

findet eine kleine Wasserader zum Meer. Am Rand größerer Lavafelder liegen häufig Seen, die die erste Sammlung des Wassers darstellen. Von dort aus erfolgt erst ein Abfluß, wie am Rand des Mosfellsheidi und des Midalsheidi unweit von Reykjavik. Es sind aber hier auch Seen zu beobachten, die nur einen Zufluß haben oder auch das nicht. Sie stehen jedoch sicher mit den anderen Seen durch das Grundwasser in Verbindung.

Östlich des Bláfell konnte ich zwischen den beiden Nebenflüssen der Hvitá, nämlich der Sviná und der Orjótá, einen etwa 3 km langen, 2 m tiefen Flußlauf beobachten, der auf der Höhenschichtenkarte von Th. Thorsdósen 1 : 750.000 nicht verzeichnet ist. Er versickert vollständig in der Moräne.

Morphologie der Berge um Innerkrems, (Gurktaler Alpen, Kärnten.)

Von Dr. Andreas Thurner, Graz.

(Schluß).

2. Formenbildungen, die mit jungen Krustenbewegungen zusammenhängen.

a) Beziehungen der Tektonik zur Oberfläche.

Die geologische Aufnahme hat gezeigt, daß die Lagerung der Gesteinsschichten von der O—W-Aufschiebung der weißen Dolomite und Rhätschichten, von der Aufschiebung des Karbons auf das Rhät und vom Kremsbachbruch beherrscht wird. Die ersten zwei Vorgänge sind typisch orogenetische Vorgänge und stehen mit den Oberflächenformen in gar keinem Zusammenhang. Die Verebnungen übersetzen die Überschiebungsränder ohne Unterbrechung. Nirgends konnten Verschiebungen oder Verstellungen der Ebenheiten infolge dieser Aufschiebungen festgestellt werden. Es kann daher als ziemlich sicher angenommen werden, daß die Oberflächenformen jünger als diese Tektonik sind.

Anders ist es jedoch mit dem Kremsbachbruch und dem NON-SWS verlaufenden Bruch am Altenberg-N-Abfall, die nicht nur strukturelle Veränderungen hervorriefen, sondern auch die obersten Verebnungssysteme (Verebnungen des Firnfeldniveaus bis incl. 1800 m-Niveau) zerschnitten und zum Absinken brachten. Der Kremsbachbruch durchschneidet sämtliche Schichten vom Kristallin bis zum Karbon, er ist daher auf jeden Fall jünger als die Aufschiebungen. Nachdem er auch noch das 1800 m-Niveau zerschneidet (siehe Kapitel „1800 m-Niveau“) fällt er also in die jüngsten Krustenbewegungen, die in Form der „He-

bungen und Senkungen“ die Entwicklung zum Gebirge bedingen.

Im folgenden Kapitel: „Analyse der Hebungsphasen“ werden die Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Oberfläche und des Bruches genauer ausgeführt, hier sei besonders auf die strukturellen Veränderungen hingewiesen, die mit der Oberfläche in voller Übereinstimmung stehen.

Durch den Kremsbachbruch wurde vor allem der Zusammenhang sämtlicher Schichten längs der Bruchlinie (Kremsbachklamm-Bärengrubenbach) gelöst. Der Mattehans wurde vom Altenberg, der NW-Vorbau der Grünleiten und die Schulter von der Grünleiten abgetrennt. Die Schichten des abgetrennten Gebietes nordwestlich von der Bruchlinie sanken in die Tiefe, und zwar im Osten mehr als im Westen. (Maximale Sprunghöhe 200 m.)

So schoppten sich besonders die Bänderschichten des Mattehans am Bruchrand (Kremsbachklamm) zu großer Mächtigkeit zusammen, aber auch die kristalline Unterlage machte die Senkung mit. Dadurch kam es aber im Kristallin in der Gegend der „Blutigen Alm“ und des Schmiedbaches zur Ausbildung einer Zerrungszone. (Die Fall- und Streichrichtungen sind in diesem Raume großen Schwankungen unterworfen, sie passen sich einesteils der W—O streichenden und S fallenden normalen Lagerung, andernteils aber der schaufelförmigen Mulde des Mattehans an.)

Mit dem Einsetzen der Bruchtektonik am Mattehans ändern sich auch sämtliche Oberflächenformen. Die Verebnung des Firnfeldniveaus am Mattehanskamm liegt um 100 m tiefer als die am Zechnerhöhe-Kamm. Das Karniveau, am Südabfall des Speiereck-Zechnerhöhekamms eine breite Fläche bildend, senkt sich gegen S und liegt am Nordabfall, stufenförmig abgesunken, in undeutlichen Resten vor. In der Zerrungszone gehen Karniveau und 1800 m-Niveau allmählich ineinander über.

Durch das Absinken des NW-Teiles der Grünleiten wurde die Mächtigkeit der Schichten vor allem verringert, im O mehr als im W und die weißen Dolomite wurden unglaublich zerhackt, so daß sie grusig zerfallen. Die Ebenheiten des Karniveaus und des 1800 m-Niveaus liegen, in 4 Stücke zerlegt, stufenförmig übereinander und bilden einen Auslaufrücken.

Die Schulter hat durch den Bruch am wenigsten abbekommen. Außer der Abtrennung von der Grünleiten konnte noch eine kleine Schwenkung gegen NW beobachtet werden, mit der im Grießangerbach eine steilstehende Pressungszone verbunden ist. Die Oberflächenformen der Schulter zeigen nur geringe Änderungen, die auf den Bruch zurückzuführen

sind. Die Ebenheiten des Ost- und Nordabfalles liegen etwas niedriger als in Gegenden, welche vom Bruch nicht betroffen sind. (Eisentalhöhe.) Sie dürfen daher nicht durch eine horizontale Fläche mit den gleichnamigen Ebenheiten auf der Grünleiten und am Südabfall des Speiereckkammes verbunden werden. Möglicherweise ist auch die Verlegung des ehemals S-N verlaufenden Grießangerbaches nach O-W mit der Ausbildung des Bruches in Zusammenhang zu bringen.

Anschließend an den Kremsbachbruch sei noch erwähnt, daß der kleine NON-SWS verlaufende Bruch am Altenberg-Nordabfall (westlich der Landesgrenze) ein Abschneiden der Granitgneise und eine deutliche Verstellung des 1800 m-Niveaus bewirkt.

Ich stelle daher besonders fest: Die durch die geologische Aufnahme nachgewiesene Bruchtektonik bewirkt nicht nur strukturelle, sondern auch morphologische Veränderungen.

Wenn ich auch mangels entsprechender Ablagerungen kein bestimmtes Alter für die Ausbildung der Bruchtektonik angeben kann, so ist es doch in Beziehung auf die vom Bruche betroffenen Ebenheiten möglich, festzustellen, daß der Bruch nach der Ausbildung des 1800 m-Niveaus fällt. Er kommt also in die jüngsten Krustenbewegungen, die als „Hebungen und Senkungen“ bekannt sind, zu liegen.

Die Jugendlichkeit dieses Vorganges überrascht einen insofern, als strukturelle Veränderungen in den Hebungsphasen selten sind. Doch möchte ich da nur auf die Absenkungen der tertiären Sedimente und deren jugendliche Tektonik im Murtal (Fohnsdorf-Leoben) verweisen, wo ebenfalls strukturelle und morphologische Veränderungen Hand in Hand gehen. (Siehe Schwinner,¹ Aigner.²)

b) Analyse der Hebungsphasen.

Nach Abschluß der orogenetischen Vorgänge (Aufschiebung der N-S streichenden Serie und des Karbons) fanden im wesentlichen keine strukturellen Veränderungen mehr statt. (Ausnahme: lokale Bruchbildungen.) Über die tektonische Oberfläche, die nach den gebirgsbildenden Vorgängen vorlag, lassen sich nur fragliche Angaben machen. Eines ist jedoch sicher: die tektonische Oberfläche ist schon überall der Erosion zum Opfer gefallen. Die Zahlen, die angeben, wieviel bereits abgetragen wurde, sind unsicher. Über der höchsten tektonischen Einheit, dem Karbon, kann nichts mehr gelegen sein, und ist auch keine Decke mehr darübergegangen, denn das Konglomerat zeigt im Dün-

¹ Schwinner: Das Tertiär des Lungaus. V. 1925.

² Aigner: Über das Tertiär des Lungaus. V. 1925. Jb. 1924.

schliff nicht die geringsten Spuren einer besonderen Beanspruchung und Metamorphose.¹

Rekonstruiert man auf Grund dieser Voraussetzung, daß das Karbon die höchste Einheit ist und stets war, ein O-W-Profil, so ergibt sich zwischen dem Gipfelniveau und der tektonischen Oberfläche eine Differenz von 100—150 m, welche Gesteinsschicht der Erosion zum Opfer gefallen ist. So problematisch auf diesem Gebiet die Angaben auch sind, so muß doch betont werden, daß die mit diesem Betrag rekonstruierten Profile mit der gesamten Tektonik gut übereinstimmen.

