

50. H. Schneiderhöhn, „Die jungeruptive Lagerstättenprovinz in Serbien, Siebenbürgen und dem Banat“, Zbl. f. Min 1928, Abt. A, S. 404.
51. F. Slavik, „Die Goldquarzgänge Mittelböhmens“, Z. f. pr. Geol. 22, 1914, 343.
52. H. Stille, „Magmato-tektonische Verhältnisse Bulgariens im Lichte allgemeiner Erfahrungen“, Festschr. St. Bontschev d. Z. d. bulg. Geol. Ges., Jg. XI, 1939, Sofia 1940.
53. E. v. Szadezky-Kardoss, „Ein Vorkommen von Antimon- und Arsenmineralien in der Flyschzone der Marmaroser Karpathen“, Zbl. Min. usw., Abt. A, 1941, S. 225.
54. K. Sztokay, „Über das neue Antimonglanzvorkommen von Kisbanya und Borpatak“, Zbl. f. Miner. usw., Abt. A, 1941, 85.
55. V. Tafel, „Das Metallhüttenwesen der Slowakei“, Met. und Erz, 41, 1944, 229.
56. A. Tornquist, „Perimagnetische Typen ostalpiner Erzlagerstätten“, Sitzber. Ak. der Wiss. Wien, Math.-Naturw. M., Abt. I, Bd. 139, 1930.
57. A. Tornquist, „Eine perimagnetische Antimon-Silber-Erzlagerstätte südlich Abfaltersbach, Osttirol“, Zeitschr. der Deutsch. Geol. Ges., Bd. 85, 1933, S. 53.
58. F. Ulrich, „Über einen Fund von Antimonit bei Prag“, Casopis Mineral-Geol. 1, 1923, Nr. 2, 3, Ref. Met. und Erz. 23, 1926, 119.
59. I. Waagen, „Bergbau und Bergwirtschaft“, 1919, Handelsmus. Wien.
60. B. Walter, „Beitrag zur Kenntnis der Erzlagerstätten Bosniens“, 1887.
61. Weltmontanstatistik. Bd. IV, Stuttgart 1939.
62. I. M. Zujovic, „Les Roches Eruptives de la Serbie“, Ann. Géol. de la Pénins. Balk. Belgrade 1924.

(Manuskript abgeschlossen: Ende Mai 1948.)

### **Dr. Andreas Thurner, Gebirgsbildung und Erzführung in der Grauwackenzone.**

Die Geologie der Grauwackenzone wurde in den letzten zwanzig Jahren durch zahlreiche Arbeiten sehr bereichert. Heritsch und seine Schüler konnten durch neue Fossilfunde Beiträge zur Stratigraphie geben, Cornelius, Haberkfelner, Hammer, Hießleitner, Kern, Metz, Redlich, Spengler, Stiny und Trauth veröffentlichten wertvolle Aufnahmen und trugen dadurch wesentlich zur Klärung verschiedener geologischer Probleme bei. Petrographisch haben besonders Angel, Cornelius und Hauser Forschungsergebnisse mitgeteilt. Auf dem Gebiete der Erzführung liegen Arbeiten von Petrascheck, Friedrich, Redlich und Metz vor<sup>1)</sup>.

Viel wurde gearbeitet, wertvolle Ergebnisse sind bekannt, doch gibt es noch viele Lücken zu schließen und zahlreiche Probleme zu lösen. Besonders der Schubmassenbau bedarf noch einer genauen Erforschung. Wohl hat Haberkfelner (1935) im Erzberg-Reichensteingebiet den Versuch einer Deckengliederung unternommen und hat Metz (1940) im Paltten-Liesingtal wertvolle tektonische Ergebnisse erzielt, doch für die anderen Gebiete fehlen noch entsprechende Arbeiten. Auch petrographisch herrscht noch keine einheitliche Auffassung.

<sup>1)</sup> Von einer genauen Anführung der Literatur muß wegen Raummangels Abstand genommen werden.

In den folgenden Ausführungen will ich vor allem über das Alter der Gebirgsbildung einige neue Gedanken bringen und versuchen, die Tektonik in den Gesamtmechanismus der Ostalpentektonik einzubauen. Im Anschluß daran wird die Erzführung in die gebirgsbildenden Vorgänge eingegliedert.

Über das Alter der Gebirgsbildung in der Grauwackenzone bestehen die verschiedensten Meinungen. Kern (1927), Haberfeldner (1935, 1937), Cornelius (1936, 1937, 1939, 1944) und Angel (1939) sind der Meinung, daß die Tektonik der Grauwackenzone in den variszischen Gebirgsbildungsphasen angelegt wurde und nachtriadisch nur mehr geringfügige Änderungen erfahren hat.

Andere Forscher wieder, wie Redlich (1930), Heritsch (1921), Spengler (1920, 1926), Thurner (1944), Metz (1930) vertreten den Standpunkt, daß die Grauwackenzone auch in den alpidischen Gebirgsbildungsphasen erfaßt und durchbewegt wurde. Hiebleitner (1929, 1931, 1935) findet am Erzberg, daß der Falten- und Schuppenbau nachtriadisch erfolgte; in der Gegend um Radmer ergibt sich für Hiebleitner der Schluß, daß dieses Gebiet vortriadisch durchbewegt wurde.

