Schneevalm wiederholt gefunden).

²⁾ Sie sind sonst bekannt durch Geyer und Abel vom Toten Gebirge und vom Dachstein durch Simony, v. Mojsisovics, Geyer und Wähner. Wahrscheinlich liegen sie auch im Tännengebirge vor, von wo Haidinger (Berichte der Freunde der Naturwissenschaften II, 301) Granatstücke und auch Chloritschiefer angibt. Prof. Crammer hatte die Güte, mir mitzuteilen, daß auch am Hochkönig solche Quarzaugensteinchen und Quarzsand vorkommen.

³⁾ Eduard Sueß, Über die Spuren eigentümlicher Eruptionerscheinungen am Dachsteingebirge. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss., Math.-nat. Kl., 40. Bd., 1860, S. 428 ff.

im Dürrensteingebiet etwas für sich hätte, wenigstens was die Zusammensetzung aus Hornsteinen und Kieselkalken betrifft. Der Jura führt hier nämlich Hornsteine, wie sie auch unter den Geschieben vorkommen, aber der glasige Quarz unter ihnen stammt sicher nicht aus dem Jura. Selbst den Fall angenommen, daß die Geschiebe hier alle aus dem Jura ausgewittert wären, wäre ihre starke Rundung nicht zu verstehen. Nur die direkt ausgewitterten Hornsteine sind eckig und unterscheiden sich in unserem Gebiet auf den ersten Blick stets deutlich von den geschobenen, gerundeten Stücken. Letztere haben eine bedeutende Abnutzung bei einem Transport erfahren; wenn sie auch nicht alle aus der Ferne stammen und manche wohl aus der Nähe, so beweist die Abnutzung nur, daß diese durch eine lange Zeit erfolgte, und zwar offenbar auf einer Landoberfläche, die schon alt ist.

Die Augensteinlokalitäten, die ich diesen Sommer im Toten Gebirge auf der Grieskarscharte (nach einem gefälligen Hinweis von Prof. Dr. O. Abel) besuchte, haben durchaus lokalen Charakter, sie bestehen vor allem aus Hornsteinen und Kieselkalken, die aus der Zerstörung des über dem Dachsteinkalk früher hangenden Jura (Oberalmschichten) hervorgegangen sind. Die Geschiebe sind alle deutlich gerundet und geschoben, so daß sie als Schotter angesprochen werden müssen, nicht als bloß umgelagertes Verwitterungsresiduum, da bei der Verschwemmung nicht die Rundung erzeugt werden kann, zumal so große Wassermassen im durchlässigen Kalk nicht zur Verfügung stehen. Sie müssen als Lokalschotter, als Reste von kalkalpinen Flüssen, wobei alle Kalke bis auf die Hornsteine aufgelöst wurden, betrachtet werden, im Gegensatz zu den fremden Schottern im Dachsteingebiet, die vor allem aus Quarz und zentralalpinem Material bestehen.

Auch an Verwitterungsreste von Gosau ist im allgemeinen bei den Augensteinen in den östlichen Kalkplateaus nicht zu denken, wie schon Edm. v. Mojsisovics¹⁾ zeigte, da die Gosau, soweit ich gesehen habe, in den fraglichen Gebieten stets eine andere Ausbildung aufweist und vornehmlich einen kalkalpinen Charakter besitzt. Bei der oft einseitigen Abnutzung der Geschiebe ist auch der Gedanke, daß man es mit marinen Geröllen zu tun hätte, ganz abzuweisen.

¹⁾ Erläuterungen zur geolog. Karte, Z. 15, Kol. IX, Ischl-Hallstatt, 1905, S. 54.

Desgleichen ist die Theorie, daß die Augensteine aus ihrem Substrat, dem Triaskalk, ausgewittert seien, nicht stichhältig. Zwar haben Kispatiĉ und Tuĉan¹⁾ (wie ich einem freundlichen Hinweis von Herrn Regierungsrat Geyer danke) gezeigt, daß die kroatischen Karstkalke fast alle existierenden Mineralien enthalten, und haben daher die Meinung ausgesprochen, daß die die verschiedensten Mineralien enthaltenden Sande von Sansego als Umlagerungsprodukte der Karstkalke anzusehen sind. Zwar ist das Verwitterungsprodukt der Dachstein- und Jurakalke daraufhin noch nicht untersucht und wären ja schließlich gelegentliche Vorkommnisse von Quarz, der schon bei der Sedimentierung der Kalke eingeschwemmt worden sein konnte, nicht ganz auszuschließen, aber unsere Ablagerungen kommen meist so massenhaft vor und weisen besonders am Hochschwab eine so prächtige Rundung auf, daß sie nicht als Umlagerungsprodukte des Kalkes betrachtet werden können.