Nach den orogenetischen Vorgängen folgen Krustenbewegungen, die die Schichtlagerungen im allgemeinen nicht mehr verändern. Sie bewirken nur ein Emporwölben der Landschaft. Es sind das die „Hebungen“, die erst die Formung zu einem Gebirge herbeiführten.

Es lassen sich mit Sicherheit 3 Hebungsphasen nachweisen. Die 1. Phase schaltete die Ebenheiten des Firnfeldniveaus aus, die 2. das Karniveau und die 3. das 1800 m-Niveau. Die Ausschaltungen der Ebenheiten unter 1800 m wurden zwar auch durch „Hebungen“ bewirkt, jedoch nicht von einer 4. Phase, sondern von einem Phasenkomplex, der das 1700 m-, das 1600 m-, das 1350 m-, das 1270 m- und das 1000 m-Niveau ausschaltete. Eine Zerlegung dieser jüngsten Krustenbewegungen wurde unterlassen, weil die davon betroffenen Talböden wegen ihrer schlechten Erhaltung ein Ablesen des Hebungsausmaßes nicht mit Sicherheit ermöglichen. Ich fasse sie als die jüngeren Hebungsphasen zusammen.

In den folgenden Abschnitten seien nun die Auswirkungen der einzelnen Hebungsphasen dargestellt.

α) Die 1. He b u n g s p h a s e.

Die 1. Hebungphase ist in dem Höhenunterschied zwischen Firnfeldniveau und Karniveau und in den Verstellungen des ausgeschalteten Firnfeldniveaus abgebildet. Die Differenzbeträge und die Höhenlage des Firnfeldniveaus sind gleichsam ein Maß der Hebungintensität.

Auf Seite 123 habe ich einige Differenzen zwischen den obgenannten Ebenheiten übersichtlich angeführt und gefunden, daß sich die Beträge zwischen 100 m und 220 m bewegen und eine gesetzmäßige Verteilung aufweisen. Um nun zu einem genaueren Bild zu gelangen, seien an der Hand zahlreicher Differenzen die relativen Hebungsbeträge festgestellt. Am Schilchernockkamm bestehen 100 m Differenzen, am Altenberg-Nordabfall wurden 150 m gemessen. Im Grünleitengebiet liegt am

¹ Schwinner: Das Paläozoikum am Brenner. Z. f. M. G. usw. 1925.

Nordostsporn eine Differenz von 125 m, am Nordwestabfall eine von 100 m, am Westabfall eine von 120 m und am Südabfall eine von 100 m vor. Im Eisentalgebiet ist am Nordabfall der Unterschied mit 95 m, am Südabfall mit 105 m festzusetzen. Im Schultergebiet liegen am Nordabfall 100 m Differenzen, am Ostabfall 150 m und am Westabfall 40—60 m Abstände vor. Am Pressing-Westabfall besteht ein Unterschied von 220 m, der sich gegen O verkleinert und im Sattel Schulter-Pressing, Kote 2286 m, nur mehr 150 m beträgt.

Im Norden der Krems konnten am Mattehans-Westabfall 110 m Differenzen abgelesen werden, die gegen W bis zum Weißenbach auf 200 m ansteigen und bis zum Speiereck wieder auf 100 m zurückgehen.

Wenn diese Zahlen auch nicht immer auf besondere Genauigkeit Anspruch machen können, weil die Höhenlage des Firnfeldniveaus nicht immer sicher ist, so läßt sich doch folgende Verteilung feststellen: Niedrige Differenzen, um 100 m, finden sich im Raume Mattehans-Schulter — Schulter-NS-Kamm — Eisentalhöhe — Friesenhals — Altenberg — Mattehans. Gegen Süden ist deutlich ein allmähliches Ansteigen der Hebungsbeträge festzustellen, gegen Norden steigen die Differenzen bis zum Hochfeld an und verkleinern sich gegen Westen wieder.

Überträgt man nun dieses Ergebnis auf die Hebung, so heißt das, daß die Landschaft um rund 100 m höher geschaltet wurde, daß sich aber bereits Hebungsverschiedenheiten geltend machten: Der SW-Teil und die Mitte des Nordens wurden stärker emporgewölbt, als der östliche und nordöstliche Teil. Um zwei Kulminationspunkte — den Pressing und das Hochfeld — bilden sich Felder mit geringerer Hebung aus.

Man würde nun vielleicht glauben, daß eine Zerlegung in Schollen stattgefunden hat und jede Scholle en bloc gehoben oder schief gestellt wurde. Würde dies der Fall sein, so müßten um den Pressing und das Hochfeld Störungszonen verlaufen, die trotz genauer Aufnahmen nicht bemerkt werden konnten. Die Hebungsbeträge zeigen einen allmählichen Übergang von weniger gehobenen Partien zu den stärker gehobenen. Es liegen großwellige Verbiegungen vor. Es kann sich daher nicht um Vertikalbewegungen handeln, sondern um horizontale, die mit Wellenbewegungen zu vergleichen sind.

Ist diese Annahme richtig, so muß diese wellenförmige Verbiegung in erster Linie im ausgeschalteten Firnfeldniveau zu beobachten sein. Im Norden zeigt das Hochfeld eine deutliche Absenkung gegen SW. Das Firnfeldniveau östlich davon (Gaipahöhe-Zechnerhöhe) fällt sanft gegen O. Ergänzt man die Schulter, die Grünleiten und die Eisentalhöhe zu

einer Ebenheit, so entsteht eine Fläche, die ebenfalls gegen Osten absinkt.¹ Mit dem Altenberg tritt jedoch wieder eine ansteigende Zone auf (= größere Hebungsbeträge), die in das stärker hervorgehobene Gebiet Karlnock-Stangnock überleitet und mit dem hohen Firnfeldniveau am Pressing (2230 m) im W des weniger gehobenen Beckens korrespondiert.

Es läßt sich also auch auf Grund der Höhenlage des Firnfeldniveaus ein ähnliches Hebungsbild gewinnen, wie bei den Differenzen. Eine Einbeziehung des südöstlichsten Gebietes hat sogar gezeigt, daß das Gebiet geringerer Hebung gegen SO keine Fortsetzung besitzt.

Auf Grund der Aufnahmskarte 1 : 25.000 geht noch hervor, daß auch im Gebiet südlich des Leobnergrabens, um den Rosennock, das Depressionsgebiet zu Ende ist. Die Differenz beträgt dort 150—200 m, das Firnfeldniveau liegt dort auf 2100 m Höhe. Die weniger gehobene Zone ist also auf einen verhältnismäßig engen Raum verteilt. Im Süden, Osten, Norden und Westen sind stärker emporgewölbte Gebiete, die im NW gegen das Speiereck-Aineck wieder einer geringen Hebungszone Platz machen.

Um das Ausmaß der 1. Hebungsphase übersichtlich zur Darstellung zu bringen, sei mit Hilfe der Wellensprache das vorliegende Ergebnis dargestellt, wobei ein Wellenberg eine Zone stärkerer Emporgewölbung und ein Wellental einer schwächeren Hörschaltung entspricht.

Nimmt man als Fortpflanzungsrichtung der Welle S-N an,² so stellt der Süden des Gebietes, die W-O ziehende Kammlinie Pressing-Königsstuhl, einen Wellenberg vor, welcher zwischen Peitlernock und Eisentalhöhe eine axiale Einmuldung besitzt.

Daran schließt sich im Norden ein Wellental, dessen Länge bis zur Spittalalm reicht. Die Amplitude ist jedoch kleiner als die vom Wellenberg. Die kleine Einmuldung im Wellenberg fasse ich als einen Vorläufer des nördlichen Wellentales auf, das gegen Norden an Raum gewinnt und den ganzen zentralen Teil meines Aufnahmegebietes einnimmt. Dieses Wellental (= Zone geringerer Hebung) umfaßt die Schulter, die Grünleiten und die Eisentalhöhe; der Altenberg gehört schon zu einer Wellenbergzone.

Ob sich im Westen der Schulter die Einmuldung fortsetzt, läßt sich nicht bestimmen, denn es fehlen die notwendigen Flächen.

Das Wellental bildete axial kleinere Unregelmäßigkeiten; so scheint

¹ Zu einer Ebenheit sind nur die Firnfeldniveaus zu verbinden, nicht die Gipfelhöhen, die andere Werte ergeben.

² Anhaltspunkte für die Richtung sind vielleicht bei Erfassung der gesamten Alpen zu erbringen.

der Schulter-Westkamm einem Achsengefälle und das Gebiet Sauereggnock-Grünleiten einem axialen Ansteigen zu entsprechen. Nördlich der Krems beginnt das Wellental wieder in einen Wellenberg überzugehen, und zwar so, daß in der Mitte (Hochfeld) die Achsenkulmination liegt und nach W und O geringe Absenkungen auftreten.