In der Arbeit über den Raum um Johnsbach kann Hiebleitner keine sicheren Angaben über das Alter der Gebirgsbildung geben. Nur aus der Bemerkung (S. 95, 1935, Jahrb.), daß zwischen Mesozoikum und Paläozoikum keine Verschuppung vorhanden ist, kann man annehmen, daß Hiebleitner auch hier mehr für eine vortriadische Gebirgsbildung eintritt.

Wir müssen anerkennen, daß jede Meinung etwas für sich hat und daß für jede Auffassung gewisse Gründe sprechen; doch wurde überall versäumt, den gesamten Bau der Grauwackenzone und den gesamten Mechanismus der Ostalpen in die Betrachtung einzubeziehen. Man klebte zu sehr an einem kleinen Gebiet, sah nur einzelne Aufschlüsse und übersah den großen Ablauf der Alpentektonik. Wenn auch da und dort die Prebichlkonglomerate oder die Werfener Schichten mit Schichten der Grauwackenzone im Transgressionsverband stehen und gelegentlich Diskordanzen sichtbar sind, so ist das noch kein eindeutiger Beweis, daß die Grauwackenzone vortriadisch bewegt wurde. Wir wissen vielmehr, daß die Bewegungsfläche nicht unbedingt an der Grenze Grauwackenzone-Trias liegen muß, sondern auch darüber in den Werfener Schichten und darunter im Schichtpaket der Grauwackenzone auftreten kann. (Siehe auch Cornelius, 1939, S. 164.)

Im folgenden will ich nun meine Auffassung genauer begründen. Ich behaupte: Die gesamte Grauwackenzone wurde nicht nur variszisch, sondern auch in den alpidischen Gebirgsbildungsphasen stark durchbewegt.

Besonders die austrische Gebirgsbildung hat diese Zone noch zur Gänze erfaßt, so daß eine klare Trennung der in der variszischen und in der alpidischen Gebirgsbildung geschaffenen Formen nicht mit Sicherheit möglich ist.

Ich begründe nun meine Behauptung.

1. Zwischen Gloggnitz und St. Kathrein a. d. Laming und bei Allerheiligen im Mürztal wird die Grauwackenzone vom Semmering-

mesozoikum begleitet. Die Flächen zwischen Grauwackenzone und Mesozoikum sind sicher tektonische und können nach Ablagerung der Trias-Juraschichten, also wahrscheinlich in der austrischen Gebirgsbildung entstanden sein, denn das Miozän des Mürztales transgrediert bereits über die gestörten mesozoischen Schichten.

Diese Stellung kam durch Einschub des Semmering-Mesozoikums zwischen Kristallin und Grauwackenzone zustande oder es wurde die Grauwackenzone vielleicht mit den Kalkalpen zusammen überschoben; wahrscheinlicher ist der erste Vorgang.

Auf jeden Fall muß aber die Überschiebung, bezw. Einschubung als ein großes tektonisches Ereignis gewertet werden und es ist schwerlich anzunehmen, daß bei einem derartigen tektonischen Vorgang die Grauwackenzone nichts abbekommen hätte.

2. Zur gleichen Zeit, also ebenfalls zur austrischen Phase, führten die Kalkalpen selbständige Bewegungen aus. Sie lösten sich von der Grauwackenunterlage ab und bewegten sich gegen Norden. Dabei wurden sie leicht gefaltet, die Werfener Schichten mehr oder minder abgeschoben und die juvavischen Schubmassen auf die „Basisschichten“ der Kalkalpen befördert. (Cornelius, 1939.)

Daß zwischen Kalkalpen und Grauwackenzone eine Ablöse- und Überschiebungsfläche besteht, will ich heute nicht mehr ausführlich begründen; ich verweise auf meine Arbeit (1943, Berichte, R.-A. für Bodenforschung). Erwähnen möchte ich nur, daß Diskordanzen nur an wenigen Stellen sicher nachweisbar sind, daß aber die verschiedenen Mächtigkeiten der Werfener Schichten ein deutlicher Beweis für die Verschiebungen sind.

Auch die oft stark metamorphen Prebichelkonglomerate (z. B. Feistringgraben bei Aftenz) bezeugen, daß Verschiebungen von stärkerem Ausmaß stattfanden.

Ferner beweist auch die vorgosauische Großfaltung der Kalkalpen, die dadurch nach Norden verschoben wurden, daß zwischen Grauwackenzone und Trias irgendwo eine Schubfläche durchgeht.

Es ist daher höchst wahrscheinlich, daß die Grauwackenzone, die doch einen verhältnismäßig schmalen Streifen bildet, zwischen Kalkalpen und Semmeringmesozoikum nicht ruhig bleiben konnte, sondern in diese Gebirgsbildung einbezogen wurde.

3. Zum gleichen Schluß kommt man bei der Betrachtung des Mandlinger Zuges und der Dachsteingruppe. Die Trias von Mandling steckt mitten in der Grauwackenzone. Sie wurde vor- oder nachgosauisch eingeschoben. Es ist für diese Auseinandersetzung gleichgültig, ob dieser Einschub von N oder S erfolgte (Trauth, 1916, Spengler, 1912, 1918), sicher ist auf jeden Fall, daß dabei die Grauwackenzone in Mitleidenschaft gezogen und mechanisch bewegt wurde.