Der begeisterte Erforscher des Dachsteingebietes F. Simony²⁾ war 1851 der Erste, der darauf hinwies, daß die Augensteine Ablagerungen von alten zentralalpinen Flüssen darstellen, und er hat die hohe Bedeutung der Quarzschotter erkannt. Er unterscheidet scharf zwischen den höher gelegenen Quarz- und kristallinen Schottern und dem tiefer gelegenen Diluvialschotter. Nach seiner Beschreibung haben wir bald Quarzkonglomerate, bald lose Quarz- und kristallinische Geschiebe. Mojsisovics³⁾ hat das ganze Problem formuliert und eine eingehende monographische Bearbeitung empfohlen. Diese Forscher wurden in ihrer Ansicht bestärkt durch das Vorhandensein von kristallinischen Gesteinsarten, welche aus den Zentralalpen gekommen sein mußten. Auch Wähner⁴⁾ hat sich dieser Ansicht angeschlossen und denkt an Ablagerungen in alten Quertälern, während die Längstäler der Alpen jünger seien.

Bisher wurden aber von keinem der Beobachter die Beziehungen zwischen den Schotteraufschüttungen und

¹⁾ Der Sand von der Insel Sansego (Susak) bei Lussin und dessen Herkunft. Verh. d. geol. R.-A. 1910, S. 294 ff.

²⁾ Jahrb. d. geol. R.-A. 1851, S. 160, und: Über das erratische Phänomen im Traungebiet. Ber. im Anzeiger der kaiserl. Akad. d. Wiss., Math.-nat. Kl. V, 1868, S. 191.

³⁾ Erläuterungen, a. a. O. S. 51 ff.

⁴⁾ Geologische Bilder von der Salzach. Zur phys. Geschichte eines Alpenflusses. Schr. d. Ver. z. Verbreit. nat. Kenntn. Wien, 1893/4, S. 510 ff.

den morphologischen Oberflächen studiert, worin ich einen wichtigen Schritt für die weitere Lösung dieser Frage erblicke. Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich in diesem Jahre Studien im Toten Gebirge und im Dachsteingebiete begonnen. Ich besuchte namentlich die Lokalitäten südöstlich von der Gjaidalm,¹⁾ am sogenannten Krippeneck, wo, wie Geyer zuerst kennen gelehrt hat, die Augensteine in einem Sandstein eingebacken sind und ein Konglomerat bilden. Es kommen dort vor: Quarzgeschiebe mit sehr schönem Glanz, Quarzite und dunkle Lydite, aber auch zentralalpine Gesteine und einige seltene Dachsteinkalkblöcke, welche letztere am größten sind und die geringste Rundung aufweisen, da sie aus der Nachbarschaft stammen. Wenn auch die Ablagerung in einer ca. 5 m breiten und vermutlich 4 m tiefen Rinne im Dachsteinkalk sich befindet — das Ganze macht den Eindruck einer Ablagerung in situ bei horizontaler Schichtung — so ist eine Beziehung der Überstreung dieser Schotter über die großartige, ca. 1900—2000 m hohe Verebnungsfläche des „Stein“ nicht zu leugnen; mit dieser Einebnungsfläche würde auch das Vorkommen von Augensteinen am Saarstein in 1900 m Höhe stimmen. Die Augensteine, die am Gjaidstein²⁾ vorkommen und die ich dieses Jahr wegen Neuschnees nicht mehr besuchen konnte, liegen viel höher; sie würden für eine spätere Dislokation im Sinne unserer folgenden Ausführungen sprechen.

Die Quarzgeschiebe zeigen denselben Typus wie am Hochschwab. Ich möchte mich daher der obigen Theorie auch unbedingt bezüglich der Vorkommnisse am Hochschwab und am Dürrenstein anschließen; denn am Hochschwab fand ich gerade einige Geschiebe von kristallinischen Schiefnern und Foullon spricht von den Geschieben am Dürrenstein als von Zersetzungen kristallinischer Felsarten.

