

II. Besprechungen.

Die Niedern Tauern.

Bisherige Ergebnisse; Aufgaben und Ausblicke der geologischen Erforschung.

Von Robert Schwinner (Graz).

Inhaltsangabe.	Seite
I. Literatur	26
II. Einleitung	31
III. Die Gesteine: A. Sediment-, B. Massengesteine, C. Mineralisation, Metamorphose	33
IV. Wechselbeziehung zwischen Tektonik und Stratigraphie	45
V. Alter und Folge der Ereignisse	50
VI. Die aufeinanderfolgenden alten Baupläne der Alpen	54
VII. Allgemeinere Zusammenhänge	} im nächsten Heft
VIII. Schlußwort	

I. Literatur¹⁾.

- 1a. AIGNER, A., Die Mineralschätze der Steiermark. Wien, 1907 (291 S.).
1. ANGEL, FRANZ, Die Quarzkeratophyre der Blasseneckserie (Obersteirische Grauwackenzone). Jb. 1918, S. 29—62.
 2. —, —, und F. HERITSCH, Ein Beitrag zur Petrographie und Geologie des mittelsteirischen kristallinen Gebirges der Stubalpe. Jb. 1919, S. 43—204.
 3. —, —, u. —, Ergebnisse von geologischen und petrographischen Studien im mittelsteirischen Kristallin. Verh. 1921, S. 49—57.
 4. CORNU, F., und K. A. REDLICH, Notizen über einige Mineralvorkommen Centr. 1908, S. 277—284.
 5. DOELTER, C., Geologische Aufnahmearbeiten im Sommersemester 1895 im Gebiete der Seckauer Alpen und in einem Teile der Rottenmanner Tauern (Vortrag). Mitt. St. 32, 1895, S. LVI.
 6. —, —, Das kristallinische Schiefergebirge der Niedern Tauern, der Rottenmanner und Seethaler Alpen. Mitt. St. 33, 1896, S. 117.
 7. —, —, Über das kristallinische Schiefergebirge der Radstädter und Rottenmanner Tauern. Mitt. St. 33, 1896, S. LVII.

¹⁾ Abkürzungen: Anz. Ak. — Sitz. Ak. — Denk. Ak. = Anzeiger, Sitzungsberichte, Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I.

Jb. — Verh. = Jahrbuch, Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt (Staatsanstalt) in Wien.

Mitt. St. — Mitt. Wien = Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark — der geologischen Gesellschaft in Wien.

Centr. — N. Jb. = Centralblatt — Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Stuttgart.

G. Rdsch. = Geologische Rundschau.

8. DOELTER, C., Das kristallinische Schiefergebirge zwischen Drau und Kainach. Mitt. St. 31, 1894, S. LVI, und 32, 1895, S. 241.
9. EGENTER, P., Die Marmorlagerstätten Kärntens. Z. f. prakt. Geol. 1909, S. 419—439.
10. FLECHNER, R., Mitteilungen über Nickelfundstätten und Nickeldarstellung im allgemeinen und speziell über den Nickelbergbau bei Schladming. Öst. Z. f. B. u. H. 1887, Heft 6 und 7.
11. FOULLON, H. v., Über die petrographische Beschaffenheit der kristallinen Schiefer der unterkarbonischen Schichten und einiger älterer Gesteine aus der Gegend von Kaisersberg bei St. Michael ob Leoben und kristallinischer Schiefer aus dem Palten- und obern Ennstal in Obersteiermark. Verh. 1883, S. 50, und Jb. 1883, S. 207.
12. —, —, Über die petrographische Beschaffenheit kristallinischer Schiefergesteine aus den Radstädter Tauern und deren westlicher Fortsetzung. Jb. 1884, S. 635—658.
- 12a. FRECH, FR., Zur Geologie der Radstädter Tauern. Geol.-pal. Abh. (Koken), N. F., Bd. V/1, Jena 1901.
13. GEYER, G., Referat in Verh. 1897, S. 234—236, über DOELTER, Mitt. St. 33, 1896 (vgl. 6.).
14. —, —, Bericht über die geologischen Aufnahmen im Gebiete der kristallinen Schiefer von Judenburg, Neumarkt und Obdach in Steiermark. Verh. 1890, S. 199—205.
15. —, —, Über die tektonische Fortsetzung der Niedern Tauern. Verh. 1890, S. 268—271.
16. —, —, Bericht über die geologischen Aufnahmen im Gebiete des Spezialkartenblattes Murau. Verh. 1891, S. 108—120.
17. —, —, Bericht über die geologischen Aufnahmen im oberen Murtales (Phyllitmulde von Murau und Neumarkt). Verh. 1891, S. 352.
18. —, —, Bericht über die geologischen Aufnahmen im Lungau (Salzburg). Verh. 1892, S. 319.
19. —, —, Vorlage des Blattes „St. Michael“. Verh. 1893, S. 49.
20. GRANIGG, B., Über die Erzführung der Ostalpen. Mitt. Wien, V, 1912, S. 345—367.
21. HACKL, O., Angeblicher Fuchsit aus dem Radlgraben bei Gmünd in Kärnten. Verh. 1920, S. 112—116.
22. —, —, und C. F. EICHLEITER, Jb. 1919, S. 25 (Analyse des Hämatites von St. Nicolai).
23. HATLE, E., Mineralogische Miscellaneen aus dem naturhistorischen Museum am Ioanneum. Mitt. St. 1886.
24. —, —, Die Minerale des Herzogtums Steiermark. Graz 1885.
25. HAUER, K. v., Über die Zusammensetzung einiger Mineralien usw. Jb. 1854, S. 67—87.
26. —, —, Seifenstein von Fohnsdorf in Steiermark. Verh. 1870, S. 320.
27. —, —, Über die Bohrung auf Kohle bei Fohnsdorf. Verh. 1871, S. 307.
28. HERITSCH, FR., Beiträge zur Geologie der Grauwackenzone des Paltales (Obersteiermark). Mitt. St. 48, 1911, S. 3—238.
29. —, —, Das Alter des obersteirischen Zentralgranites. Centralbl. 1912, S. 198—202.
30. —, —, Fortschritte in der Kenntnis des geologischen Baues der Zentralalpen östlich vom Brenner. III. Das Gebirge östlich von den Radstädter Tauern und vom Katschberg. G. Rdsch. 3, 1912, S. 245—258.
31. —, —, Die Anwendung der Deckentheorie auf die Ostalpen. III. Zentralalpines. G. Rdsch. 5, 1914, S. 555—566.
32. —, —, Analogien im seismischen Verhalten der nordöstlichen Alpen und der Westkarpathen. G. Rdsch. 10, 1919, S. 118—126.