Ich glaube nicht, daß sich dabei die Grauwackenzone rein passiv verhalten hat, denn dann müßten die Grauwackenschichten in der Nähe des Triaszuges stärker durchbewegt oder metamorph sein als in weiterer Entfernung, was aber nicht bekannt ist.

Verbindet man mit dem Einschub des Mandlinger Zuges noch die Nordbewegungen des Dachstein-Schichtstoßes, so kommt man aus

mechanischen Gründen zum Schluß, daß zwischen dem Mandlinger Zug und der Dachsteingruppe die Grauwackenzone nicht in Ruhe bleiben konnte, sondern durch diese Gebirgsbildungsphase ebenfalls erfaßt und bewegt wurde. Auf Grund der Stellung des Tertiärs von Wagrein und Radstadt, das über dem Mandlinger Zug transgrediert, schließe ich, daß der Einschub nicht in der savischen, sondern in der austrischen Gebirgsbildung erfolgte. Dafür sprechen auch die Gosauschichten am Südrand der Dachsteingruppe, die beweisen, daß nach Ablagerung der Gosau in diesem Raume keine größeren Bewegungen (Fernschübe) mehr stattfanden. (Meier und Trauth, 1936.)

4. Einen weiteren Beweis für die Erfassung der Grauwackenzone in der austrischen Gebirgsbildung sehe ich in der Tektonik der Radstädter Tauern und des St. Martiners Schuppenlandes.

Das Radstädter Mesozoikum wurde zwischen Hohen Tauern und Grauwackenzone eingefaltet. Dieses gewaltige tektonische Ereignis bestand nicht nur in einem einfachen Schub, sondern war mit Faltungen und Verschuppungen verbunden, so daß diese Tektonik wahrscheinlich nicht der Akt einer Gebirgsbildung, sondern zweier war.

Es ist hier nicht meine Aufgabe, die Frage zu erörtern, ob die Radstädter Tauern eingeschoben oder die ostalpinen Decken (Radstädter Phyllit, Grauwackenzone, Kalkalpen) über die Radstädter Tauern geschoben wurden (Trauth, 1927, S. 60), sondern wir begnügen uns mit der Tatsache, daß Radstädter Tauern und Grauwackenzone durch eine Überschiebungsfläche — besser Schubfläche — getrennt sind.

Ich stimme mit Trauth (1927, S. 60) überein, diese tektonischen Bewegungen, welche beide Einheiten in Berührung brachten, in die vorgosauische Gebirgsbildungsphase zu stellen.

Nehmen wir an, es wurden die Radstädter Tauern von S nach N in Bewegung gesetzt, so kann dieses Ereignis die Grauwackenzone nicht unberührt gelassen haben; es ist vielmehr höchst wahrscheinlich, daß durch die Mobilisierung eines so großen Raumes auch das Nachbargebiet, also die Grauwackenzone, betroffen wurde.

Dies ist um so wahrscheinlicher, als zu gleicher Zeit im Norden der Grauwackenzone intensive Bewegungen das St. Martiners Schuppenland formten, im Süden die Hohen Tauern erfaßt und im Osten die Niederen Tauern gegen Westen geschoben wurden.

5. Das Paläozoikum der Grauwackenzone hatte einst sicher viel größere Verbreitung als heute. Sicher sind mächtige Schichtstöße der Abtragung zum Opfer gefallen, doch bleibt es immerhin merkwürdig, daß die Grauwackenzone nur in einem schmalen Streifen auftritt und stellenweise sehr reduziert ist oder überhaupt fehlt.

Ich verbinde diese Erscheinung mit tektonischen Vorgängen. Die Grauwackenzone wurde durch die alpidischen Bewegungen besonders stark erfaßt und teilweise „verschluckt“ (Ampferer, 1924). Sie war dem Unterstrom besonders ausgesetzt und daher wurden große Teile in die Tiefe gezogen. Dazu kommt noch, daß die nach N abgleitenden Kalkalpen streckenweise mächtige Schichtstöße der

Grauwackenzone mitschleppten und in der Tiefe aufstapellen. So erkläre ich mir das Fehlen vieler Grauwackenschichten im Ennstal-Salzachraum und das vollständige Fehlen im Inntal oberhalb Schwaz.

Da ich dieses Abwandern in die Tiefe mit den Nordbewegungen der Kalkalpen in Verbindung bringe, diese jedoch in der austrischen Gebirgsbildungsphase erfolgte, verlege ich die „Verschluckung“ der Grauwackenzone in diese Phase.

6. Wir sind heute vollständig sicher, daß das Ötztaler-Silvrettagebirge eine Schubmasse ist. Das Engadiner- und Gargellenfenster, der West- und Nordrand sind genügend Beweise. Die Landecker Phyllite, die vielleicht mit den Innsbrucker Quarzphylliten oder mit den Pinzgauer Phylliten zu vergleichen sind, liegen überkippt unter dem Silvrettakristallin. Bei Kristaberg im Gebiet des Rätikons und bei St. Bartholomä (Ampferer, 1932) wurden Reste der Grauwackenzone gefunden, die stark zerrissen sind und vom Silvrettakristallin überschoben wurden.

Die gewaltige Verschiebung der Ötztaler-Silvrettaschubmasse wirkte sich, wie Ampferer (1930) ausführte, auch auf den Südrand der Kalkalpen aus, die auffallende Steilstellung der Schichten und Anpressungen des Kristallins an die Kalkalpen zeigen.