Wir hätten es also mit alten fluviatilen Aufschüttungsresten zu tun, bei deren Aufschüttung es zu lokalen Verebnungen kam. Eine Beziehung zwischen Verebnungsfläche und Quarzschotter ist sicher am Hochschwab vorhanden, sicher auch am Dürrenstein, speziell an der Glatzing, wodurch der Dürrenstein als Kuppe über die Verebnungsfläche der Glatzing, einem alten Talboden, aufragt (Taf. VII, Fig. 1). Natürlich müssen aber nicht alle

¹⁾ F. Simony, Das Dachsteingebiet. Ein geogr. Charakterbild aus den östl. Nordalpen, 1895, S. 108.

²⁾ F. Simony, Über das errat. Phänomen . . ., S. 191.

ebenen Flächen auch Schotter haben, da solche Ebenheiten später entstanden sein konnten, und wenn dies nicht der Fall ist, so sind die Schotter, wie man fast überall sieht, schon abgeschwemmt worden oder durch Einsackung in die Karrenklüfte des Kalkes verloren gegangen.

Andere Partien dieser Plateaus dagegen lassen heute keine sichere Beziehung zwischen der Schotteraufschüttung und Verebnung mehr erkennen, da die alte Verebnungsfläche bereits verwischt ist und die Schotter zerstreut oder umgelagert worden sind. Die Kiese z. B., die vom Großen Hühnerkogel (Dürrenstein) von 1622 m bis zur Legsteinalm verbreitet sind, stehen nicht mehr mit Verebnungen im Zusammenhang. Sie sind aber sicher nicht in situ in dieser Form abgelagert, sondern in einer mehr oder minder horizontalen Fläche, und zwar zumindest in 1622 m Höhe. Die alte Aufschüttungsfläche ist eben nicht mehr erhalten, sie ist insbesondere durch Tal- oder Dolinenbildung abgetragen worden, wobei die Augensteine als unlösliche Residuen, soweit sie nicht in den Klüften verschluckt wurden, am Gehänge ausgebreitet wurden. Besonders in die Doline bei der Legsteinalm sind massenhaft Geschiebe zusammengeschwemmt, wo sie von einer Quelle aus dem Alluvium wieder ausgewaschen werden.

Zur Bildung von Verebnungen mußten die Flüsse ein geringes Gefälle gehabt haben, wobei sie durch Lateralerosion den Talboden erweiterten. Tatsächlich erhellt dies aus der geringen Geschiebegröße, die mir überall aufgefallen ist. Beachtenswert erscheint die Tatsache, daß die Geschiebe vom Hochschwab größer sind als die vom Dürrenstein und die letzteren auch kleiner sind als die wenigen vom Schneeberg. Die Geschiebe von der Veitsch- und Tonionalm entziehen sich der Beurteilung, da ja nur Splitter vorliegen. Es würde also die Geschiebegröße gegen Norden abnehmen, was ganz naturgemäß wäre, da die Flüsse vom Süden her kamen, da sie Material aus den Zentralalpen und aus der Grauwackenzone brachten. Die Geschiebe im Toten Gebirge sind im allgemeinen kleiner als die von der Gjäidalm am Dachstein. Noch größere Geschiebe führt das Tertiär von Wörschach, welche Lokalität ich nach einer gütigen Beschreibung von Regierungsrat Geyer im August v. J. besuchen konnte. Ich möchte diese tertiären Konglomerate und Schotter als Äquivalente der Augensteine des Dachsteins bezeichnen, die hier aus tektonischen Gründen in einem tieferen Niveau nahe der Ennstalsole erscheinen.

Die Einebnungen mit den Augensteinfeldern sind teils noch vorhanden, teils ist das Gebiet darunter schon erniedrigt. Am Ochsenboden (Schneeberg) ist noch die alte Einebnungsfläche ebenso wie auf der Sonnschienalm (Hochschwab) erhalten.

Das Veitschplateau dürfte eine unter eine lokale Einebnungsfläche etwas erniedrigte Kuppenlandschaft darstellen, was hier durch das Überwiegen von Dolomit und überhaupt durch den geringeren Widerstand der Wettersteinkalke bedingt sein dürfte. Auf der Schneealm dagegen ist die die Augensteine enthaltende Fläche nicht so stark gegen die ursprüngliche abgeböscht. Die Quarzsplitter, die ich am Abhang der Tonionalm fand, sind sicherlich nicht in situ, sondern von dem höheren Plateau umgelagert worden, das den Gipfel bildet und heute sehr schmal ist, da die beiderseitige Erosion die ursprüngliche Plateaufläche reduziert hat, was wohl noch mehr der Fall wäre, wenn nicht die steil aufgerichteten Korallenkalke, die jetzt den Wandabfall ringsum bilden, so erheblichen Widerstand leisten würden.