Das Aufnahmegebiet umfaßt daher 2 Wellenberge und ein breites Wellental. Als Fortpflanzungsrichtung habe ich S-N angenommen, doch ist damit nicht gesagt, daß die Hebung tatsächlich in dieser Richtung verlief; dafür fehlen in diesem engen Raume die Anhaltspunkte. Man könnte ebenso gut W-O streichende Wellenzüge annehmen und würde zum gleichen Resultat gelangen. Nur würden dabei die höchst gehobenen Punkte (Pressing-Hochfeld) in einen Wellenzug kommen, der durch eine breite axiale Einsenkung (Schulterwestkamm) gekennzeichnet ist.

Mit der Annahme der O-W-Fortpflanzungsrichtung würde das Ansteigen gegen W deutlicher hervortreten und die Depressionszone käme als Achsenenkung zum Ausdruck.

Aus dem Verhältnis der beiden obersten Ebenheiten läßt sich aber auch noch die Qualität des Hebungsmaßes ableiten. Die breiten durchgängigen Verebnungen, die flachen Hänge und die geringe Differenz lassen vermuten, daß das Einschneiden langsam erfolgte. Das setzt aber wieder voraus, daß die Höhersaltung allmählich erfolgte. — In Wellen ausgedrückt: langgezogene Wellen mit kleiner Amplitude und kleinen Axialgefällen. Würde die Hebung rasch erfolgt sein, ruckartig, so würden sich wohl nie so regelmäßig verlaufende Ebenheiten und so sanfte Hänge ausgebildet haben. Einen wichtigen Aufschluß darüber würden die ursprünglichen Gefälle der Talniveaus geben, doch wurden sie von den nachfolgenden Hebungsphasen vollständig zerstört und würden, zum Vergleich herangezogen, ein völlig falsches Bild von der Entwässerung und der Abdachung aufzeigen.

Vergleicht man nun mit dieser Hebungverteilung die Talentwicklung, so lassen sich einige Zusammenhänge feststellen. Im Firnfeldniveau ist von einer Zertalung noch keine Spur vorhanden, von einer Entwässerungsrichtung kann noch nicht gesprochen werden. Erst im Karniveau liegt ein Talsystem vor. In der Richtung des heutigen Kremstales verlief bereits ein breites (3—4 km) Tal, auch der Grießangerbach, Schulterbach, Heiligenbach, Sauereggbach und das Schönfeld waren bereits angelegt.

Auffallend bleiben die große Breite des Kremstales, die kurzen Nebentäler und der Zufluß von S-N. Von der Nordseite kommt kein Zufluß. Stellt man zu diesem Talnetz das Hebungsbild, so sieht man, daß die S-N-Täler alle in der Zone geringerer Hebung liegen; sie

fließen vom stärker aufgewölbten Südrand gegen die am wenigsten gehobene Zone. Von Norden konnte kein Zufluß kommen, weil am Nordrand des Wellentales das Kremstal angelegt wurde und daher für die Seitenbäche kein Platz mehr vorhanden war. Günstig für die Anlage des Kremstales mag auch der nördliche Abschluß der Kalk-Dolomitschichten gewesen sein, der in die Gegend des heutigen Kremstales fällt.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Die 1. Hebungsphase bewirkte im allgemeinen eine relative Höferschaltung um mindestens 100 m, jedoch nicht gleichmäßig, sondern es wurden stärker und schwächer gehobene Partien ausgebildet, die allmählich ineinander übergehen. Der größten Aufwölbung im Süden (Pressing) liegt eine etwas kleinere am Hochfeld gegenüber. Um diese zwei Kulminationspunkte lagern im NW (Speiereck) und im O (zentraler Teil) Flächen mit verminderter Hebung.

Nachdem das Kar-Kremstal ungefähr dem Nordrand der Depressionszone entspricht und die S—N-Flüsse der Hebungsabdachung folgen, ist die Annahme, daß das Talnetz an bestimmte tektonische Flächen gebunden ist, berechtigt. Für das restliche Gebiet sind wegen der starken Zertalung, die hauptsächlich nach dem Kartal erfolgte, Angaben schwer zu geben.

β) Die 2. tektonische Phase.

Die Ruhezeit (= tektonische Ruhe) nach der 1. Phase kann nur eine verhältnismäßig kurze Zeitspanne umfaßt haben, denn der Kartal-Einschnitt reichte nicht besonders tief und das Karniveau kann nicht mit Sicherheit in die nördlichen und westlichen Gebirgsgruppen verlängert werden.

Die 2. tektonische Hebungsphase schaltete das Karniveau aus und bewirkte das Tieferschürfen bis zum 1800 m-Niveau, das im oberen Heiligenbach und im oberen Schulterbach in der ursprünglichen Gestaltung erhalten ist.

Wieder leite ich auf Grund der Differenzen zwischen Karniveau und 1800 m-Niveau die räumliche Verbreitung des Hebungsausmaßes ab.

Am Südfall der Eisentalhöhe und des Stangenocks besteht eine scharfe Differenz von 160 m, die gegen W zum Pressing und zur Bodenlucke bis 200 m ansteigt. Eine Differenz von 160 m besteht auch noch am Nordabfall der Eisentalhöhe, am Südfall der Grünleiten und im Nordosten des Peitlernocks. Andere Verhältnisse finden sich am Nordabfall zur Krems. Am Altenberg-Nordabfall besteht eine Minimaldifferenz von 100 m und eine Maximaldifferenz von 130 m. (Die zwei

verschiedenen Beträge sind auf die Verstellungen des 1800 m-Niveaus zurückzuführen.)

Im Grünleitengebiet liegen wegen der Verstellungen wieder verschiedene Beträge vor; sie bewegen sich am Nordwestabfall zwischen 50 m und 70 m. Am Nordostabfall liegt eine Differenz von 90 m vor. Im Schultergebiet bestehen bei den sicher vorhandenen Niveaus (Nord- und Westabfall) Unterschiede von 80 m.

Am Südabfall zur Krems ist das Ablesen wegen der schlechter erhaltenen Talböden schwieriger. Am Mattehans beträgt die Differenz 90 m. In dem Gebiet der Spittalalm ist eine Trennung der beiden Niveaus unmöglich, eine flachstufige Hügelreihe zieht von 2000 m bis 1800 m Höhe abwärts. Die einzelnen Flachstufen besitzen eine Höhe von 20 bis 30 m. Gegen Westen werden die Verhältnisse besser, die Differenzen erreichen den Betrag von 150 m.

Aus dieser Zusammenstellung der Differenzen ergibt sich, daß zu beiden Seiten der Krems eine Zone mit geringerer Hebung vorhanden ist, die im Raume Grünleiten-Spittalalm am besten zum Ausdruck kommt.

Es ist daher der Schluß berechtigt, daß die 2. Hebungsphase im allgemeinen eine Emporwölbung um 150 m bewirkte, die Gegend des heutigen oberen Kremstales jedoch um rund 50 m zurückblieb.

Das Kremstal stellt eine Depressionszone dar, die jedoch im westlichen Teil nicht mehr zur Geltung kommt, sondern bereits in den normalen Hebungsbereich übergeht.

Im Pressinggebiet hingegen spricht die 200 m-Differenz für eine stärkere Heraushebung.

Durch die 2. Hebungsphase wurden das Kar- und das Firnfeldniveau verbogen. Wenn daher die Schlüsse aus den Differenzen richtig sind, müssen diese Ebenheiten die Abbiegungen zum Kremstal und das Aufsteigen zum Pressing erkennen lassen.

Vom Königstuhlkar (2049 m) senkt sich eine geschlossene Ebenheit zum Altenberg auf 1929 m Höhe. Das Sauereggkar zieht von 1940 m Höhe auf 1960 m; am Westabfall der Grünleiten senkt sich das Kar-niveau von 2000 m Höhe bis 1950 m. Auf der Schulter streicht am Westabfall die Ebenheit von 2049 m fast geschlossen bis 1930 m Höhe.

Man könnte nun bei diesen Karverebnungen annehmen, daß die Absenkungen (= Gefälle) der Wasser- oder Eiserosion zuzuschreiben sind. Ein kleiner Betrag wird auch wahrscheinlich auf den Abtrag fallen, doch hauptsächlich schreibe ich diese Absenkung der verminderten Hebung zu, denn die ungefähr gleich langen und gleich breiten Täler zeigen recht verschiedene Gefällsbeträge und das Gefälle vom König-

stuhl-Karniveau zeigt gegen N (nördlich der Kremsbachbiegung) nicht mehr diese Gefällsabnahme. Ferner müßte bei Einwirkung der Erosion der Abstand zwischen Karniveau und Firnfeldniveau gegen N zum Kremstal eine Vergrößerung aufweisen. Es ist aber gerade das Gegenteil der Fall. Die beiden Ebenheiten laufen zusammen, die Differenzen werden kleiner, oder die Ebenheiten laufen parallel. Auf Grund dieser Tatsachen nehme ich für das Absinken der Karniveaus tektonische Vorgänge an.