Das Alter des Vorstoßes der Ötztaler Masse läßt sich, wie Ampferer (1930) ausführte, nicht genau festlegen, doch sprechen morphologische Gründe (S. 451) für eine Verlegung ins Tertiär zurück.

Im allgemeinen denkt man wohl, daß die Verschiebung der Ötztaler-Silvrettamasse in der savischen Gebirgsbildung erfolgte. (Staub, 1924, Heritsch, 1927, Kober, 1938 usw.)

Cornelius (1940, S. 297) verlegt diese Verschiebung in die laramische Phase, wodurch die oberste Kreide im Unterengadinerfenster, nicht aber das Untereozän im Prätigauflisch Einordnung findet.

Ich vermute, daß diese gewaltige Verschiebung schon teilweise in der austrischen Gebirgsbildung vor sich ging; denn ich bringe den Nordschub der Kalkalpen und das „Verschlucken“ der Grauwackenzone mit den Bewegungen der kristallinen Schubmasse in kausalen Zusammenhang.

Ferner bestimmt mich auch die Tektonik des Häringener Tertiärs zu dieser Alterszuteilung. Denn wäre dieser tektonische Vorgang, der immerhin einen großen Raum umfaßt, in der savischen Gebirgsbildung zustande gekommen, dann müßte doch das nicht so weit entfernte Eozän-Oligozän von Häring ebenso Verschiebungen oder Einfaltungen in die Kalkalpen mitgemacht haben, was jedoch nicht der Fall ist. Es wurde nicht verschoben, sondern nur an Ort und Stelle wahrscheinlich durch die savische Gebirgsbildung gestört (Ampferer, 1922), also zu einer Zeit, wo große Bewegungen in diesem Raum nicht mehr stattfanden.

Aus den Bewegungen der Ötztaler-Silvretta-Schubmasse und aus der Verbindung mit den Nordbewegungen der Tiroler Kalkalpen geht wohl klar hervor, daß die einst dazwischen gelagerte Grauwackenzone nicht ruhig bleiben konnte.

Es ist mit dem Mechanismus der Alpenentstehung unvereinbar, mitten in bewegten Zonen einen schmalen Streifen von den Bewegungen auszuschalten.

7. Es ist nun bemerkenswert, daß im Osten der Hohen Tauern das Altkristallin der Niederen Tauern und der Gurktaler Alpen und das der Mittelsteiermark ebenfalls als große Schubmasse aufzufassen ist, die ich als Murtal-Schubmasse bezeichne.

Wir erkennen sie in den Radstädter Tauern, die vom Altkristallin der Niedern Tauern überschoben sind und sehen sie am Ostrand der Hohen Tauern, wo das Kristallin der Gurktaler Alpen die Schieferhülle überschiebt.

Wir stellen Überschiebungen des Altkristallins auf das Semmering-Mesozoikum im Raume Fischbach fest. (Fischbacher Fenster, Heritsch, 1927.)

Südlich vom Wörthersee hat Kahler (1931) die Einschuppung von Triasschichten in das Altkristallin festgestellt und damit den Nachweis erbracht, daß dieser alte Schichtstoß in den alpidischen Phasen bewegt wurde.

Alpidische Bewegungen sind auch im Troiseckzug nachweisbar, wo Semmeringtrias eingeschuppt ist.

Auch im Innern dieser mächtigen und ausgedehnten altkristallinen Schubmasse sind Verschiebungen alpidischen Alters erkennbar. Ich erinnere an die Aufschiebung von verschiedenen kristallinen Gesteinen auf den Ostabfall der Grebenze (Thurner, 1933) und an den kristallinen Schubspan im Murauer Gebiet zwischen Paalgraben und Preining, der in Gurktaler Phyllite eingekeilt ist (Thurner, 1935).

Über die genaue Umgrenzung und das Ausmaß der Bewegungen lassen sich heute noch keine genauen Angaben machen, doch die wenigen Angaben genügen, um den Schubmassencharakter zu erkennen.

Die Verschiebung der Murtal-Schubmasse verlege ich in die austrische Phase. Genaue Beweise sind schwer zu erbringen, doch sprechen die großen Zusammenhänge mit dem Semmering-Mesozoikum und mit der Abschiebung der Nördlichen Kalkalpen für diese Zuteilung.

Bewegungen in der Murtal-Schubmasse, in den Kalkalpen und in der Grauwackenzone gehören einem großen tektonischen Vorgang an, der in der austrischen Phase wohl den ganzen Ostalpenraum mobilisierte. Daher kann man die Grauwackenzone nicht ausschließen, sondern sie gehört hinein in diese eben den ganzen Raum umfassenden Vorgänge.

8. Einen weiteren Beweis für die Einbeziehung der Grauwackenzone in die alpidischen Gebirgsbildungsphasen ergibt die Tektonik der Hohen Tauern, die sicher, wie heute wohl allgemein anerkannt wird, alpidisch durchbewegt sind.