Die lokale Entstehung der Ebenheiten auf den Plateaus durch alte Flußwirkungen von den Zentralalpen her setzt natürlich voraus, daß das hydrographische Bild damals ein ganz anderes war. Die Abdachung muß von Süd nach Nord im allgemeinen gewesen sein, die Längstäler bestanden damals noch nicht. Die heutigen Täler sind also erst jüngere Aufschließungen aus der obermiozänen und pliozänen Zeit.

Das involviert eine Reihe von talgeschichtlichen Problemen. Durch weitere Sammlungen von Augensteinen und genaue petrographische Untersuchung der wichtigsten Typen, Studium der Korngröße, Studium der zersetzten kristallinen Gesteine wird es vielleicht möglich sein, die einzelnen Flußläufe, die quer über die Kalkhochalpen gingen, zu rekonstruieren. Immerhin sind die Schwierigkeiten sehr groß, da fast stets nur Hornsteine und Quarz vorkommen und die kristallinen Felsarten (Gneis, Glimmerschiefer usw.), wenn nicht fehlen, so doch viel seltener sind. Eine weitere Schwierigkeit für diese Rekonstruktion besteht darin, daß die Augensteine eben nur von den höheren Kalkhochplateaus vorliegen, während die Überstreunungen über den dazwischen gelegenen, jetzt niedrigeren Gebieten größtenteils verloren gegangen sind. Weil sich die alte Topographie nur in den wenigen Hochplateaus erhalten hat, wird eine vollständig befriedigende Rekonstruktion kaum erzielt werden können. Die Augensteine werden

sich auch wohl kaum in die Voralpen fortsetzen, weil die Voralpen schon unter die Höhe der ursprünglichen Aufschüttungen der Verebnungsflächen, die nur in den aus massigen Kalken aufgebauten Hochalpen erhalten sind, abgetragen wurden und wohl auch, weil das Korn der Augensteine dort noch kleiner war als im Süden.

Vorausgesetzt, daß die Augensteine mit ihren Verebnungen einen bestimmten geologischen und morphologischen Horizont einnehmen, also die Überstreuungen auf allen Plateaus gleich alt sind, kommen wir zu dem eigenartigen Bilde, daß, trotzdem die Abdachung wegen der Führung an zentralalpines Material von Süd nach Nord gegangen sein muß, die Augensteine überall höher liegen als auf der Verebnungsfläche S. vom Hochschwab.

Wir stellen die Maximalhöhen zusammen, indem wir dort, wo die Augensteine umgelagert sind, ihre ursprüngliche Aufschüttung in der Höhe einer benachbarten deutlichen Verebnungsfläche annehmen.

Augensteinfelder:		Verebnungsflächen:	
	Meter		Meter
Dürrenstein (Glatzing) . .	1700	Hochkar (1809 m) . . .	1400—1600
Schneeberg (Ochsenboden)	1800	Stangelberg (1595 m) . .	1300—1400
Schneealm (1904 m) . . .	1800	(Kräuterin [1920 m]) . .	1450—1600
Veitschalm (1982 m) . . .	1900	Zeller Staritzen (1610 m)	1500 ¹⁾
Tonionalm (1700 m) . . .	1700	Hoher Student (1534 m).	1500
Hochschwab (2278 m) Sonn-		Kuhschneeberg.	1400—1500
schienalm	1500—1600	Gahns	1200—1300
		Hohe Wand (1135 m) . .	900—1100 ²⁾

¹⁾ Von diesem Plateau führt Hauer Vorkommnisse von Quarz und Quarzsandsteinstücken an (nach Sueß, a. a. O. S. 438).