33. HERITSCH, FR., Granite vom Bösenstein in den Niedern Tauern. Verh. 1919, S. 289—292.
34. —, —, Geologie von Steiermark. Mitt. St. 57, 1921, B.
- 34a. HOERNES, R., Die Grubenkatastrophe von Zeyring im Jahre 1158. Mitt. St. 34, 1897, S. 53.
35. HOLDHAUS, R., Über Auffindung von Trias im Königsstuhlgebiet in Kärnten. Anz. Ak. 1921, Nr. 3, S. 19—20.
36. HUMPHREY, W. A., Über einige Erzlagerstätten in der Umgebung der Stangalpe. Jb. 1905, S. 349—368.
37. JOHN, C. V., und C. F. EICHLEITER, Jb. 1910, S. 678 (Analyse d. Eisenglanz von St. Georgen bei Unzmarkt).
38. IPPEN, J. A., Amphibolgesteine der Niedern Tauern und Seethaler Alpen. Mitt. St. 33, 1896, S. 206—229.
39. —, —, Gesteine der Schladminger Tauern. Mitt. St. 38, 1901, S. 85—134.
40. KERN, F., Über ein Vorkommen des Disthen im Granatenglimmerschiefer des Laussenberges bei Radenthein. Centr. 1909, S. 215.
41. KITTL, ERWIN, Geologisch-petrographische Studien im Gebiete der Bösensteinmasse (Rottenmanner Tauern). Anz. Ak. 51, 1914, S. 196—197; und Jb. 1914, S. 363.
42. —, —, Die Gesteine der Bösensteinmasse (Rottenmanner Tauern). Jb. 1919, S. 255—300.
43. KOBER, L., Bericht über die geotektonischen Untersuchungen im östlichen Tauernfenster. Sitz. Ak. 121, 1. Juli 1912.
44. —, —, Über Bau und Entstehung der Ostalpen. Mitt. Wien V, 1912, S. 368—481.
45. —, —, Regionaltektonische Gliederung des mittleren Teiles der ostalpinen Zentralzone. Sitz. Ak. I, 130, 1921, S. 375—381.
46. —, —, Das östliche Tauernfenster. I. Teil: Allgemeine Ergebnisse. Anz. Ak. 1920, Nr. 7, S. 75—78.
47. LÄMMERMAYER, L., Die grüne Pflanzenwelt der Höhlen. Denk. Ak. 92, 1916, S. 107—108 (Preber.).
48. LEBLING, CL., Über den obersteirischen Zentralgranit. Centr. 1911, S. 727—731.
49. MACHATSCHKI, F., Über Chloritoidschiefer von der Gleinalpe. Dissertation, Graz 1922.
50. MARTONNE, E. DE, Problèmes de l'histoire des vallées. Ann. de Géographie VII, Paris 1898, S. 385.
51. OESTREICH, K., Ein alpines Längstal zur Tertiärzeit. Jb. 1899, S. 165—212.
52. PETERS, K., Tertiäre Ablagerungen zwischen Flachau und Wagrein. Jb. 1854, H. 1, Sitzber. S. 206.
53. —, —, Bericht über die geologischen Aufnahmen in Kärnten 1854. Jb. 1855, S. 508—567.
54. —, —, Die geologischen Verhältnisse der Nordseite der Radstädter Tauern. Jb. 1854, S. 808.
55. PICHLER, V., Die Umgebung von Turrach. Jb. 1858, S. 135—228.
56. PREISS, C., Über kristalline Schiefer von Obersteiermark. Graz 1908.
57. —, —, Die wissenschaftlichen Reisen des mineralogisch-petrographischen Institutes der Grazer Universität. Graz 1908.
58. REDLICH, K. A., Die Kiesbergbaue der Flatschach und des Feistritzgrabens bei Knittelfeld. Öst. Z. f. B. u. H., 1901, S. 639; Leoben 1902.
59. —, —, Eine Kupferkieslagerstätte im Hartlegraben bei Kaisersberg in Steiermark. Öst. Z. f. B. u. H. 1902, S. 433.
60. —, —, Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der steirischen Alpen. Jb. 1903, S. 285—294.

61. REDLICH, K. A., Der Kupfererzbergbau Seekar in den Radstädter Tauern. Z. f. prakt. Geol. 1911, S. 350.
62. —, —, Ein Beitrag zur Genesis der alpinen Kieslagerstätten. Z. f. prakt. Geol. 1912, S. 197.
63. REIBENSCHUH, A. F., Die Thermen und Mineralquellen Steiermarks. J.-Ber. Grazer Staats-Realsch. XVII f. 1889.
64. ROLLE, F., Über kohleführende Tertiärschichten von Rinegg bei Murau. Jb. 1854, 1, Sitzber. 202.
65. —, —, Die Braunkohlengebilde bei Rottenmann, Judendorf und St. Oswald und die Schotterablagerungen im Gebiet der oberen Mur in Steiermark. Jb. 1856, S. 39—66.
66. —, —, Ergebnisse der geognostischen Untersuchung des südwestlichen Teiles von Obersteiermark. Jb. 1854, S. 322—369.
67. ROSIWAL, A., Petrographische Notizen über einige kristallinische und halbkristallinische Schiefer sowie Quarzite aus der Umgebung der Radstädter Tauern. Verh. 1893, S. 365; Verh. 1894, S. 475—488.
68. ROSSIWAL, J., Kohlenablagerung von Fohnsdorf in Steiermark. Jb. 1853; Sitzber. 172.
69. RUMPF, J., Über Mißpickel vom Leyerschlag in der Zinkwand bei Schladming. Tschermaks Min. Mitt. 1874/3, S. 231.
70. RYBA, FR., Beitrag zur Genesis der Chromeisenlagerstätte bei Kraubath in Obersteiermark. Z. f. prakt. Geol. 1900, S. 337—341.
71. SANDER, BR., (Westende der Tauern). Führer zu geologischen Exkursionen in Graubünden und in den Tauern, 1913 und G. Rdsch. III.
72. —, —, Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern. Denk. Ak. 82, 1911, S. 257—320.
73. —, —, Beiträge aus den Zentralalpen zur Deutung der Gesteinsgefüge. Jb. 1914, S. 567—634.
74. —, —, Zur Geologie der Zentralalpen. Jb. 1921, S. 173.
75. SCHLECK, L., Die Niedern Tauern. Z. d. D. u. Ö. A.-V. 1916, S. 1—17.
76. —, —, Interglaziale Ablagerungen im Längstal der Enns. Jb. Staats-Realgymn. Gmunden, XIX, 1915.
77. SCHMIDT, C., und J. H. VERLOOP, Notiz über die Lagerstätte von Kobalt und Nickelerzen bei Schladming. Z. f. prakt. Geol. 1909, S. 271.
78. SCHMIDT, W., Grauwackenzone und Tauernfenster. Jb. 1921, S. 101—116.
79. SCHMUTZ, K., Zur Kenntnis einiger archaischer Schiefergesteine der Niedern Tauern und Santhaler Alpen. Mitt. St. 34, 1897, S. 119.
80. SCHWINNER, R., Analogien im Bau der Ostalpen. Centr. 1915, S. 52—62.
81. SERKO, M., Vergleichend anatomische Untersuchung einer interglazialen Konifere. Österr. bot. Z. (Wettstein) 59, 1909, S. 41, 92, 143.
82. SIGMUND, M., Anatas in den Niedern Tauern. Centr. 1913, S. 666.
83. —, —, Neue Mineralfunde in der Steiermark. Mitt. St. 48, 1912, S. 238; 49, 1913, S. 103; 50, 1914, S. 324; 51, 1915, S. 40.
84. SÖHLE, U., Über den Kiesbergbau bei Oeblarn in Obersteiermark. Z. f. prakt. Geol. 1901, S. 296.
85. SÖLCH, J., Epigenetische Erosion und Denudation. G. Rdsch. IX, 1918.
86. STACHE, G., Die paläozoischen Gebiete der Ostalpen. Jb. 1874, S. 137—274—333—424.
87. STINÝ, J., Beziehungen des Tertiärs der Waldheimat zum Aufbau des Nordostspornes der Alpen. Centr. 1922, S. 49—57.
88. —, —, (Aufnahmebericht, Bruck-Leoben) in „Bericht des Direktors“. Verh. 1921, S. 20—22.
89. STUR, D., Die geologische Beschaffenheit des Ennstales. Jb. 1853, S. 461—483.