Die Grauwackenzone wurde bei diesen Tauernbewegungen sicher in Mitleidenschaft gezogen. Denn es wäre doch schwer vorstellbar, daß die tektonischen Bewegungen in den Hohen Tauern scharf an der Grenze zur Grauwackenzone erloschen wären, sondern es ist vielmehr wahrscheinlich, daß sich die Tauern-Gebirgsbildung weiter gegen Norden auswirkt (Schwinnner, 1943). Es ist auf jeden Fall merkwürdig, daß die Kitzbühler Verbiegung (Thurner, 1943) das gleiche Streichen wie die Zentralgneiskerne (NO—SO) aufweist. Weil die Hohen Tauern alpidisch geformt wurden, die NO—SW (Tux-Zillertalerkern) und NW—SO streichen (Granatspitz-Sonnblickkern), also alpidisch sein müssen, halte ich die Kitzbühler Verbiegung ebenfalls für eine junge Bauform, und zwar für eine Auswirkung der Tauerntektonik.

Die Tauerntektonik wird heute vielfach in die savische Gebirgsbildungsphase verlegt. Da dieses Ereignis sicher kein isoliertes war, sondern in den Gesamtmechanismus hineingehört, verbinde ich damit die Überschiebung der Radstädter Tauern, der Ötztaler-Silvretta- und der Murtal-Schubmasse; auch der Abschub der Kalkalpen nach Norden und die Bildung der juvavischen Schubmassen gehören in diesen alpidischen Bewegungszyklus, den ich in die austrisch-vorgosauische Gebirgsbildungsphase stelle.

Damit ist selbstverständlich nicht gesagt, daß in der savischen Gebirgsbildung Ruhe herrschte, sondern es ist wahrscheinlich, daß da und dort noch Bewegungen ihre Fortsetzung fanden.

9. Auch wenn man auf dem Standpunkt steht, daß die Kalkalpen mit der Grauwackenzone im Transgressionsverband stehen, kommt man zum gleichen Ergebnis; denn die Nordbewegungen der Kalkalpen in der vorgosauischen Gebirgsbildung setzen dann eben voraus, daß mit den Kalkalpen auch die Grauwackenzone nach Norden wanderte. Da aber im Material beider Zonen tiefgreifende Unterschiede bestehen, so ist es wohl verständlich, daß sich die Gebirgsbildung in der Grauwackenzone anders auswirkte als in den Kalkalpen. In jener fanden Verschuppungen statt, in den Kalkalpen hauptsächlich Faltungen.

10. Vor kurzem hat nun Metz (1945) nachgewiesen, daß in der Grauwackenzone des Flietzenbaches bei Gaishorn Rauhacken, Quarzite und Dolomite eingeschuppt sind, welche Gesteinsgesellschaft mit dem zentralalpinen Mesozoikum des Semmerings zu vergleichen ist. Dieser tektonische Vorgang kann frühestens vorgosauisch erfolgt sein und setzt voraus, daß dadurch auch die Grauwackenzone mobilisiert wurde.

11. Die alpidische Gebirgsbildung in der Grauwackenzone sehen wir noch besonders, wenn wir uns die Räume vergegenwärtigen, welche die einzelnen alpidischen Gebirgsbildungsphasen erfaßten. In der austrischen Gebirgsbildung wurde des gesamte Gebiet der Zentralalpen bewegt. Wir sehen dies an der Verschiebung der Ötztaler-Silvretta-Schubmasse, an den Bauformen des Ortlers und der Engadiner Dolomiten, an der Tektonik des Kalkkögels und des Tribulaun. Ferner wurden auch die Hohen Tauern einer gewaltigen Durchbewegung unterzogen, die Tarntalerköpfe mit einbezogen und die Radstädter Tauern mit eingefaltet. Wir erkennen die Auswirkungen der vorgosauischen Gebirgsbildung an der Verschiebung der Murtal-Schubmasse, an der Tektonik der Innerkremser Trias (Thurner, 1927) und des Turracher Karbons (Schwinnler, 1935), an der Überschiebung der Gurktaler Phyllite über die Trias des Wöllanernocks (Petrascheck, 1927), an den fraglichen Triasresten im Murauer Gebiet (Thurner, 1935) und an der Trias des Krappfeldes und von St. Paul im Lavauttal (Kahler, 1928, Redlich, 1905). Auch die Karawanken wurden zu dieser Zeit bewegt (Heritsch, 1943).

Deutliche Spuren hinterließ die austrische Gebirgsbildung im Raume des Troiseckzuges und des Fischbacher Fensters; auch die

Tektonik des Wechsels gehört wohl dieser Phase an (Heritsch, 1927).

Dieser Überblick zeigt doch zur Genüge, daß die Zentralalpen zur Zeit der austrischen Gebirgsbildung der Schauplatz heftiger Bewegungen waren.

Freilich war das Ausmaß recht verschieden. In den Hohen Tauern gab es sicher Bewegungen, die einer innigen Durchbewegung bis ins mikroskopische Bild gleichkamen; die altkristallinen Schubmassen machten wahrscheinlich nur große Blockverschiebungen mit, die sich innerhalb (Verschuppungen, Metamorphosen usw.) nur wenig auswirkten.

Betrachten wir nun die Kalkalpen zur Zeit der austrischen Gebirgsbildung. Dank der Arbeiten Ampferers und Spenglers sind die Auswirkungen im ganzen Raum der Kalkalpen nachgewiesen. Wir sehen eine großwellige Faltung und damit einen Nordschub des kalkalpinen Schichtstoßes. Wir erkennen mit Sicherheit den Einschub der juvavischen Schubmassen.

Wahrscheinlich fällt in die austrische Gebirgsbildungsphase auch die Bildung des Flyschtroges, wodurch ein Gefälle und der Raum für die Nordbewegung geschaffen wurden.