Für das Firnfeldniveau ist das Absinken nicht so deutlich zu beobachten, weil die Flächen nicht so weit nach N vorstoßen, so daß die Abbiegung nicht mehr erhalten ist. Immerhin läßt sich im Raume Eisentalhöhe-Karlnock-Grünleiten eine Absenkung gegen N beobachten. Am Schulter-Westkamm fällt das Firnfeldniveau von 2114 m Höhe bis 2050 m.

Dagegen ist das Ansteigen des Karniveaus im Pressinggebiet nicht feststellbar. Es behält vielmehr die normale Lage von 2000 m bei. Die größere Differenz wird daher nicht durch die stärkere Höherschaltung des Karniveaus erreicht, sondern durch die tiefere Lage des 1800 m-Niveaus. Das heißt mit anderen Worten: Das Divergieren der beiden Talböden wurde durch die größere Erosion des 1800 m-Tales hervorgerufen. Das setzt aber wieder eine tektonische Bevorzugung voraus, die ich in der Ausarbeitung einer verminderten Hebungszone erblicke; denn das Karniveau auf der Bodenlücken liegt um 20 m tiefer als das Pressingkar und streicht allmählich in dieses hinein.

Es ergibt sich folgendes Hebungsbild: Die 2. Hebungsphase schaltete die Landschaft um weitere relative 150 m empor. Durch geringere Hebung ist ein O-W ziehender, zu beiden Seiten der oberen Krems gelegener Streifen zwischen Schulter und Altenberg ausgezeichnet. Ferner beginnt sich westlich vom Pressing solch eine verminderte Hebungszone zu entwickeln. Die beiden Depressionszonen gruppieren sich um zwei stärker gehobene Stützpunkte, um den Pressing und das Hochfeld. Die östlichste Abgrenzung bildet das Karlnock.

Ein Vergleich mit der ersten Hebungsphase zeigt sofort, daß die Kremstal-Depression ungefähr dasselbe Gebiet beherrscht, nur ist sie schon auf einen schmäleren Streifen beiderseits der Krems beschränkt und läßt sich schon viel schärfer erfassen als bei der 1. Phase.

Die südliche Zone mit dem normalen Hebungsbetrag bildet in der Mitte keine axiale Einsenkung, sondern zieht vom Pressing in derselben Höhe geschlossen bis zum Karlnock. Sie schiebt sich ferner etwas weiter gegen N vor, die Wellenlänge ist größer geworden. An Stelle der

besonders hervorgehobenen Zone im Pressinggebiet tritt eine Depressionszone von unbestimmter Ausdehnung. Im Speiereckgebiet, welches sich an das etwas stärker gehobene Hochfeld anschließt, verlief die Hebung normal.

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß in der 2. Hebungphase die Differenzen viel schärfer hervortreten als in der 1. Phase und daß sich die Unregelmäßigkeiten zwar auf kleinere, dafür aber auf zwei Zonen verteilen.

Drückt man die 2. Phase in der Wellensprache aus, so kommen die Differenzierungen dieser Hebungen im Raume noch deutlicher zum Ausdruck. Der südliche Wellenberg (Pressing-Karlnock) weist auf dieser W-O-Achse eine große Amplitude ($H = 150$ m) auf, die sich westlich vom Pressing verkleinert und allmählich in ein Wellental übergeht. Daran schließt gegen Norden ein Wellental mit kleiner Amplitude und kleiner Wellenlänge. Die Wellenachse steigt gegen W (Schulter) und O etwas an und schließt dadurch das Wellental (= Kremstaldepression) ab. Nördlich der Krems erhebt sich ziemlich plötzlich ein Wellenberg, dessen Achse gegen W etwas ansteigt (Hochfeld) und gegen das Speiereck etwas abfällt. Der größte Teil des westlichen Gebietes wird von einem flachen Wellental (= Bodenluckendepression) eingenommen, welches allmählich in den Speiereck-Wellenberg übergeht. Ein N-S-Schnitt im Raume Grünleiten-Zechnerhöhe zeigt daher 2 Wellenberge mit einem kleinen schmalen Wellental.

Ein ebensolcher Schnitt im Raume Bodenlucke-Hochfeld läßt im Süden einen undeutlichen kleinen Wellenberg erkennen, der in ein langgezogenes Wellental übergeht und im Norden durch einen höheren Wellenberg abgeschlossen wird.

Auf Grund dieser Auseinandersetzung läßt sich die Rekonstruktion der Landschaft zur Zeit der Aktivität des 1800 m-Niveaus in einigen Punkten ergänzen. Die Reste des 1800 m-Niveaus im Kremstal zeigen recht verschiedene Entfernungen. Im Osten (Altenberg-Matthans) sind sie höchstens 1200 m entfernt, im Raume Grünleiten-Gaipahöhe würde ein 2000 m breiter Talboden vorliegen, zwischen Schulter und Hochfeld, wo die Reste sehr spärlich sind, läßt sich ein 1800 m breiter konstruieren und zwischen Speiereck und Schulter stehen die Ebenheiten 3800 m ab. Das würde für einen Fluß auf einer so kurzen Strecke eine undenkbare Verbreiterung ergeben. Es ist daher kaum möglich, daß ein O-W verlaufender Fluß — wie das heutige Kremstal — vorhanden war. In Verbindung mit den 2 Depressionszonen, die durch die Hochfeld-Schulter-Emporwölbung undeutlich getrennt waren, schließe ich, daß sich in diesen Räumen seeartige Becken ausbreite-

ten, welche nach O, bezw. W entwässert wurden und von S ihre Zuflüsse erhielten.

Das auffallend breite Kartal wurde durch die verschiedenen Hebungsintensitäten in seeartige Becken geteilt. Mit dieser Annahme stimmt die auffallend schwache Entwicklung des 1800 m-Niveaus am Schulter-Nordabfall und am Hochfeld-Südabfall überein. Dieser flache, trennende Rücken war eben eine stete Kampfzone der beiden Gewässer, die eine gute Talbodenentwicklung nicht zustande brachten.

Zusammenfassend läßt sich also sagen: Die 2. Hebungsphase verursachte im allgemeinen eine Hebung um 150 m. Die Kremstaldepression zog sich auf einen kleineren Raum zurück. Im Westen bildete sich die breite Bodenlücken-Depression aus.

γ) Die 3. He b u n g s p h a s e.

Dieser tektonische Vorgang bewirkte die Ausschaltung des 1800 m-Niveaus. Ich hatte anfangs die Absicht, diese Phase mit den jüngsten Krustenbewegungen zu vereinigen, weil die 1700 m-Ebenheiten im westlichen Teil meines Aufnahmegebietes so wenig hervortreten. Doch die gut erhaltenen Talböden im östlichen Teil (Heiligenbachalm, Sauereggbach und Schönfeld auf 1700 m) und die Verstellungen der Ebenheiten, die, wie der „Bruch“, nur nach dem 1800 m-Niveau und vor dem 1700 m-Niveau anzureihen sind, bestimmten mich, eine besondere Hebungsphase anzunehmen.

Die relative Hebung betrug durchschnittlich 100 m. Im südlichen Teil des Aufnahmegebietes (Eisentalhöhe-Pressing) finden sich Differenzen von 120—130 m. Im Bodenlücken-Abschnitt betragen die fraglichen Abstände (die Verebnungen des 1700 m-Talbodens sind unsicher) 100—120 m. Am Grünleiten-Nordabfall und am Spittalalm-Südabfall lassen sich Differenzen von 40—60 m deutlich ablesen. Gegen Westen, zur Schulter und zum Speiereck, werden die Verhältnisse wieder unklarer. Wo Differenzen feststellbar sind, betragen sie 80—120 m.

Eine genauere Angabe der Differenzen ist nicht möglich. Es ist immerhin bemerkenswert, daß sich die kleinen Unterschiede in der Kremstal-Depressionszone finden.

Dazu kommt noch die Feststellung, daß sich nur in dieser Zone die verstellten Ebenheiten finden. So wurden am Grünleiten-Nordwestabfall das Karniveau und das 1800 m-Niveau je in 2 Teile zerlegt, die staffelförmig absanken. Am Spittalalm-Abfall ging die Zerlegung und Verstellung dieser beiden Niveaus so weit, daß eine genaue Trennung der beiden Verebnungen nicht mehr möglich ist. Eine Teilung und Verstellung des 1700 m-Niveaus hingegen konnte nie beobachtet werden.