90. STUR, D., Die geologische Beschaffenheit der Zentralalpen zwischen dem Hochgolling und dem Venediger. Jb. 1854, S. 818—852.
91. —, —, Geologische Übersichtskarte der neogentertären, Diluvial- und Alluvialbildungen der Nordostalpen. Wien, Artaria, 1856.
92. —, —, Geologie der Steiermark. Geogn.-montanist. Verein, Graz 1871 (mit Karte in 4 Blättern).
93. TEPPNER, W., Die Nephritfrage mit besonderer Berücksichtigung der Steiermark. Mitt. St. 49, 1913, S. 91—102.
94. TORNUST, A., Ein „Fenster“ des Tauerndeckensystems inmitten der Murauer Granatglimmerschieferdecke südlich des Preber. Sitz. Ak. 130, 1921, S. 329—344.
95. UHLIG, V., und F. BECKE, Erster Bericht über petrographische und geotektonische Untersuchungen im Hochalmmassiv und in den Radstädter Tauern. Sitz. Ak. 115, I, 1906, S. 1719—1737.
96. —, —, Zweiter Bericht über geotektonische Untersuchungen in den Radstädter Tauern. Sitz. Ak. 117, I, 1908, S. 1380—1422.
97. VACEK, M., Über die Radstädter Tauern. Verh. 1882, S. 310—316.
98. —, —, Beiträge zur Geologie der Radstädter Tauern. Jb. 1884, S. 609.
99. —, —, Über die geologischen Verhältnisse der Rottenmanner Tauern. Verh. 1884, S. 390—392.
100. —, —, Über neue Funde von Mastodon aus den Alpen. Verh. 1887, S. 120.
101. —, —, Über den geologischen Bau der Zentralalpen zwischen Enns und Mur. Verh. 1886, S. 71—83.
102. —, —, Einige Bemerkungen über die Radstädter Tauern. Verh. 1890, S. 131.
103. —, —, Über die Schladminger Gneismasse und ihre Umgebung. Verh. 1893, S. 382.
104. —, —, Einige Bemerkungen über den Gebirgsbau der Radstädter Tauern. Verh. 1897, S. 55—79.
105. —, —, Zur Geologie der Radstädter Tauern. Verh. 1901, S. 191—213.
106. —, —, Über den neuesten Stand der Kenntnisse in den Radstädter Tauern. Verh. 1901, S. 361—397 (mit Kartenskizze!).
107. —, —, (Aufnahmebericht, Rottenmann) in „Bericht des Direktors“. Verh. 1918, S. 6—7.
108. WEISS, R., In den kristallinen Schiefen der Ostalpen. J.-Ber. d. Gymn. Urfahr-Linz 1913/14.
109. WELTER, O., Sammelreferat über Radstädter Tauern. N. Jb. 1910/I, S. 411—414.
110. ZEBNY, V., Ein Magnetkiesvorkommen in der Lobming bei Knittelfeld. Tschermaks Min. Mitt. 23, 1904, S. 413—414.
111. ZEPHAROVICH, V. v., Mineralogisches Lexikon für das Kaiserthum Österreich. I. 1859; II. 1873; III. 1893 (herausg. BECKE).

Außerdem verdanke ich vielfältige Anregungen und Mitteilungen den Herrn Prof. HERITSCH und Dozent ANGEL, Herrn Prof. HILBER die Benutzung der Originalaufnahmspläne, Herrn Prof. SCHARIZER die Einsicht der im mineralogisch-petrograph. Institut Graz aufbewahrten Aufsammlungen und Schliffe von DOELTER, IPPEN und Schülern.

Benutzung einer Übersichtskarte wird beim Leser vorausgesetzt, am besten natürlich die geologische, die (34) beigelegt ist, welches Werk überhaupt heranzuziehen wäre; denn die dortige gemeinverständliche Beschreibung konnte hier nicht ganz wiederholt werden. In allen größeren Bibliotheken (als Tauschexemplar: Mitt. St.) vorhanden, oder sollte es doch sein. Einige kleine Korrekturen, welche nach den Begehungen letzten Jahres anzubringen wären, haben für die hier besprochenen Gegenstände keine Bedeutung. Darüber später.

II. Einleitung.

Das östliche Ende der Zentralzone ist jenes Stück der Alpen, das von den Geologen bisher wohl die allermindeste Beachtung erfahren hat, und natürlich ist der von Städten und Straßen am weitesten entfernte Teil, die Niedern Tauern östlich von Radstadt, am stiefmütterlichsten behandelt worden. Allerdings bietet dieses Gebirge keine auffallenden Schaustücke, weder dem Geologen und Mineralogen noch auch dem Touristen; die Verkehrsverhältnisse sind primitiv und schrecken Bequemere ab, zumal das wissenschaftliche Interesse die Mühe nicht aufzuwiegen schien. Berichte liegen daher nur vor aus der Zeit der ersten Übersichtsaufnahme (ROLLE, PETERS, STUR), von der ersten Aufnahme in 1:75000 durch die Wiener Reichsanstalt (GEYER, VACEK) und einige der Arbeiten, die unter DOELTERS Leitung dem steirischen Kristallin gewidmet wurden. Sonst nur versprengte Notizen, die meisten Bausteine hat noch die Lagerstättengeologie geliefert (REDLICH).