Aus dieser Zusammenstellung ersehen wir, daß in der austrischen Gebirgsbildungsphase große Teile der Ostalpen in Bewegungen einbezogen wurden und daraus leite ich den Schluß ab, daß auch die Grauwackenzone erfaßt wurde.

Freilich läßt sich heute noch nicht sicher angeben, welche Umformungen die Grauwackenzone in der austrischen Gebirgsbildung erlitten hat, doch dürfen wir diese nicht als gering annehmen, da doch diese Zone im Mittelpunkt der „Verschluckung“ stand. Ohne auf Vollständigkeit Anspruch zu erheben, stelle ich die Ausbildung der Verbiegungen (Neuberger—Eisenerzer—Kitzbühler Verbiegung, Thurner, 1943) der norischen Überschiebung, das Verschwinden der Grauwackenzone oder deren Reduzierung im Emms- und Inntal und die Anschoppungen im Raume Veitsch, Eisenerz und Kitzbühel in die austrische Phase.

Cornelius (1940) ist der Meinung, daß in der iaramischen Phase die Hauptbewegungen stattfanden und er entgeht damit den Schwierigkeiten, die in der Oberkreide des Engadiner Fensters liegen.

Ich kann mich jedoch dieser Auffassung nicht anschließen, denn wir erkennen deutlich in der austrischen Phase mächtige Bewegungen in den Kalkalpen, z. B. die Großfaltung und damit den Nordschub, die Überschiebung der juvavischen Schollen usw. Diese Ereignisse lassen sich vom Mechanismus nicht losreißen, sondern sind mit den Gebirgsbildungsphasen in den Zentralalpen, also mit der Tauerntektonik, dem Semmeringmesozoikum, mit der Verschiebung der altkristallinen Schubmasse usw. zu verbinden.

Freilich muß ich betonen, daß die austrische Gebirgsbildung möglicherweise zweiphasig war und vielleicht auch nicht überall gleichzeitig auftrat (Wandern der Gebirgsbildung), sondern sich vielleicht bis ins Untereozän fortgesetzt hat. Die iaramische Phase halte ich aber auch deshalb für nicht so wichtig, weil die entsprechenden Gerölle fast zur Gänze fehlen, während alle anderen Gebirgsbildungsphasen durch Geröllhorizonte belegt sind (Winkler, 1943).



Ich überblicke nun den Raum, den die savische Gebirgsbildung umspannte. Die Verschiebung der Otztaler-Silvretta- und der Murtal-Schubmasse, ferner die Tektonik der Hohen Tauern werden heute vielfach in die savische Gebirgsbildung verlegt. (Staub, 1924, Heritsch-Angel, 1931.) Ich bin, wie ich schon früher ausführte, nicht dieser Meinung.

Wir können hingegen mit einiger Gewißheit feststellen, daß die savische Gebirgsbildung mehr den Rand der Ostalpen erfaßte und sich in den Zentralalpen nur schwächer auswirkte.

Wir sehen vor allem, daß südlich Cilli bei Tüffer das Oligozän durch die savische Gebirgsbildung mitgefaltet wurde, während die tiefsten miozänen Schichten an der Südseite des Radls bedeutend weniger umgeformt wurden.

Auch das Eozän des Krappfeldes (Redlich, 1905, Kahler, 1928) zeigt bedeutend geringere Spuren von Bewegungen als das Oligozän von Tüffer, so daß wohl mit Recht auf ein Abflauen der savischen Gebirgsbildung im zentralalpinen Raum geschlossen werden kann.

Wohl aber wurden in der savischen Gebirgsbildung die Nördlichen Kalkalpen noch zur Gänze erfaßt. Es erfolgte die Ausbildung der Schubmassen, ein weiterer Zusammenschub der Schichten, Verschiebungen gegen Norden und die Aufschiebung auf den Flysch, der in dieser Phase einer intensiven Faltung unterzogen wurde.

Im Vorland bildete sich der oligozäne Molassetrog, der wieder im engen Zusammenhang mit der Flyschtektonik und der Nordwanderung der Kalkalpen entstand.

Am Ostrand entstanden die großen Einbrüche, welche den Raum für das Eindringen des Miozäns schufen. Ableger dieser randlichen Gebirgsbildung drangen streifenweise ins Innere ein und gestalteten Räume für die tertiären Ablagerungen (Mürz- und Murtal; Klagenfurter Becken, Lavanttal, Inntal).

Wir sehen also, daß die savische Gebirgsbildung vor allem den Nord-Ost- und Südrand der Ostalpen in die Formung einbezog und sich im Innern nur streckenweise oder geringfügig äußerte. Die Gebirgsbildung wanderte gegen die Ränder zu.

In der steirischen Gebirgsbildung wird diese Wanderung gegen die Ränder fortgesetzt.

Die Kalkalpen haben in dieser Phase keine sicher nachweisbaren Bewegungen mehr mitgemacht. Zahlreiche Brüche dürften wahrscheinlich auf das Konto dieser Phase gehen; im Flysch sind wahrscheinlich Verschuppungen und Schubmassen entstanden. Die Verschiebung gegen Norden fällt wohl in diese Gebirgsbildung. Intensiv wurde die oligozäne Molasse gefaltet. Sie zeigte dort die stärksten Auswirkungen. Am Ostrand wurden die tertiären Schichten erfaßt und mehr oder minder gestört. Streifenweise wurde das inneralpine Tertiär des Mur-Mürztales, des Lavanttales und des Klagenfurter Beckens in diese Phase eingezogen. Auch die Nordbewegungen der Karawanken auf das Tertiär stelle ich hierher (Heritsch, 1943, Kahler, 1929, 1932). Im südsteirischen Tertiär sind die Auswirkungen dieser Gebirgsbildung noch deutlich ablesbar.