Besonders interessant sind die Verhältnisse am Mattehans, die bei flüchtiger Beobachtung zu Irrtümern Anlaß geben können. Das Firnfeldniveau, welches vom Mattehansgipfel gegen Norden streicht, liegt 100 m unter dem Firnfeld der Zechnerhöhe. Das Karniveau am Westabfall endigt am SW-Sporn in 1950 m Höhe, am Nordabfall liegen auf den stark durcheinandergerüttelten Karbon-Konglomeraten in 1930 m Höhe, dann etwas weiter östlich in 1870 m Höhe und auf der Surgeralm in 1850 m Höhe Ebenheiten, die ich als verstellte Karverebnungen ansehe, weil sie die ersten Ebenheiten unter dem Firnfeldniveau sind. Das 1800 m-Niveau vermute ich daher bei der Jackelbaueralm in 1720 m Höhe und in derselben Höhe am SW-Abfall.

Kleinere Verstaltungen des 1800 m-Niveaus finden sich dann noch am Altenberg-Nordabfall, wo zwischen 1800 m und 1850 m mehrere kleinere Ebenheiten liegen, die an dem NWN-SOS verlaufenden kleinen Bruch abgesunken sind.

Wie schon erwähnt, fällt nun gerade in dieses Gebiet, welches die verstellten Ebenheiten trägt, der durch die geologische Aufnahme entdeckte „Bruch“. In den vorher besprochenen Hebungsphasen wurde das Kremstal als eine Zone geringerer Hebung erkannt. Es stellt eine Verbiegungszone dar, die sich auf einen immer schmäleren Streifen konzentriert. Auch in der 3. Phase wurde das Kremstal weniger gehoben und es verteilte sich die geringere Hebung auf einen noch kleineren Raum als in der 2. Phase. Durch das Zurückbleiben des kleinen Streifens entstanden in den Gesteinsschichten Spannungen, die in der 1. und 2. Hebungsphase noch aufgespeichert werden konnten. In der 3. Phase wurde jedoch durch das neuerliche Zurückbleiben das Spannungsmaximum überschritten, die Spannungen wurden ausgelöst und es kam zum Zerreißen der flexurartigen Abbiegungen. Die Schichten wurden an der Linie Kremsbachklamm-Grünleiten Knappenhaus-Bärengrubenbach abgeschnitten. Der nordwestliche Teil glitt deshalb in die Tiefe, die Schichten verschuppten und verkeilten sich und die Mächtigkeit wurde stellenweise reduziert. Die darüber liegenden Verebnungen wurden geteilt und mehr oder minder, je nach der Beweglichkeit der Schichten und der Höhe des Bruches verstellt. Im Mattehansgebiet war die Verstellung am größten, am Spittalalm-Abfall kam es zwar zu zahlreichen, aber kleinen Zerrüttungen. Am Altenberg konnten nur mehr kleine Verstaltungen bemerkt werden.

Gleichzeitig mit der Spannungsauslösung (= Bruch) scheint die starke Zerklüftung der Gesteine erfolgt zu sein, die besonders in dieser Zone ausgezeichnet hervortritt.

Ausdrücklich hervorgehoben sei, daß dieser Bruch keine reine ver-

tikale Verschiebung einer losgelösten Scholle ist, sondern die Trennung einer flexurartigen Abbiegung darstellt; daher bildete sich im Norden (Spittalalm-Mattehans) eine Zerrungszone aus, die zwar eine Lockerung des Schichtbestandes und Zerrüttung der Ebenheiten aufzeigt, aber keine Trennung der Schichten verursachte. Bei einem gewöhnlichen Bruch handelt es sich um vertikale Bewegungen, hier liegen aber, wie noch später bewiesen wird, horizontale Bewegungen vor, die Zonen mit geringerer Durchbiegung ausarbeiteten, welche beim Überschreiten des Spannungsmaximums zum flexurartigen Zerreißen führten.

Für die in der 2. Phase beginnende Bodenluckendepression lassen sich keine bestimmten Angaben machen. Die dazu notwendigen Reste des 1700 m-Niveaus gestatten keine bestimmten Schlüsse.

Anknüpfend an die Rekonstruktion des 1800 m-Niveaus auf Seite 107 f. möchte ich für das 1700 m-Niveau nur angeben, daß es nicht mehr alle 1800 m-Talböden eingeschnitten hat. (Z. B. Schulterbach.) Die tektonische Ruhe war zu kurz, um das vollständige Rückwärtschneiden in allen alten Tälern zu ermöglichen.

Durch die Absenkung im oberen Kremisgebiet wurde der Abfluß des seeartigen Beckens, welches in der 2. Phase angelegt wurde, unterbrochen. Von einem trennenden Riegel zwischen dem westlichen und östlichen Becken ist nichts zu bemerken. Ich vermute daher, daß bereits eine Verbindung bestand und ein gemeinsamer Abfluß nach W erfolgte. Das Kremstal tritt dadurch bereits deutlicher hervor.

Zusammenfassung: Die 3. Hebungsphase bewirkte eine Emporwölbung um relative 100 m. Die Depressionszone wurde auf einen noch kleineren Streifen konzentriert. Dadurch kam es zum Überschreiten der Spannungsmaxima und das weniger gehobene Gebiet wurde vom stärker gehobenen losgetrennt. Durch das Abgleiten der Schichten in die Tiefe wurden die alten Talböden zerrissen und verstellt.

Die Veränderung der Schichtlagerung und die Verstellung der Ebenheiten sind keine direkten Auswirkungen der Hebungsphasen, sondern nur Folgeerscheinungen der verminderten Hebung.

Die jüngeren Hebungsphasen.

Die Ebenheiten unter 1700 m lassen sich, wie im Abschnitte „Ebenheiten unter 1700 m“ gezeigt wurde, auf mehrere selbständige Talbodensysteme zurückführen. Diese Tatsache ändert sich auch dann nicht, wenn man die fraglichen Talböden von 1250 m zum 1350 m-Niveau und den Talboden von 1600 m zum 1700 m-Niveau schlägt.

Die Ausschaltung der alten Talböden erfolgte analog den vorherigen

durch „Hebungen“. Wenn man nun für jedes Talbodensystem eine eigene Hebungsphase annimmt, würden zu den drei schon genannten noch 3—5 dazukommen. Ich habe jedoch eine Zerlegung dieser jüngsten Krustenbewegungen unterlassen, weil die Verbreitung auf einen so kleinen Raum (nur im Kremstal) eine Charakterisierung der einzelnen Bewegungen nicht ermöglicht. Ferner geht aus der Verbreitung der Ebenheiten unter 1700 m und der Beschaffenheit der darüberliegenden hervor, daß diesen Hebungen nicht die Bedeutung zukommt wie den ersten drei, die, eine große Fläche umspannend, deutliche Intensitätsunterschiede aufwiesen.

Um aber diese letzten Hebungen, welche den Abschluß der Krustenbewegungen darstellen, doch zu kennzeichnen, fasse ich sie zu einer Einheit zusammen und stelle sie den ersten drei Hebungsphasen gegenüber. Eine einheitliche Behandlung ist umso leichter möglich, als die große Vertikalkomponente (Emporschaltung um relativ 600—700 m) einen Ersatz für die kleinen Horizontalkomponenten (= geringe Länge der einzelnen Talböden) bietet.

Die deutlichen Differenzen (250 m, 180 m und 170 m) zwischen den einzelnen Niveaus besagen, daß in den tektonischen Ruhezeiten intensive Tiefenschürfe stattfanden, die den Einschnitten in den älteren Phasen nicht im geringsten nachstehen. Trotz der gewaltigen Tiefenerosion reichte die Wasserwirkung nicht weit nach rückwärts, es liegen nur kurze Täler vor. Das heißt aber mit anderen Worten: nach einer Emporwölbung folgte nur eine kurze Ruheperiode, die jedoch nicht hinreichte, ein weiteres Rückwärtsschneiden zu ermöglichen. Es folgte wieder eine Hebung, wodurch neuerliches Einschneiden in die Tiefe einsetzte.

Vergleicht man die einzelnen Differenzen, die die Talböden miteinander bilden, so fällt vor allem auf, daß gegen abwärts immer kleinere Höhenunterschiede vorliegen und die Täler immer weniger nach rückwärts schneiden. Das heißt aber, auf die Hebungen übertragen, daß die Hebungsintensitäten immer kleiner und die dazwischen liegenden Ruhezeiten immer kürzer werden. Die Hebungen folgten in kurzen Zeiträumen aufeinander.

Wenn man nun weiter bedenkt, daß im Kremstal die einzelnen einstreichenden Niveaus nie durch scharfe Talstufen, sondern nur durch etwas stärker ansteigende Talstücke gekennzeichnet sind und daß in den untersten Niveaus Flußverlegungen häufig sind (Kalvarienberg, Griefßangerbach, Weißenbachklamm), so besagt dies eigentlich, daß eine vollständige tektonische Ruhe unwahrscheinlich war, daß vielmehr ein fortwährender Wechsel von stärkeren und schwächeren Bewegungen er-

folgte. An eine Hebung mit großer Intensität reihte sich eine solche mit kleiner, die der tektonischen Ruhe schon sehr nahe kam; dann folgte wieder eine stärkere Hebung usw. Die Hebungen reihten sich in so kurzen Zeiträumen aneinander, daß der Erosion nie die Zeit blieb, einen Zyklus zu Ende zu führen.