Die alten Geologen arbeiteten im kristallinen Gebirge mit Methoden, die wir ohne Überhebung als unzulänglich bezeichnen können, und oft unter dem Banne von Theorien, die ebenso zweifelsohne falsch waren. Trotzdem haben sie die großen Züge des Gebirgsbaues vielfach richtig erkannt und die Gesteinsserien zweckmäßig gegliedert, vieles gilt noch heute — und wohl auch künftig. Dagegen hat der Fortschritt der petrographischen Methoden und Theorien dem Geologen noch keineswegs alle jene Früchte gebracht, die zu erwarten man sich berechtigt glauben könnte; die größere Genauigkeit wird oft durch Verlust des weiteren Überblickes teuer erkauft. Insbesondere die Darstellung entspricht noch gar nicht den Bedürfnissen des Geologen: wesentliche Zusammenhänge und Ähnlichkeiten (oder das Gegenteil), wie sie sofort ins Auge fallen, sind bei Vergleich zweier Beschreibungen gewöhnlich kaum zu erraten. Es sind eben die geologischen Daten, die großen Zusammenhänge und natürlichen Abgrenzungen, mit denen schon im Feld der Stoff der Aufnahme bewältigt werden kann, sehr wesentliche Bestimmungsstücke der Petrographie. Sie können durch keine Verfeinerung ersetzt werden und geben auch schon für sich allein ein — wenn auch rohes — Bild. In der Zeit der Übersichtsaufnahme gewann der Geologe jene Kenntnis weitester Gebiete, die uns jüngeren selten mehr erreichbar ist, aber als Gegengewicht der auf Einzelheiten zielenden Zersplitterung fast noch nötiger wäre. Darum ist es vielleicht nicht unangebracht, heute, da sich der Dornröschenschlaf unserer Alpen zu lösen

beginnt, die bisherigen Ergebnisse zu einem vorläufigen Bilde zusammenzufassen, Aufgaben und Ausblicke für das weitere Fortschreiten daraus abzuleiten.

Im kristallinen Schiefergebirge steht die Geologie vor einer Aufgabe, die schon im Grundsatz nicht eindeutig lösbar ist, nämlich aus dem Lagerungsbefund allein sowohl Stratigraphie als Tektonik zu entwickeln. Eine Schichtgliederung nach der Gesteinsbeschaffenheit ist nicht möglich (wie gerade in unserm Gebiet der Mißerfolg STACHES [86] gezeigt hat); die nachträgliche Metamorphose (künftig abgekürzt „Met.“) hat stratigraphisch gleichwertiges ganz verschieden und verschieden altes gleich gemacht. Auch bezeichnende Einzelheiten der Lagerung (Diskordanzen usw.) sind oft stark verwischt durch mehrfache Umfaltung und Durchbewegung. Wenn derart mehrfache Umformung regellos, hier ein Krustenstück so, dort eins ganz anders betroffen hätte, unbekümmert um die früher gebildeten Gesteinskörper, und deren Grenzen rein zufällig überkreuzend, wäre wahrscheinlich auch mit den Mitteln der heutigen Petrographie die geologische Geschichte nicht mehr zu entziffern. Tatsächlich aber sind das Ausgangsmaterial einheitliche, wohl begrenzte geologische Körper: Schichtfolgen, einförmig von großer Mächtigkeit und Verbreitung, oder von bezeichnender bunter Gesellschaft; genetisch verknüpfte „Massive“ („M.“) von Massengesteinen. Art und Grad der Met. aber entspricht gewissen größeren geophysikalischen Vorgängen, die mit Hebung, Senkung, Faltung, Injektion usw. große und ziemlich gut abgegrenzte Gebiete jeweils gleichartig betroffen haben, die untereinander und mit den gesteinsbildenden Vorgängen alle kausal zusammenhängen, so daß eins aus dem andern allmählich und fast stetig — zeitlich und örtlich — hervorgeht. Manchmal ist ja zusammengehöriges auseinander gerissen oder umgekehrt ein Trennungsstrich verwischt worden, aber die großen Züge des unmittelbaren geologischen Zusammenhanges sind erhalten.

Demgemäß suchen wir zuerst die großen Gebiete gleichmäßigen Gesteins. Über allmählichen Übergang in der Met. leitet ein Schritt für Schritt verfolgter Zusammenhang verlässlich hinüber. Parallelen über größere Unstetigkeiten weg lassen sich besser auf bunte Gesteinsserien gründen, besonders von Gesteinen, die nicht zu häufig sind, und auch verschieden met. wieder zu erkennen, selbst bei einiger Stoffzufuhr (Karbonat, Quarzit, sehr basisches, K.-reiches usw.). Dann sind die großen Gebiete gleichen geophysikalischen Geschehens, in Bewegung und Umformung, zu ermitteln und zuletzt die schwierigen Zwischengebiete wechselnder Beeinflussung zu deuten. Dieser Gedankengang wird Lücken, Unsicherheiten — künftige Aufgaben — klar hervortreten lassen und deutlich machen, welche großen Zusammenhänge bereits für einigermaßen gesichert gelten können.

III. Die Gesteine.

A. Sedimentgesteine.

Von Sedimenten sind Abkömmlinge von tonig-sandigen Absätzen sehr mächtig und weit verbreitet. Die Kalke und die fein und gleichmäßig geschlammten Tone dürften wohl aus dem Meer stammen. Von den gröberen Trümmergesteinen sind einige fast sicher auf festem Land entstanden (vgl. S. 46).

1. Die Phyllite des Ennstales („Ph.“ = Tonglimmerschiefer STURS = Quarzphyllitgruppe STACHE und VACEK) schwärzlichgrau bis grünlich, rostig anwitternd, dünnplattig, Seidenglanz auf den meist ganz fein gerunzelten Schichtflächen; meist Quarz + Serizit, daneben Graphit, hier und da Chlorit und Feldspat. Dem Typus wahrscheinlich lepidoblastische Struktur, nachträgliche Kataklyse nur jüngeren Störungszonen eigentümlich (vgl. Beschreibung von HERITSCH [28], S. 67—68, auch FOULLON).

2. Die Serizitphyllite und -quarzite der Radstädter Tauern („Ser.-Qu.“ = Chlorit-Ph. und Serizit-Sch. VACEK = Kitzbühler Grauwacken OHNESORGE) weiß bis lichtgrün, selten dunkler schmutziggrün. Feine glimmerreiche Sch. bis zu fast massigen und dichten Quarziten. Neben Quarz und Serizit auch Feldspat (12). Der Großteil ist wohl klastisches Sediment. Öfters als Diaphthorite bezeichnet: denkbar; aber der Beweis, daß zuerst eine Met. größerer Tiefe vorlag, steht für die Masse noch aus (12, 67) (vgl. BECKE, Sitz. Ak. 118, 1909, S. 1060, betr. Tweng—Mauterndorf).

3. Die Granatglimmerschiefer der Wölzer und Sölker Tauern („Granat-Gl.-Sch.“); stets glimmerreich knotig; im Spielraum des Typus stark wechselnd: heller, dunkler, beide Glimmer; stellenweise viel Quarz, in Lagen oder Knauern (Knallstein, Denneck); fast stets Feldspat (viele könnten Gneis genannt werden, aber für Gesteine, die so gut den *vulgo* Gl.-Sch.-Habitus zeigen, geht das kaum an). Graphitpigment, Porphyroblasten stets Granat, gemeiner oder Almandin, etwa erbsengroß, oft Staurolith und Disthen. Schöne Reliktstrukturen (ältere Fältelung) darin nicht selten (hierher fast alles von SCHMUTZ Beschriebene [79]).