Vergegenwärtigen wir uns also den Raum der steirischen Gebirgsbildung, so sehen wir deutlich, daß er noch mehr eingeeignet und noch weiter an den Rand gerückt wurde.

Gleichzeitig wird durch diese Gebirgsbildung der miozäne Molassetrog gebildet und er gibt, so wie der Flysch- und der oligozäne Trog, das tektonische Gefälle und den Raum für die Nordbewegungen.

Die übrigen alpidischen Gebirgsbildungsphasen, die attische, rhodanische und die bis ins Diluvium reichenden Gebirgsbildungen sind im Tertiär sicher an vielen Stellen nachweisbar, auch die Bewegungen im Diluvium (Bärental Konglomerat, Heritsch, 1943), sind vereinzelt zu erkennen, doch haben sie nirgends mehr heftige Spuren hinterlassen. Es handelte sich wohl um abklingende Bewegungen, die bis in unsere Zeit in den Erdbebenstreifen nachwirken.

Diese Raumverteilung der alpidischen Gebirgsbildungen zeigt, daß die austrische Gebirgsbildung den ganzen Ostalpenraum erfaßte, daß buchstäblich alle Schichtstöße mehr oder minder mobilisiert wurden, daß damit also auch bewiesen ist, daß die Grauwackenzone in die Bewegungen einbezogen wurde.

Wir sehen ferner, daß die Gebirgsbildungen nach den Rändern zu wandern und im Innern der Alpen immer schwächer werden und nur streifenweise stärker zur Ausbildung kommen.

Wir erkennen auch, daß von der steirischen Gebirgsbildung an größere Bewegungen überhaupt aufhören und ein Abflauen bemerkbar ist.

Hervorzuheben ist dann noch, daß mit jeder Gebirgsbildungsphase die Bildung eines Troges Hand in Hand geht, der wesentlich den gesamten Alpenmechanismus fördert.

Die austrische Gebirgsbildung formt den Flyschtrog, die savische den oligozänen, die steirische den miozänen Molassetrog.

Wenn wir nun alle diese Tatsachen und Vorgänge überblicken, so ergibt sich der unbedingt zwingende Schluß, daß die Grauwackenzone auch noch in den alpidischen Gebirgsbildungen, besonders in der austrischen, intensiv durchbewegt wurde.

Aus dieser Auffassung ergeben sich aber einige wichtige Folgerungen für die Erzführung in der Grauwackenzone.

Wir sehen vor allem, daß die Erzlagerstätten stets in tektonisch besonders auffallenden Zonen liegen.

So sind die Spateisenerze vom Südfuß der Rax in der Hirschwanger Verbiegung angereichert; die Erze von Altenberg, Bohnkogel, Debrin usw. konzentrieren sich in der Neuberger Verbiegung, die Erze in der Gollrader Bucht sind in mächtig angeschoppten Werfener Schichten eingelagert.

Nach einer längeren Unterbrechung folgen in der Eisenerzer Verbiegung, wo die Grauwackenzone besonders mächtig und intensiv durchbewegt ist (Metz, 1940), die Erzanreicherungen des Erzberges, von Radmer und von Kallwang.

In der Grauwackenzone Salzburgs sind die Kieslagerstätten von Mitterberg und die kleineren Spateisenerzlager in stark durch-

bewegten Streifen eingelagert, die wohl durch die Bewegungen der Hohen Tauern, der Radstädter Tauern und des St. Martiners Schuppenlandes eine Erklärung finden. Die Kitzbühler Verbiegungs- und Anschoppungszone birgt die zahlreichen Kieslagerstätten von Kitzbühel und Schwaz.

Diese auffallenden Verbiegungs-, Anschoppungs- und Durchbewegungszonen stellen Gebiete höchster Mobilisierung dar. Hier gab es die heftigsten Bewegungen, die stärksten Umformungen und Auflockerungen, während andere Stellen weniger erfaßt wurden.

Wie ich schon vorher ausführte, sind die Verbiegungen und Anschoppungen nicht variszischen Alters, sondern gehören der vorgosauischen Gebirgsbildung an. Sie stehen in inniger Verbindung mit dem kristallinen Rahmen, der von der Murtal-Schubmasse und von den Hohen Tauern gebildet wurde. Die Verschiebungen der Murtal-Schubmasse, die vom Fischbacher Fenster bis zum Ostrand der Hohen Tauern nachweisbar sind, formten vorgosauisch die Leitlinien für die Grauwackenzone; ebenso haben die westlichen Hohen Tauern (Granatspitz—Zillertalkern) den Rahmen für die Kitzbühler Verbiegung abgegeben.

Die Grauwackenzone gab wieder den Rahmen für die Kalkalpen ab (Thurner, 1943). Die Staffelung des Südrandes der Kalkalpen-Teilstücke steht damit im Zusammenhang. Die Weyrer Bögen bildeten die Eisenerzer Verbiegung ab.