²⁾ F. X. Schaffer, Das Delta des norischen Flusses. Mitteil. d. Geol. Ges. 1909, S. 237, gibt von hier größere Schotter an, die er in Beziehung zu den Schottern von Raach stellt und als unter-mittelmiozän betrachtet, weil das Sarmatikum darauf lagert. Sicher ist die Hohe Wand keine Schichtfläche, sondern eine Verebnungsfläche. Hassinger vermutet eine vielleicht eozäne Abrasionsfläche. Da sie am Rande des Wiener Beckens liegt und das marine Eozän nach Toulou am Wechsel vorkommt (Jahrb. d. Geol. R.-A. 1879, XXIX, S. 123—136), wäre die Möglichkeit einer eozänen marinen Abrasionsfläche nicht von der Hand zu weisen. Für die anderen, innerhalb der Kalkhochalpen gelegenen Plateaformen trifft aber diese Ansicht sicher nicht zu. Denn die marine Abrasion kann nicht auf so große Flächen hin wirken, der Nachweis der einstigen Meeresbedeckung während des Alttertiärs ist auch nicht zu erbringen und es sind die Plateauflächen zu stark kuppig, um sie durch Abrasion zu erklären. Sie können nur subaëre Denudationsformen mit lokalen fluviatilen Einebnungen sein.

Wahrscheinlich werden sich diese verschiedenen Höhenlagen nur durch spätere Krustenbewegungen, Hebungen oder Senkungen, erklären lassen, trotzdem die Höhenlagen im allgemeinen gut übereinstimmend sind, 1500—1900 m, in Anbetracht der großen räumlichen Verteilung.

In der rechten Kolonne stellten wir daneben die Höhenlagen von größeren Verebnungsflächen zusammen, wo ich bisher Augensteine noch nicht gefunden habe. Auch da sind die Höhen gut übereinstimmend. Gänzlich fallen aber heraus: der Gahns und die Hohe Wand. Es wäre naheliegend, Gahns und Ochsenboden als eine Verebnungsfläche anzusehen, wobei der Gahns abgebrochen wäre. Die Verwerfung ist tatsächlich durch Geyer nachgewiesen und ein Abbruch gegen das Wiener Becken ganz gewiß nichts Befremdendes. Gahns und Hohe Wand würden dann miteinander gut passen.

Es hat auch den Anschein, als würde die geologisch erwiesene Störung, welche auf der Rax unterhalb der Lechnerwand durchgeht und das Plateau in zwei Staffeln teilt, jünger als die Plateaufläche sein.¹⁾ Die Lechnerwand ist die einzige größere Wand des Raxplateaus außerhalb des Bereiches der Glazialerosion, so daß man geneigt wäre, sie tektonisch, durch eine Verwerfung entstanden zu erklären.

Die ungefähre Gleichheit der Gipfelhöhen in den östlichen Hochalpen wäre also darnach in dem verhältnismäßig geringen relativen Ausmaß der späteren Krustenbewegung und in der Erhaltung einer alten miozänen Kuppenlandschaft mit geringen relativen Höhenunterschieden begründet.

Ein weiteres Problem knüpft sich an die folgende Tatsache. Wo die Flüsse vom Süden her aus den Zentralalpen fließen, um z. B. am Dürrenstein in 1700 m Höhe noch die Kiese abzulagern, müssen die Zentralalpen höher gewesen sein, da sie ja das Quellgebiet enthielten. Gegenwärtig sind die Höhenverhältnisse vielfach umgekehrt, was sich aber aus den Gesteinsunterschieden leicht erklären ließe, denn die zentralalpineren Gesteine sind seit der altmiozänen Zeit viel rascher abgetragen worden als die Kalke. Die Taldichte ist dort eine größere, weshalb eine allgemeine Er-

¹⁾ Darnach wäre die Verwerfung jünger als die Verebnungsfläche, wenn sie auch schon prägosauisch angelegt ist.

niedrigung des früheren Quellgebietes gegenüber dem Kalkgebiete eingetreten sein muß.

Im heutigen Bilde der östlichen Alpen prägt sich überhaupt erst die spätere obermiozäne Erosion aus, die zur starken Entwicklung subsequenter Furchen geführt hat. Freilich darf dabei nicht geleugnet werden, daß manche Längstäler oder wenigstens Strecken davon schon im Alttertiär oder wenigstens am Schlusse desselben, so z. B. das obere Ennstal, angedeutet waren.