Verbreitung: Der Ennstaler Ph. nimmt, abgesehen von den sporadischen Aufschlüssen der Nordseite, einen breiten Streifen S. der Enns zwischen Mandling und Irdning ein, wird wohl auch seine äquivalente Fortsetzung in den Ph. des Pongau und Pinzgau einerseits, des Palten—Liesingtales andererseits finden. Die Ser.-Qu. treten aus den Radstädtern in breiter Front (Giglachsee bis Preuneggingang

bezw. Hochwurzten) ins Schladminger M. über, spitzen aber gegen O. zwischen den Gn.-Falten bald aus (Steinriesenth., höchstens Preintaler Hütte). Der Granat-Gl.-Sch. nimmt die größte Fläche ein, W. und S. vom Seckauer und O. und S. vom Schladminger M. und geht unter der Muraucr Mulde durch ins Kärntner Gebirge. Abgrenzung nicht ganz scharf. Der Ennstaler Ph. geht Sölk- und Donnersbachaufwärts mit Verzahnung und Wechsellagerung in Granat-Ph. und dann in typischen Granat-Gl.-Sch. über¹⁾; dem Radstädter Ser.-Qu. steht er von Anfang sehr nahe. Im W. ist die Trennung beider schwer; besser am Preuneggang oder O. von Irdning, wo in Fortsetzung der Pölslinie (s. S. 54) eine komplizierte Antikline Ser.-Sch. vom Radstädter Typ mit Marmor, Grünsch. und kohligem (Carbon-?) Sch. zusammenbringt²⁾.

4. Die Brettsteinzüge. Marmore und basische Gesteine, Bänke an Zahl und Mächtigkeit stark wechselnd, dazwischen Sch. der umgebenden Fazies, oft sehr quarz- oder kohlereich, bilden auffällige, verhältnismäßig schmale, aber weit im Streichen verfolgbare Bänder. Außerhalb dieser sind Marmore gar nicht, grüne Gesteine selten, Quarzite und stark kohlig-pigmentierte Sch. jedenfalls weniger häufig anzutreffen. Die Marmore sind meist rein, weiß, lichterrosa, seltener dunkel oder blaugebändert, gelegentlich mit blondem Glimmer (Phlogopit?); eigentliche Kalk-Gl.-Sch. sind selten, Übergänge dazu fehlen (wie Stubalm [2, S. 159]); Quarz führt der Marmor manchmal ziemlich viel (St. Nicolai), hie und da Tremolit (St. Nicolai, S. vom Knallstein), sonstige Silikate sehr selten. Dolomit ist selten, häufiger einiger Eisengehalt (Kar N. vom Gumpeneck, Reichaschartel—Süßleiteck—Schimpelsee u. a.). Fast alle Marmore, besonders die rein weißen (!), stinken beim Zerschlagen (H_2S [72] oder organische Substanz [9]).

DOELTER (8) 253 hat vermutungsweise den bereits von TRAVERSO für die Ivreazone ausgesprochenen Gedanken wieder aufgenommen, die Marmore wären kein normales Sediment, sondern sekundäre Gesteine, durch irgendwelche Umsetzung aus den Amphiboliten hervorgegangen, mit denen sie ja regelmäßig vergesellschaftet sind. Es liegt aber sehr selten Marmor unmittelbar am Amphibolit (Pölsbalm), meistens liegt fast undurchlässiger Sch. da-

¹⁾ „Daß der Qu.-Ph. . . . auf den Gl.-Sch. der Muralpen liegt, diese und ihre auffälligen Marmorzüge oft schräg abschneidend“ (SCHMIDT [78], S. 108 unten), ist falsch. Über Fazieswechsel im Streichen, in Stoff und Met. siehe S. 46, über die WO.-Verwerfungen, die damit nichts zu tun haben, S. 54.

²⁾ Weiter O. ist die Auflösung der Grauwackenzone überhaupt noch ein frommer Wunsch. Der NO.-Rand des Seckauer M. ist mit seinem Ph.-Saum eine genaue Wiederholung des N.-Randes des Wildstellen-M. Auch weiter östlich sind „diese Grauwacken-Ph. von der graphitführenden Serie kartographisch recht gut abtrennbar“ (SPENGLER, Jb. 1920, S. 239) und dürften wohl auch dem Ennstaler Ph. entsprechen. Dagegen bezweifle ich, ob alle Ser.-Sch. und Qu. vom Radstädter Typus untereinander stratigraphisch äquivalent sind (vgl. S. 49).

zwischen; metasomatische Karbonate bilden Nester, Stöcke, Kuchen usw. (z. B. Serpentinmagnetit von Kraubat, aber auch der kristalline Magnetit und der Siderit), keine gleichmäßig viele km fortstreichenden Schichten. Schließlich müßte man am Muttergestein eine Veränderung sehen, der Amphibolit ist aber ganz der gleiche, ob er nun näher, ferner, oder gar nicht von Marmor begleitet ist.

Die grünen Gesteine erscheinen entsprechend der Tracht der Umgebung als Choritsch., Hornblendegarbensch., Biotit—Hornblende-Sch., Amphibolite, Granatamphibolite (weiter SO. auf Sau-, Kor-Alpe und Bacher als Eklogite); wahrscheinlich Tuff- und Lavadecken. Echte Sedimente, etwa Abkömmlinge von sandig-dolomitischen Mergeln, müßten nicht selten Übergangstypen sowohl zu den Tonals als zu den Karbonatgesteinen zeigen. Daran fehlt's; dagegen sind massige Gabbro-Amphibolite u. ä. nicht selten. Wegen der stratigraphischen Treue, der hier und sonst in vielen kristallinen Gebieten regelmäßigen Vergesellschaftungen mit den Marmoren, ist Oberflächenerguß viel wahrscheinlicher als Lagergang-ähnliche Intrusion, besonders da Quergriffe nicht bekannt sind.

Auch saure Eruptiva nehmen an der Brettsteinzug-Gesellschaft teil. Zwar die Augengneise (Klafter; S.W.-Rand des Seckauer M. an Bösenstein, Rosenkogel; Glein- und Stubalm) können ebensogut wie als Deckenerguß hierher als Randbildung zum nahen M. gehören; hier ist eben nicht so klar wie im Ortler mit der Verbindung Laaser Schichten = Angelus-Augengneis (HAMMER, Jb. 1906 und 1909). Sehr häufig sind aber Aplite und Pegmatite, wenn eine Gegend überhaupt solche aufweist, in den Brettsteinzügen zu treffen und zwar gerade die Amphibolite sind von der Injektion bevorzugt¹⁾. Dafür, daß deren weiße Streifen und Bänder aplitische Injektion sind, spricht Umwandlung des Hornblendesaums in Biotit (O. von Möderbruck beobachtet) und das Zusammengehen im geologischen Vorkommen: z. B. am Giglachsee fehlt beides, Bänderamphibolit und Pegmatit, und beides erscheint gleichzeitig an der N.-Seite des Vetternkares. Überhaupt ist Bänderamphibolit nur dort anzutreffen, wo auch andere Aplite und Pegmatite sind.