Es ist nun bemerkenswert, daß auch die Werfener Schichten meist nur dort stärker vererzt sind, wo sie in größerer Mächtigkeit angeschoppt sind (z. B. Altenberg, Gollrad). Da nun die Anschoppungen der Werfener Schichten mit dem Abschub der Kalkalpen zu verbinden sind, dieser jedoch vorgosauisch und zum Teil wohl auch noch in der savischen Gebirgsbildung erfolgte (Cornelius, 1937, S. 185), so ist damit wohl bewiesen, daß die Erzlösungen zwischen der vorgosauischen und savischen Gebirgsbildung eindringen.

In der gleichen Zeit wurde wohl auch die Grauwackenzone mit Erzlösungen durchtränkt, wobei eben besonders die stärker durchbewegten Zonen die Wegsamkeit begünstigten.

Für dieses alttertiäre Alter sprechen auch die Formen der Spateisenerzkörper, die meist Stöcke und Lager bilden und tektonisch wohl nicht mehr viel abbekommen haben, so daß man annehmen kann, daß sie durch die austrische Gebirgsbildung nicht erfaßt wurden, also erst nach dieser eingedrungen sind. Zu ähnlichen Ergebnissen, doch mit anderer Beweisführung, kommen auch Petrascheck (1932) und Metz (1938).

In den Werfener Schichten scheinen jedoch stellenweise die Spateisenerze (z. B. Gollrad) etwas durchbewegt zu sein. Diese Erscheinung und die verschiedene Lage der Eisenerze (im Osten in den Werfener Schichten, in der Mitte im erzführenden Kalk und im Westen in Phylliten) lassen vermuten, daß die Erzlösungen nicht überall gleichzeitig eindringen, sondern allmählich einwanderten.

Anders steht es jedoch mit den Magnesitlagerstätten. Es fällt auf, daß diese nicht mit den tektonisch bevorzugten Zonen zusammenfallen. Die Magnesite von Gloggnitz, Arzbach, Veitsch, Obern-

dorf, Leoben, Wald, Trieben, St. Martin und Salzburg kommen zwar auch in den Verbiegungszonen vor, doch stellen sie sich auch in anderen Streifen ein. Wir finden sie ferner stets in tieferen Stockwerken, im östlichen Abschnitt meist im Schichtstoß des Karbons, im westlichen (Salzburg) in Phylliten.

Es fällt ferner auf, daß die Magnesite meist deutliche Linsen bilden, die von tektonischen Flächen begleitet werden. (Siehe Redlich, 1935, S. 115.)

Zu erwähnen ist dann noch, daß im Kaswassergraben (Nordabfall des Tamischbachlurms) in Werfener Schichten weiße kristalline Magnesite eingewalzt sind (Ampferer, 1931, Machatschki, 1922). Am Südabfall des Kaisergebirges liegen im Buntsandstein Knollen von Magnesit (Ampferer, 1933). Im Haselgebirge des Salzbergwerkes Hall in Tirol sind Schollen verschiedener Triasgesteine eingeknetet und vereinzelt sind auch Magnesittrümmer vorhanden.

Aus allen diesen Tatsachen ziehe ich folgende Schlüsse:

Die Magnesite haben die alpidischen Bewegungen in der Grauwackenzone mitgemacht; sie sind daher älter als die Spateisenerze.

Da ferner die Magnesite deszendente Produkte basischer Eruptivgesteine sind (Schwinnner, 1937), und Spateisenerze damit nicht in Zusammenhang gebracht werden, so ergibt sich auch daraus eine deutliche Trennung von Magnesit- und Spateisenerzlagern.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Metz (1938), Haberkfelner (1933) und Gaertner (1934). Nur in der zeitlichen Einordnung bestehen verschiedene Auffassungen.

Ich bin der Meinung, daß die Entstehung der Magnesite mit der variszischen Gebirgsbildung zusammenhängt, da sie vorgosauisch durchbewegt wurden und die basischen Eruptiva, die Serpentine, welche als die Mg-Lieferanten angesehen werden, wahrscheinlich auch ins Paläozoikum gehören.

Eisen- und Magnesitlagerstätten haben daher nichts gemein, sie sind sowohl zeitlich als auch genetisch zu trennen. Die Eisenerzlagerstätten sind anschließend an die vorgosauische Gebirgsbildung entstanden, während die Magnesitlagerstätten älteren Ursprunges sind. Sie haben die vorgosauische Phase bereits mitgemacht und sind wahrscheinlich mit der variszischen Gebirgsbildung zu verbinden.

### **Dr. Maria Mottl, Die pleistozäne Säugetierfauna des Frauenlochs im Rötschgraben bei Stübing.**

Im Rahmen der Forschungsarbeiten des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, bzw. des Bundesdenkmalamtes hatte ich auch die Gelegenheit, die Höhlen des malerischen Kesselfalls, südwestlich von Semriach, mehrmals aufzusuchen. Im stark zerklüfteten Schöcklkalk des 762 m hohen Karlsteins befinden sich drei Höhlen: die Leopoldinenhöhle, das Frauenloch und die Nixengrotte. Laut den Angaben der Mitt. f. Höhlenkunde wurden sie in den Jahren 1907 und 1910 vom steirischen Höhlenverein aufgesucht und flüchtig vermessen. Bald danach hat man in der mittleren Höhle, im Frauenloch,