Würde man alle diese letzten Hebungen in Form von Wellen darstellen, so würden die 3—5 Wellenberge, deren Amplitude (= Maß für die Intensität) und Wellenlänge (= Maß für die Zeitdauer der Hebung) gegen das Ende immer kleiner werden, die Emporwölbungen und die dazwischenliegenden Wellentäler die geringeren Hebungen, bezw. Ruhepausen darstellen. Die Kurve veranschaulicht deutlich das Abflauen und das immer raschere Aufeinanderfolgen der Bewegungen.

Infolge der spärlichen Reste und geringen Verbreitung der Ebenheiten unter 1700 m ist es unmöglich, Angaben zu geben, ob die einzelnen Hebangsphasen die Talböden ungleich emporwölbten und ob es zur Ausarbeitung ähnlicher Depressionszonen kam, wie bei den älteren Hebungen. Auch die vollständig erhaltenen Talböden von 1700 m und 1800 m geben darüber nicht die geringste Auskunft, denn sie zeigen weder Verbiegungen noch Verstellungen, die durch die jüngsten Hebangsphasen erklärt werden können.

Entweder ist die Landschaft vollständig gleichmäßig höher geschaltet worden oder es sind die Ungleichheiten durch die folgenden Hebungen wieder ausgeglichen worden, so daß am Schlusse ein ziemlich gleichmäßig herausgehobenes Relief vorlag. Genaue Angaben darüber sind nicht zu bringen.

Es ist aber noch eine andere Ansicht in Betracht zu ziehen: Ist die Modellierung des Steilhanges nicht auch durch eine absolute Tieferlegung der Erosionsbasis denkbar, wie Winkler¹ annimmt? Für die Talbildung kommt es auf dasselbe hinaus. Die Differenzen bleiben die gleichen und es hätten diese Bewegungen den Vorteil, daß das Fehlen von Verbiegungen und Verstellungen im 1700 m- und 1800 m-Niveau, die ja eigentlich bei diesen heftigen jüngsten Hebungen vorhanden sein sollten, verständlich würde.

Zum Schlusse noch ein paar Worte zum damaligen Talnetz. Durch die flexurartige Absenkung im Raume Grünleiten-Mattehans (siehe 3. Hebangsphase) wurde wahrscheinlich die Verbindung mit dem Schönfeld, die im 1700 m-Niveau wenigstens teilweise noch bestand, unterbrochen. Die Täler von 1600 m abwärts führten ihr Wasser gegen Westen. Trotzdem aber scheint im 1600 m-Niveau und im 1350 m-

¹ Winkler: Sitzungsber. d. W.-A. 1923

Talboden eine einfache Talrinne, ähnlich dem heutigen Kremstal, noch nicht bestanden zu haben; denn die Talbreiten östlich und westlich der Linie Hochfeld-Pressing sind mit einem einheitlichen Tal nicht in Einklang zu bringen. Ich vermute vielmehr, daß im Osten die seeartige Wanne verschwunden war, im Westen sich jedoch noch eine seeartige Bildung vorfand, die sich in wechselnder Breite bis in die Gegend von Gmünd hinzog. Erst nach dem 1350 m-Talboden scheint sich auch dieses Wasser in die engen Täler zurückgezogen zu haben. Es wurden die letzten Talstücke (z. B. Vorderkrems-Kremsbrücke) angelegt.

c) Zusammenfassung der Hebungsphasen.

Durch die Analyse der einzelnen Hebungsphasen wurde gezeigt, daß die Intensität der „Hebung“ im Raume verschieden ist. Es bildeten sich Zonen mit geringerer und solche mit stärkerer Emporwölbung aus. Die stete Verkleinerung des Raumes mit geringerer Hebung, die allmählichen Übergänge der stärker und schwächer gehobenen Zonen und die flexurartige Zerreißung sprechen dafür, daß es sich um horizontale Bewegungen handelt, die ein Emporwölben der Kruste verursachten. Ich bezeichne sie als Hebungswellen. Sie sind in der heutigen Oberfläche abgebildet und lassen sich daraus konstruieren, wenn man als Wellenlänge den horizontalen Abstand in Metern und als Wellenhöhe (= Amplitude) die senkrechten Gefällsunterschiede eines Niveaus annimmt.

In der 1. Phase würde es sich nach dieser Darstellung um weitspannige Hebungswellen handeln. Die Amplitude ist klein, Wellental und Wellenberg sind gleich lang, die auf- und absteigenden Äste sind symmetrisch, d. h. sind gleich geneigt.

In der 2. Phase nimmt die Amplitude zu, die Länge der Wellenberge ist größer als die der Wellentäler, die auf- und absteigenden Kurven sind unsymmetrisch, sie zeigen verschiedene Neigungswinkel. Die Verschiedenheiten in den Hebungsintensitäten sind größer, die stärker und schwächer emporgewölbten Zonen treten schärfer hervor.

In der 3. Phase nehmen die Intensitätsverschiedenheiten weiter zu. Die Amplitude des Wellentales wird größer, dessen Länge jedoch kleiner. Der nach N fallende Ast des südlichen Wellenberges weist auf eine plötzliche Abnahme der Hebungsintensität hin. Es kommt zur Trennung der stärker und schwächer gehobenen Zonen.

Die jüngsten Hebungen — aus 3—5 Hebungsphasen zusammengesetzt — sind durch rasch aufeinanderfolgende Hebungswellen (Wellenberge), die immer kleinere Amplituden aufweisen, und durch

kurze Wellentäler, die Zeiten der tektonischen Ruhe oder schwachen Hebung darstellen, gekennzeichnet.

Eine Differenzierung dieser letzten Phasen ist unmöglich. Allfällige Intensitätsunterschiede in einer Phase (Zonen verminderter Hebung) wurden voraussichtlich durch folgende Phasen wieder ausgeglichen.

Die Analyse der Hebungsphasen gilt in erster Linie für den östlichen Teil des Aufnahmegebietes. Für das westliche Gebiet ist eine solche Darstellung wegen des Mangels an sicheren Talbodenresten nicht möglich. Doch sprechen die Erscheinungen in der 1. und 2. Phase (die alten Talböden sind gut erhalten) dafür, daß ähnliche Bewegungen vorliegen, nur daß es hier nicht zum Zerreißen des Schichtbestandes und zur Verstellung der Ebenheiten kam.

Diese horizontalen Hebungswellen können daher nicht mit den epirogenetischen Bewegungen, die vertikale Verstellungen darstellen, verglichen werden. Sie können aber auch nicht als orogenetische Bewegungen angesprochen werden, denn die Gesteinslagerung wurde nicht gestört (Ausnahme in der Kremstaldepression) und die Ebenheiten übersetzen die tektonischen Grenzen, ohne von ihnen beeinflußt zu werden. Die horizontalen Hebungswellen veränderten die Lagerung der Schichten, die durch die letzte orogenetische O—W-Aufschiebung geschaffen wurde, nur wenig. (Zerrungen usw.)

Diese Hebungswellen liegen zwischen den epirogenetischen Bewegungen, mit denen sie im großen und ganzen die Schichterhaltung gemeinsam haben, und den orogenetischen, mit denen sie horizontale Verschiebungen verbinden. Sie sind eine Zwischenstufe, eine Übergangserscheinung dieser beiden Vorgänge, die letzten Nachklänge der orogenetischen Phase und die Anfänge der epirogenetischen, die in den Tertiärsedimenten des Alpenrandes abgebildet sind. Solche Bewegungen also, die nach Stille als **synorogenetisch** zu bezeichnen sind, verursachten die Gestaltung des heutigen Gebirges.

Vergleicht man die Intensitäten der zeitlich verschiedenen Hebungsphasen untereinander, so kann auf Grund der Breite der Talböden, deren Verbreitung und der Differenzen mit den darüberliegenden festgestellt werden, daß die Intensitäten auch zeitlich stark differieren. Am heftigsten scheint die 3. Hebungswelle gewesen zu sein. In der 1. und 2. Phase steigt die Bewegung an, in der 3. Phase liegt das Maximum und in den jüngsten Phasen erfolgt in kleinen Wellen das Abflauen der Bewegung.

Zwischen den einzelnen Phasen liegen Zeiten der tektonischen Ruhe, die nur relative Ruhepausen darstellen und von verschiedener Dauer waren. Als ein Zeitmaß der Ruhepausen kann das Rückwärtsschneiden angesehen werden. Nachdem die unteren Täler immer weniger weit rück-

wärts schneiden, nehme ich an, daß mit dem Abschwächen der Hebungswellen auch die Zeiten der relativen Ruhe immer kürzer wurden.

d) Zusammenfassung der Resultate.