Verbreitung: Der „Brettsteinzug“ $\alpha\alpha\tau'$ $\xi\zeta\omicron\chi\eta\nu$ — das Rückgrat des steirischen Kristallin — streicht SO.—NW. vom Lavanttal her-

¹⁾ CORNELIUS, N. Jb. Beil.-Bd. 40, S. 301—303, meldet vom Veltlin Bevorzugung der Marmore durch die Pegmatite, also anders als hier, wo auch bei Berücksichtigung der subjektiven Fehlerquellen, daß z. B. der weiße Lagergang im Marmor weniger als im Sch. und noch weniger als im Amphibolit auffällt, ich die Schätzung aufrecht halte, daß die Injektion in den Brettsteinzügen häufiger ist, als deren Fläche entspricht (alte Störungen als Weg?) und noch viel mehr in den Amphibolitbändern sich zusammendrängt. Größere Wegsamkeit? Man ist tatsächlich überrascht, wie schön und fein das feste Hornblendegestein sich faltet; manchmal sieht man bei ganz feingebänderten auch an Spitzendignngen, daß neben der aplitischen Aufblätterung auch ausgewalzte Zickzackfältelung die zierliche Textur verursacht.

auf. Von der Lavantaler Scharung schwenken die Hüttenberger Züge links, W.-wärts, rechts die Almhauszüge gegen NO. umbiegend ab. Weiter N. gehen nach links noch vor Obdach kleinere Züge ab, die gegen W. die Seethaler Alpen durchziehen, bei Judenburg aber die mächtigen Murzüge = Unzmarkt—Lind—Ober-Wölz—Krakau; von rechts dagegen scharen Verbindungen zum Almhauszug mit gegen S. konvexer Bogenwendung zu, so bei Weißenkirchen—Eppenstein und Fohnsdorf—Pöls. Pöls aufwärts löst sich das Bündel in einen einfachen Faltenwurf auf, der die ganze Breite St. Johann a. Tauern—Brettstein—Pusterwald einnimmt und in O.—W. umbiegend sich am Grat Hohenwart—Pustereck anscheinend nach oben heraushebt. Als Fortsetzung des Hauptstammes gegen NW. können die kleinen Vorkommnisse von Oppenberg gelten, die an Zahl und Mächtigkeit zunehmend, die Gollingbäche gegen Irnding hin queren. Beiden Zweigen folgt im S. und W. eine Ablösestaffel, der Zug Gstemmerspitz—Totenkaar—Gumpeneck—Gr. Sölk und das Faltenbündel, das etwa S. von Donnersbach am Hauptkamm antiklinal emportauchend die inneren Sölktäler füllt und in Ausläufern den Schladminger Bach erreicht.

Die Schichtfolge der Brettsteinzüge wechselt im Streichen oft und von einem zum andern: es sind eben keine ungestörten stratigraphischen Serien, sondern Spuren tief abgetragener Falten, die sich mannigfach bündeln und trennen. Die ursprüngliche Serie dürfte in eine Liegendgruppe mit Vorherrschaft der Marmore (dazu die Quarzite und hie und da Amphibolite) und in eine Hangendzone mit der Masse der Amphibolite zerfallen (Begründung s. S. 47). Einfachere Schuppung vervielfältigt die Bankzahl, mischt aber die Hauptgruppen nicht durcheinander, so daß obige Trennung meist noch zu erkennen¹⁾.

B. Massengesteine.

1. Granitische Massive („M.“) sind in unserm Gebiet zwei vorhanden, das Seckauer und das Schladminger. Als Seckauer M. bezeichnen wir die Gn.- und Granitmasse zu beiden Seiten des Rottenmanner Tauern („der steirische Centralgranit“ LEBLING [48]), die breit und geschlossen zwischen der Grauwackenzone des Palten—Liesingtales und der Pölslinie Oppenberg (SS.W. von Selztal)—St. Johann—N. von Fohnsdorf fast die ganze Breite des Gebirges von der Enns bis zur Mur einnimmt (50 × 15 km). Das Schladminger M. ist weniger einheitlich. Die größte Gn.-Masse ist das Wildstellen-M., das vom Sagschneider in Kl. Sölk über diesen zweithöchsten Gipfel

¹⁾ Die gleiche Erscheinung, daß jedes Schichtpaket einzeln für sich durchgemischt worden ist, beschreibt W. RADEFF von dem ganz gleich wie die Brettsteinzüge zusammengesetzten und gebauten Ivreazug (Eclogae XIII, S. 525—526).

der Niedern Tauern bis zum Rosfeldsattel zwischen Obertal und Preunegg zieht (18 × 6 km). Die kleinern Gn.-Kerne im SW. (Klaffer, Trockenbrod usw.) reihen sich ganz natürlich an. Aber der bisherige Sprachgebrauch (gar nicht zu verwerfen) reiht in die „Schladminger Masse“ oder „Decke“ auch die Gn., welche jenseits des Hauptkammes im SO. liegen. GEYER (16) hat sie als eine zusammenhängende mächtige Platte aufgefaßt; aber der NO.-Zipfel, das Bauleiteck, ist sicher eine durch Schieferzunge abgetrennte Linse und ich glaube, daß die andere Gn.-M. gegen den Preber zu sich ähnlich weiter gliedern wird.

Ursprüngliche Erscheinungsform granitischer Massen ist der flachgelagerte Kuchen oder Fladen, konkordant aufblättern (Lakkolith) oder diskordant durchgreifend (Stock), meist eine Seite nach ersterem, die andere nach dem zweiten Modell. Wo hinreichend aufgeschlossen, sieht man stets, daß der Topf einen Boden hat, der bodenlose Batholith nach E. SUESS ist in den Alpen nicht bekannt. Meist kommen die Intrusionskörper gesellig vor, z. T. neben-, z. T. in Stockwerken übereinander. Gebirgsfaltung walzt den Fladen zur Linse aus, stellt ihn schief und rückt die Linsen eines Schwarmes aneinander, etwa wie die Brotlaibe beim Bäcker auf der Stelle stehen; derart kann mit mäßigem Aufwand der Eindruck gewaltiger Tauchfalten erzielt werden. Wir kennen in den Alpen alle Stadien dieses Vorganges, von den wenig gestörten, einander nur mäßig übergreifenden Linsen des Adamello (SCHWINNER, Verh. 1917, S. 163) bis zu den ausgewalzten und aufeinander gestapelten Gn.-Platten des Aar-M. u. a. Dabei wird der Intrusionsverband zerstört, Quergriffe pseudokonkordant ausgebügelt und der Kontakt, durch Ummineralisation ohnedem verwischt, weggerissen und verschleppt, so daß die vortektonischen Beziehungen zu andern Gesteinskörpern schwer zu ermitteln sind. Schon eine einzelne Intrusionsperiode liefert häufig derart zusammengesetzte, in Stockwerke oder horizontal gegliederte Körper. Fast regelmäßig (in und außer den Alpen) zieht eine große granitische Intrusion — abgesehen von dem Kleinzeug des Gangefolges — eine (oder mehrere) Wiederholungen nach sich. Ein M. hat meist „zwei Generationen“ Granit, die ältere oft vollkommen vergneist, die jüngere wenig umgewandeltes Massengestein.