Wenn schon in der Prämediterranzzeit die Formen stark abgetragen waren, sogar im widerstandsfähigen Dachsteinkalk, so müssen wir auf eine sehr lange und ruhige Entwicklung der Denudationsflächen auch schon am Ende des Alttertiärs und am Anfang des Miozäns schließen, denn die Ausbildung im Dachsteinkalk braucht sehr lange Zeit. Ist aber dieses Postulat der ruhigen Entwicklung der Kuppenflächen nicht ein Widerspruch zu der sonstigen Annahme, daß die Kalkalpen gerade an der Grenze des Alttertiärs und Miozäns eine heftige Gebirgsbildung durchgemacht haben? Dieser Widerspruch löst sich, wenn wir die heftigen tektonischen Bewegungen, die doch vor allem prägosauisch sind, an der Schwelle des Miozäns außerhalb des Bereiches der Hochalpenplateaus stattfinden und besonders an der Grenze der Kalkvoralpen und der Flyschzone wirken lassen, wodurch es bekanntlich zur Überschreitung der Flyschzone durch die Kalkalpen kam. Die lange Entwicklung der stark abgetragenen Formen unter der langen Wirkung von subaëriellen Kräften wird uns ferner leicht verständlich, wenn wir zumindest den Schluß des Alttertiärs auch noch heranziehen. Denn das ist sicher, daß der größte Teil der Kalkalpen während des Alttertiärs nicht mehr vom Meer bedeckt war und deshalb subaëril abgetragen worden sein konnte.

Man könnte nun die Arbeitshypothese aufstellen, daß die Augensteine und Quarzreste eine Fazies des Flysches im Norden sind und Verwitterungsresidua bilden. In diesem Falle müßte die Beziehung zwischen den Augensteinen und den Verebnungsflächen eine ganz zufällige sein, da doch nicht zu glauben wäre, daß sich noch eo- und oligozäne Flächen in den Kalkhochalpen erhalten haben, ohne stark abgetragen worden zu sein. Eher annehmbar aber scheint uns die Theorie zu sein, daß die Augensteine mit den Verebnungsflächen in Beziehung stehen, was ja tatsächlich stellenweise vorliegt, und daß an den Stellen, an welchen dies nicht mehr der Fall ist, eine spätere Abtragung

der Verebnungsflächen, insbesondere durch Verkarstung, und daher eine sekundäre Umlagerung der Augensteine und Zusammenschwemmung erfolgte, was ja auch den tatsächlichen Beobachtungen entspricht.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Die Oberflächenelemente der östlichen Kalkhochalpen setzen sich zusammen aus alten flachkuppigen Plateauformen und jungen Tieftalformen. Zum normalen fluviatilen Formenkomplex gesellen sich die Formenkomplexe der glazialen und Karsterosion. Verbreitung und Alter aller dieser Formenelemente werden erörtert.

2. Die morphologisch alten Plateauformen, deren Erhaltung sich im wesentlichen an durchlässige Kalke knüpft, sind auch als verhältnismäßig geologisch alt, als altmiozän anzusprechen.

3. Auf den Hochplateaus kann man um alte Kuppen Verebnungsflächen rekonstruieren, die durch alte fluviatile Erosion zu erklären sind.

4. Die sogenannten Augensteine, deren Verbreitung nunmehr durch neue, bisher unbekannte Funde auch auf den östlichen Kalkhochplateaus nachgewiesen wird, werden ähnlich wie die des Salzkammergutes als Reste der alten fluviatilen Schotter aus der Zeit der Bildung der Verebnungsflächen gedeutet. Korngröße und Provenienz gestatten einige Schlüsse auf das alte hydrographische Bild. Die verschiedenen Erklärungsmöglichkeiten der Augensteine werden gestreift.

5. Die verschiedene Höhenlage der Augensteinfelder, die bald mit Verebnungsflächen in Konnex sind, bald infolge späterer Umlagerungen diesen Konnex nicht mehr erkennen lassen, spricht für Dislokationen nach Ablagerung der Augensteine, während die Ausbreitung der Augensteinfelder wie überhaupt die Entwicklung der alten Kuppenlandschaft mit den Verebnungsflächen eine längere Zeit tektonischer Ruhe innerhalb der Kalkhochalpen zur Voraussetzung hat.

6. Aus dem relativ geringen Ausmaß der späteren Krustenbewegungen innerhalb des Kalkhochplateaus und aus der Erhaltung der alten Kuppenlandschaft mit ihren relativ geringen Höhenunterschieden erklärt sich die ungefähre Konstanz der Gipfelhöhen in den östlichen Kalkhochalpen.

Aflenz, Mitte August 1912.