In den Bergen um Innerkrems lassen sich folgende Verebnungssysteme unterscheiden:

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. Die Ebenheiten des Firnfeldniveaus. | 6. Das 1350 m Niveau. |
| 2. Die Verebnungen des Karniveaus. | 7. Das 1250 m Niveau. |
| 3. Das 1800 m Niveau. | 8. Das 1170 m Niveau. |
| 4. Das 1700 m Niveau. | 9. Das 1000 m Niveau. |
| 5. Das 1600 m Niveau. | |

Die Ebenheiten des 1600 m-Niveaus lassen sich allenfalls zum 1700 m-Niveau, die von 1250 m- zum 1350 m-Niveau schlagen, so daß sich immer noch sieben selbständige Niveaus ergeben.

Die Ausschaltung dieser alten Talböden erfolgte durch synorogentische Bewegungen, welche in Form von Hebungswellen eine Höher-schaltung der Landschaft bewirkten. Diese jungen Krustenbewegungen lassen sich auf Grund der ausgeschalteten Talböden in Hebungsphasen zerlegen, die durch Zeiten der Ruhe oder verminderter Bewegung getrennt waren.

Die 1. Hebungsphase bewirkte die Ausschaltung des Firnfeldniveaus, die 2. die des Karniveaus, die 3. die des 1800 m-Niveaus und die jüngsten Phasen (4.—6. oder 8. Phase) die des 1700 m, des 1600 m, 1350 m, 1250 m, 1170 m und des 1000 m-Niveaus.

Die einzelnen Hebungsphasen bewirkten keine gleichmäßige Höher-schaltung, sondern manche Gebiete wurden stärker, andere wieder schwächer gehoben. Es kam also zur Ausarbeitung stärker und schwächer gehobener Zonen. Die Zonen verminderter Hebung (= Depressionszonen) konzentrierten sich in jeder Phase zu beiden Seiten des oberen Kremstales und nahmen einen immer schmäleren Streifen ein. Durch die Ausarbeitung ein und derselben Depressionszonen kam es im Verlaufe der Hebungsphasen zum Anwachsen von Spannungen, die beim Überschreiten des Maximums zum Zerreißen des Schichtbestandes und zur Verstellung der Ebenheiten führten, womit ein Absinken der Schichten und der Ebenheiten (= Bildung der Auslaufrücken) verbunden war.

Die Depressionszone fällt mit der auf der geologischen Karte ausgeschiedenen Paragneis-Mischungszone und mit dem Nordende der Kalk-Dolomitserie zusammen.

Die Paragneis-Mischungszone zeigt besonders heftige Schuppenstruktur und enthält die intrudierten Orthogesteine. Sie ist eine bei der Orogenese bevorzugte Zone.

Verbindet man das geologische und das morphologische Ergebnis, so kommt man zu dem Schluß:

Die Hebungsphasen lassen alte tektonische Linien, die durch die Orogenese angelegt wurden, wieder neu aufleben.

e) Die Abbildung im Sedimentationsraum und Ausblick auf die Morphologie der Ostalpen.

In den vorhergehenden Abschnitten wurde der Beweis von Hebungsphasen lediglich auf Grund der Talbodensysteme erbracht. Ein wichtiger Beweis würde nun noch darin liegen, die den Erosionszyklen entsprechenden korrelativen Sedimente zu finden, so wie es Schwinner¹ im Suganertale gelungen ist, wodurch auch eine zeitliche Einordnung der Talbodensysteme möglich wäre.

Im ersten Augenblick scheint auch für die Gurktaleralpen die Frage der Abbildung der Erosionszyklen im Sedimentationsraum nicht ungünstig zu stehen, liegt doch im Norden das von tertiären Sedimenten erfüllte Becken des Lungau und im Süden das mächtige Tertiär von Klagenfurt. Wenn mir auch eigene Beobachtungen in diesen Gebieten fehlen, so geht aus den vorhandenen Arbeiten aber doch klar und deutlich hervor, daß die Ablagerungen im Lungau und im Klagenfurter Becken nicht das Abbild der Erosionszyklen der Gurktaleralpen sind.

Im Lungau besteht nach Geyer,¹ Petraschek,² Aigner³ und Schwinner⁴ das Tertiär aus Schiefertonen, feinsandigen Schiefern und Konglomeraten, welche aus Glimmerschiefer- und Phyllitgeröllen zusammengesetzt sind, die Aigner vom Südrand der Hohen Tauern ableitet. Gerölle aus den Radstätter und den Niedern Tauern und auch aus den Gurktaleralpen scheinen zu fehlen (Aigner). In den basalen Tonen und Sanden liegen Kohlenschmitzen. Die Ablagerungen sind altersgleich mit dem Fohnsdorfer-Leobner Tertiär und werden ins Untermiocän (Eibiswalderschichten) gestellt. „Die Fazies unserer Tertiärschichten steht in Widerspruch mit der Nähe des Hochgebirges“ (Aigner). Auch die Korngröße der Konglomerate besagt, daß die Gerölle nicht von einem Hochgebirge abzuleiten sind. Die Tertiärschichten stammen aus einer Zeit, wo noch kein besonders akzen-

¹ Schwinner: Die Oberflächengestaltung des östl. Suganer Gebietes. Ostalpine Formenstudien.

² Geyer: Bericht über die geologische Aufnahme im Lungau. V. 1892.

³ Petraschek: Kohlengeologie der österreich. Teilstaaten.

⁴ Aigner: Über tertiäre und diluviale Ablagerungen am Südfuß der Niedern Tauern. Jb. d. geol. Bundesanstalt, 1924.

⁵ Schwinner: Über das Tertiär des Lungaues. V. 1925.

tuiertes Gebirge bestand, sie sind also mit den Talböden unter dem Niveau des Firnfeldes auf keinen Fall zu verbinden.

Im Klagenfurter Becken liegen auf Grund der Arbeiten von Peters,¹ Höfer,² Teller,³ Geyer⁴ und Petraschek⁵ folgende Ablagerungen vor: Zu unterst tonige Schichten mit Kohlenlagern, die wahrscheinlich den untermiocänen Eibiswalderschichten gleichzusetzen sind. Darüber mächtige Konglomerate, die als Sattnitzkonglomerat bekannt sind und die Teller ins Obermiocän stellt. Die Konglomerate sind nach Peters und Höfer zum größten Teil aus Kalken und Dolomiten zusammengesetzt. Vereinzelt finden sich noch Quarz-, Sandstein- und Felsitporphyrgerölle. Gneise und Glimmerschiefer treten auffallend zurück.

Das Sattnitzkonglomerat entspricht nur einem Erosionszyklus, es sind nicht die geringsten Andeutungen vorhanden, diese Grob-sedimente als Bildungen mehrerer Erosionszyklen anzusehen. Die Zusammensetzung der Konglomerate spricht weiter dafür, daß sie nicht vom Norden stammen, wo doch in erster Linie kristalline Gesteine die Berge aufbauen, sondern vom Süden, von den aus Kalk und Dolomit bestehenden Karawanken. Dafür spricht auch die Tatsache, daß das Sattnitzkonglomerat den Karawanken viel näher liegt als den Zentralalpen. Allenfalls können die Konglomerate, die aus kristallinen Gesteinen bestehen, von N oder NW bezogen werden, auf keinen Fall reichen sie aber aus, die Modellierung des Hochgebirges im Norden zu erklären. Es fehlen also im Lungau und im Klagenfurter Becken die der Formenentwicklung der Gurktaleralpen entsprechenden grobklastischen Sedimente.

Auf die Frage, wo dann die ungeheuren Schuttmengen sind, welche die alten Erosionszyklen geliefert haben, kann daher vorerst keine befriedigende Antwort gegeben werden. Ich kann da nur auf die Arbeit Ampferers⁶ verweisen, der annimmt, daß die Schotter durch die nach N fahrenden Schubmassen der Kalkalpen verdeckt wurden, so daß sie dem Beobachter für immer entzogen sind.

Für diese Annahme sprechen neben Ampferers theoretischen

¹ Peters: Bericht über die geolog. Aufnahme v. Kärnten. Jb. 1854.

² Höfer: Hohle Gerölle und Geschiebeeindrücke im Sattnitzkonglomerat. Tschermaks Mitteilungen 1880. — Das Konglomerat von Bleiberg in Kärnten. V. 1902. — Das Alter der Karawanken. V. 1908. — Das Ostende des diluvialen Draugletschers. Jb. 1894.

³ Teller: Erläuterungen zur geolog. Karte der Karawanken. 1896.

⁴ Geyer: Zur Tektonik des Bleibergertales. V. 1901.

⁵ Petraschek: Kohlengeologie.

⁶ Ampferer: Über das Verhältnis von Aufbau und Abtragung in den Alpen. Jb. 1923.

Überlegungen auch die Beobachtungen Höfers,¹ der am Nordfuß der Karawanken feststellen konnte, daß das Sattnitzkonglomerat von den Südalpen teilweise überschoben wurde, und die Aufnahmergebnisse Ampferers² in Tirol, wo das Eocän von Häring vom Kaisergebirge überschoben wurde.