Dem stofflichen Bestand nach (39, 42) fügen sich unsere Granite im Großen völlig in die petrographische Einheit der Alpengranite (NIGGLI), im einzelnen liegt der Durchschnitt des Seckauer M. mehr bei den Graniten, der des Wildstellen-M. näher den Dioriten¹⁾. Ein Unterschied im Chemismus der beiden Generationen (analog dem zwischen „Alten Gn.“ und „Tauern-Zentral-Gn.“ nach BECKE) ist gut möglich (42, Analyse 4!), mangels Material aber noch nicht feststellbar. Das normale Gestein wäre also ursprünglich ein grauer, mittel- bis feinkörniger Biotitgranit (bis Grandiorit) gewesen. Der „Muskovit“, der den Gn. grünlich färbt, dürfte aber sekundär sein (42, S. 208 und 272).

¹⁾ Alles Schätzung nach Augenmaß. Bei Benutzung der spärlichen Literatur zu beachten, daß im Seckauer Haupt-M. Diorite häufiger scheinen als im Bösensteizipfel, andererseits bei IPPEN die Hornblendegesteine aus Sonderinteresse herausgelesen sind. Trotzdem, daß im Wildstellen-M. die Differentiation häufig und reichlich über Diorit gegen Gabbro läuft, spricht für einen wirklichen Unterschied beider Kernmagmen.

Über die Lagerung des Seckauer M. ist wenig bekannt. Die breite Gestalt würde für geringe tektonische Umformung sprechen, aber im Innern sind Zeichen von Zerlegung in Linsen (z. B. Schieferzunge ober Grafenhube im Gaalgraben) und der NW.-Sporn, das Bösenstein-M., hat beiderseits anomale Kontakte, nur an seiner Spitze greift er primär mit Granitapophyse in die Grünsch. N. nahe bei Oppenberg¹⁾. Die Schladminger Granitlinsen sind restlos in den Faltenwurf einbezogen und daher stark egalisiert worden. Jüngerer Ganggranit im älteren Gn. schön am Oberrn See, W.-Ufer, Seewigtal. Sichere Primärkontakte (innen Aplitsalband, außen Schiefergn. aplitisch aufgeblättert — ein Befund, der viel Met. kenntlich überdauert!): SO.-Ende des Wildstellen-M.: bachaufwärts Sagschneider, Kl. Sölk; Bauleiteck-M.: S. von der Schimpelscharte; ziemlich sicher granitische Apophysen in den Ser.-Sch. S. vom Roßfeld (? Tiefenbacher, Preunegg [39, S. 111], auch mitten in den Ser.-Sch.). Alle, sicheren oder nur vermuteten, Primärkontakte betreffen den jüngeren Granit (Generation II), vom älteren (Gn. = Generation I) kann man nur sagen, daß er regelmäßig umhüllt ist von grauen, feinlagigen, festen, quarzreichen Biotit-Schiefergneisen (oft genau der Typ BECKES vom Kremstal, „Lederfabrik“ Sp. K.) und zwar in beiden M. (kommt auch als Lage im Orthogn. vor; z. B. Neualmscharte, W. an der Wildstelle, Schleifgraben O. von St. Johann a. T., am Bösenstein [41, 42]).

Unsicher ist die Stellung der Augengneise. Charakteristisch — im Gegensatz zu den Massen des Granits — die flächenhafte Ausdehnung. Manche sind sicher Randfazies von Graniten (Bösenstein [42, S. 278], andere sicher selbständige Lager, und sie als Deckenergüsse zur Brettsteinserie zu ziehen (Analogie mit HAMMERS Laaser Serie s. S. 35) ist immerhin erwägenswert (Klaffer, ober Gollinghütte; Rosenkogel, O. Möderbruck; für Glein- und Stubalm vgl. 2, S. 196, 3, S. 54).

2. Pegmatite, wahrscheinlich Ganggefölge der jüngeren Granitgeneration (Pegmatitgneise, die den älteren Granitgn. zuzuordnen wären, kenne ich aus den Tauern nicht, während sie in Seethaler, Kor-, Stubalm häufig sind; worüber nochmals in VIII). Mineralogisch recht arm, nicht zu vergleichen mit Stainz—Voitsberg, selbst der Turmalin fehlt der Hälfte. Fast nur Lagergänge, bis 20 m mächtig (Gföhlgraben, Zeyring), sichere Quergriffe selten (Krutz, N. Unzmarkt), Primärkontakt wenig kenntlich, besondere Mineralien hat der Pegmatit ja selber nicht; Vergrößerung event. Neubildung von Muskovit (Zirbitzkogel N.), Almandin kann aus dem Granat-Gl.-Sch. ins Pegmatitsalband einwandern (Gföhlgraben). Verbreitung schließt sich z. T. an die M. an, zuweilen nah (Fürst am Bösenstein [42, S. 289]), aber nicht regelmäßig: Fohnsdorf—Gaal fehlen sie, häufig

¹⁾ Sichere Primärkontakte sonst nicht bekannt. $\frac{1}{2}$ km W. von Gaal (?), S. am Hölzelberg Δ 1589 zwischen Gaal und Fohnsdorf treten granitische Gesteine in der Amphibolitzone auf. Verhältnis nicht klar.

dagegen Brettstein—Zeyring—Ober-Wölz, also weit vom M. weg. Vetterkar—Gollingscharte, O. vom Gr. Sölkpaß ist wenig, im Zirbitzkogelgebiet gar keine Beziehung zu sichtbaren Granit-M. kenntlich. Die meisten Pegmatite liegen in Schiefergn., Granat-Gl.-Sch., Brettsteinserie. W. von Kl. Sölk folgen überm Wildstellen-Gn. mehrere Hunderte von Metern, die ebensogut als injizierte Sch. wie als klastisches zu deuten sind, und erst am Gipfel des Spateck Pegmatit im Übergangsgestein zwischen Qu.- und Granat-Ph. Sonst im Ph. nicht bekannt; ob die oft großen Quarzgänge (Gatschberg, Gr. Sölkthal) sie ersetzen, ist recht zweifelhaft¹⁾.