Wenn auch bei dieser Annahme noch manche Schwierigkeiten zu überwinden sind, so ist damit auf jeden Fall einmal ein brauchbarer Weg beschritten, auf dem weiter gebaut werden kann. Anschließend daran sei nur erwähnt, daß die Schotter der unteren Talböden (vom Karniveau abwärts) wegen der breits vorhandenen stärkeren Eintalung wohl nicht mehr zur Gänze nach N abtransportiert werden konnten. Ich vermute vielmehr, daß die Schotter von jedem jüngeren Erosionszyklus neuerlich aufgearbeitet und weiter hinausgeschoben wurden; die vollständige Ausräumung besorgte die diluviale Vergletscherung, so daß in den heutigen mächtigen Moränenresten ein Großteil der wieder aufgearbeiteten Schotter der älteren Erosionszyklen liegt.

Wenn eben die Ablagerungen des Lungau und von Klagenfurt die Erosionszyklen der Gurktaleralpen nicht abbilden, so gibt ihre Fazies und Tektonik doch morphologische Anhaltspunkte, die mit den Ergebnissen von Innerkrems gut in Verbindung zu bringen sind. Die Fazies des untermiocänen Tertiärs vom Lungau und von Klagenfurt spricht dafür, daß es sich um Ablagerungen in stehenden Binnengewässern handelt. Ferner geht aus den Arbeiten Schwingers, Geyers und Petrascheks hervor, daß die Schichten stark gestört sind und ihre heutige Stellung nur durch flexurartiges Absinken erklärt werden kann.

Mit der Fazies und der tektonischen Stellung stimmen sämtliche inneralpinen Tertiärvorkommen der Ostalpen überein. Dabei ist bemerkenswert, daß sich die tertiären Sedimente nur östlich der Hohen Tauern finden. In der ganzen Länge der Hohen Tauern ist kein Tertiär bekannt. Die tertiären Ablagerungen lassen sich auf drei verschieden breite O—W ziehende Zonen zurückführen. Die breiteste, im Süden befindliche Zone wird von den Ablagerungen im Klagenfurter und im weststeirischen Becken (Köflach, Eibiswald) gebildet. Sie trennt im großen und ganzen die Zentralalpen von den Südalpen.

Die mittlere Zone wird von den kleinen tertiären Vorkommen zusammengesetzt, die längs der Mur—Mürzlinie liegen. Dazu gehören die Sedimente vom Lungau, von Schöder bei Murau, Oberwölz, Fohnsdorf, Seckau, Leoben, Bruck a. M., Parschlug, Kindberg, St. Peter am Hauenstein. (Siehe Petrascheck: Kohlengeologie.) Sie bevorzugen eben-

¹ Höfer: Das Alter der Karawanken. V. 1908.

² Ampferer: Zur Geologie des Unterinntaler Tertiärs. Jb. 1922.

falls oft die Grenze zweier geologisch verschieden aufgebauter Gebiete (Lungau, Schöder, Leoben).

Den nördlichsten Streifen bilden die kleinen isolierten Tertiärbecken von Wagrein, Flachau, Stoder, Trofaiach und Aflenz. Er trennt die Kalkalpen von den Zentralalpen. Mit diesen eingesunkenen Tertiärzonen laufen Störungszonen parallel. Ich verweise nur auf die Kremstaldepression, die mit dem Lungau gleichläuft, auf die Trassatlinie bei Leoben¹ und auf das Tertiär von St. Peter am Hauenstein.²

Die heutige Verbreitung entspricht jedoch nicht dem ursprünglichen Ablagerungsraum. Das Tertiär lag einst 1000—2000 m höher, ist mit einem Relief zu verbinden, welches nur geringe Höhenunterschiede aufwies und wird wohl größere Verbreitung gehabt haben, als heute. heute.

Die wenigen vorhandenen Reste wurden durch Absenkung in die Tiefe der Erosion entzogen. Eine einfache Bruchtektonik ist jedoch nicht imstande, die heutige Stellung zu erklären; auf Grund der regelmäßigen Zonenanordnung, der verschiedenen Absenkungsbeträge und der die Hauptzonen begleitenden Störungszonen vermute ich vielmehr, daß die inneralpinen Tertiärzonen auf ähnliche Weise entstanden sind wie die Kremstaldepression. Und zwar stelle ich mir die Entwicklung dieser Tertiär-Depressionszonen folgendermaßen vor: Bei den verschiedenen Hebungsphasen blieben so wie in Innerkrem auch anderswo bestimmte Teilgebiete in der Emporwölbung zurück. Indem das geringere Hebungsmäß immer dieselben Räume betraf, entstanden Spannungen, die zum Zerreißen des Schichtbestandes führten, worauf die Streifen geringerer Hebung in die Tiefe absanken. Bemerkenswert ist dabei, daß diese Zonen geringerer Hebung meist mit alten orogenetischen Linien zusammenfallen.

Die regelmäßige Verbreitung dieser Depressionszonen in Form der drei Tertiärstreifen und die Jugendlichkeit der Absenkungsvorgänge (Heritsch³ stellt die Absenkungen des Tertiärs von Stoder ins Sarmatikum) würden diese Ansicht, die in ähnlicher Form schon Schwiner⁴ äußerte, nur noch weiter unterstützen. Für diese Vergleiche können die Depressionszonen der Gurktaleralpen vielleicht allgemein anwendbare Hinweise für die Erklärung der verschiedenen morphologischen Entwicklung der Alpengruppen geben.

Die einzelnen morphologisch einheitlichen Gebiete würden daher

¹ Schmidt: Zur Oberflächengestaltung der Umgebung Leobens. Sitzungsber. d. W. A. d. W. 1920.

² Stiny: Beziehungen zwischen Gebirgsbau und Talnetz. Sitzungsber. d. W. A. d. W. 1922.

³ Heritsch: Geologie der Steiermark.

⁴ Schwiner: Über das Tertiär des Lungaus.

lediglich stärker oder schwächer emporgewölbte Zonen darstellen, die wieder durch besonders ausgeprägte Depressionszonen getrennt sind. Mit Hilfe der Breite der Depressionszonen und deren Absenkungsbetrag sind Schlüsse auf die Gesamtverteilung der Hebungintensitäten möglich. Die Verteilung der Tertiärsedimente kann jedenfalls wesentlich zur Beurteilung der Morphologie der Hohen Tauern beitragen, die mit ihren gleichmäßig nach N und S ziehenden Tälern einen eigenen Formenkomplex darstellen.

Es ist hier nicht der Ort, alle die Probleme zu berühren, die allenfalls durch die Intensitätsverschiedenheit der Hebungswellen erklärt werden können. Solange die notwendigen Aufnahmeberichte fehlen, würde es doch nur ein Vermuten und Spekulieren sein. Aus demselben Grunde unterlasse ich auch die zeitliche Einordnung der Talbodensysteme und führe dazu nur folgendes an: die Beschaffenheit der Tertiärsedimente im Lungau besagt, daß zur Zeit ihrer Ablagerung noch kein Gebirge bestand. Wie aus Schwinner's¹ Arbeit hervorgeht, reichen sie am Aineckabfall bis 1800 m empor. Es können daher höchstens die Ebenheiten des Firnfeldniveaus, welche noch keine Talentwicklung erkennen lassen, mit den untermiocänen Ablagerungen altersgleich sein. Sämtliche Ebenheiten unter dem Firnfeldniveau sind jünger als untermiocän.

Abgeschlossen im Juni 1927.

Die Haupthäfen Großbritanniens.

Von Marie Leiter.

Unter den Häfen Großbritanniens nimmt der von London den ersten Rang ein. Am Unterlauf der Themse gelegen, die bei Teddington, etwa 30 km oberhalb von London, bis wohin die Flut reicht, schiffbar wird, umfaßt er die Strecke zwischen Gravesend und der London Bridge (37 km), wohin große Seedampfer vordringen können. Die große Längenerstreckung des Hafens, auf die sich Hafenbecken, Docks, Lösch- und Ladevorrichtungen, Werkstätten, Fabrikanlagen u. a. verteilen, schmälert etwas die Gesamtwirkung des Hafenbildes, das bei den großen deutschen und holländischen Häfen durch die Konzentration auf einen verhältnismäßig engeren Raum so überwältigend ist.

Die ersten Hafenbecken an der London Bridge, 97 km von der Mündung der Themse in die Nordsee, entstammen dem Beginn des 19. Jahrhunderts, 1855 bis 1877 wurden stromabwärts weitere Hafenanlagen geschaffen und bereits bestehende erweitert, weil die Schiffsgrößen mit dem wachsenden Handel zunahmen und die weiter stromaufwärts gelegenen Docks, außer bei Flut den großen Schiffen unerreichbar blieben. So entstanden die Docks Saint Katharine, London, König Eduard VII., Millwall, East- und Westindia u. a., sowie die mo-

¹ Schwinner: Über das Tertiär des Lungaus. V. 1925.