3. Basische Ganggesteine sind im Seckauer M. nicht häufig (Hornblendeporphyr, Bösenstein N.-Grat [42, S. 289]). Dagegen findet sich im Schladminger M. eine Reihe „dioritischer Gesteine“ (39, S. 90) fast bis zum Hornblendegabbro herab, die meisten in der Schieferzone S. der Preinthalhütte, aber auch im Wildstellendach (Neualmscharte) und auf der N.-Seite des Hohenstein (39, S. 127). Von manchen ist zu den gabbroiden Amphiboliten kaum mehr als ein Schritt und es läge nahe, in diesen basischen Nachschüben des Schladminger M. den Vulkanherd zu suchen, der für die Amphibolite der Brettsteinzüge das Material liefert (vgl. S. 35 und S. 47).

4. Die Peridotite (Lessach im Lungau, Klaffer—Greifenberg, Hochgrößen²⁾, Lerchkogel, Kraubat [4, 42, 28, 70]) könnten vielleicht (besonders im Wildstellen-M.) als basisches Ende der Differentiation aufgefaßt werden. Dafür, die Peridotite den Granit-M. zuzuordnen, spricht ihre Lage am Rand derselben³⁾, ferner eine stoffliche Eigentümlichkeit; die vorgenannten Peridotite der Niedern Tauern waren ursprünglich fast reine Olivingesteine (Dunite), während bei Kraubat, Bruck, Gleinalm, Bacher Serpentine mit Pyroxen-, Hornblenderelikten (Harzburgite usw.) vorkommen. Ein anderer örtlicher Zusammenhang besteht unzweifelhaft oft mit den Amphibolitzügen⁴⁾ (Bruck, Gleinalm, auch Ivreazone) und auch dieser ist genetisch gedeutet worden. Schließlich liegen alle diese Stöcke auf großen Dislokationen: Lessach (vgl. 94) und Klaffer s. S. 49, Hochgrößen an der Pölslinie, Lerch-

¹⁾ Parallele in der Moravischen Zone (F. E. SUESS, Denk. Ak. 88, 1912, Bau und Bild S. 63/64); Turmalin fehlt, die Pegmatite des moldanubischen sind durch Quarzgänge ersetzt.

²⁾ Thalhof bei Rottenmann (42, S. 299) erinnert eher an einen gabbroiden Hornblendefels, in der Brettsteinserie nicht selten.

³⁾ Auch in vielen anderen Gegenden beobachtet: STUDER, Geologie der Schweiz, S. 320, Tauernschieferhülle, im moldanubischen bes. an Granulit-M.; BECKE, Tschermaks Min. Mitt. 4, S. 223; 32, S. 185; ebenso im Bacher; BENESCH, Mitt. Wien X, 1917, S. 178.

⁴⁾ Das gilt von den großen Amphibolitzügen, nicht bloß von den Strahlsteinschiefern, die — sogar an der übelgequetschten Linse des Greifenberg-W.-Grates — gewöhnliches Gefölge des Serpentin sind, genau wie die Talkschiefer (Lessach, Preber [94]) und der Nephrit, den man allerdings erst aus den Murschottern, aber nicht anstehend kennt (93).

kogel im Triebener Winkel (28, 107); Kraubat an der Fortsetzung der Pölslinie (vgl. 78, S. 102). Auch diese, sonst auch nicht selten festgestellte Tatsache hat zu einer Hypothese verleitet (Intrusion in die bewegten Massen!). Beobachtet wurde, daß Rand der Granit-M., Serpentinstöcke, Amphibolitzüge und große Störungen, also viele recht verschiedenartige Dinge, so oft zusammentreffen, daß Zufall ausgeschlossen ist. Von den geschwinden „Erklärungen“ wird keine dem Ganzen gerecht und auch wir schieben es besser noch auf. Sichere Primärkontakte sind bisher von keinem dieser Serpentine nachgewiesen (die angebliche Kontakt-Met. des Hochgrößen [42, S. 297—299] vgl. S. 43), auch kaum zu hoffen, da sie bei diesen Gesteinen nie sehr auffällig und bei der starken tektonischen Beanspruchung aller wahrscheinlich verwischt sind. Das Alter ist daher noch völlig ungewiß. Ebenso der Zeitpunkt der Umwandlung von Peridotit in Serpentin, ein Vorgang, der auch noch nicht völlig geklärt ist. Tektonisch ja sicher beeinflußt, woher aber die große Stoffzufuhr? Postvulkanisch? Und post quid?

Vielleicht sind die Peridotite als Tiefengestein zuzuordnen den basischen Ergüssen des Paläozoikums, wenn man letztere noch als Abkömmlinge der alten Kernherde ansehen kann; sie sind dann allerdings schon recht weit in die Peripherie hinausgewandert: Murau, Graz, nach Zeugnis von Gosau und Schubfetzen muß auch viel unter den Kalkalpen (Salzkammergut) liegen.

Die sauren Ergußgesteine des Paläozoikums (Blasseneckporphyroide) erscheinen im Ennstal: Preuneggausgang, S. von Oeblarn, am besten Schladming (El. Wk.): saigerer Gang im Ph., W.—O. parallel der Ennstallexur, Rand etwas eingeschiefert, Kern aber ganz massig, nicht met.! (Typ Kaiserau, wie ihn ANGEL aufgestellt hat [1, S. 61]). Das könnte ein Vulkanstiel sein zu den Porphyroiddecken, die in der Grauwackenzone so häufig sind (und ebenfalls, wie die Diabase, in den exotischen Gesteinen der Kalkalpen). Aus dem Parallelismus mit der Ennstallexur könnte man auf zeitlichen Zusammenhang schließen. Verbindung mit der jungpaläozoischen Faltung wäre ja vielleicht nicht ganz unwahrscheinlich.

Tiefengestein	Ganggestein	Ergußgestein
Granit I („alter Gn.“ heute)	(Pegmatit-Gn. heute)	Augen-Gn. (heute) z. T.
Schladminger „Diorit-Gesteine“	—	Amphibolite der Brettstein-Zone
Granit II	Pegmatit, Aplit (in den Amphiboliten)	—
Peridotit (Serpentin)	—	Diabase des Devon
—	Porphyroidgänge im Ennstal	Blasseneck-Gn. der Grauwacken-Zone

Als Eruptionsfolge ergäbe sich sauer—basisch—sauer—basisch—sauer; die tertiären Eruptiva wären, ungeachtet der kleinen Rekurrenzen ihrer Masse nach wieder als basisch anzureihen. Alles immerhin nicht undenkbar.

C. Mineralisation, Metamorphose.

Material wenig bisher gesammelt; nur ziemlich einseitig mineralogischem Interesse und — der menschlichen Habgier verdankt man einige Daten.

1. Es sind hauptsächlich gewisse Grundstoffe, deren Verbreitung durch das wirtschaftliche Interesse aufgeklärt worden ist. Solche sind erfahrungsgemäß gebunden, manchmal

a) an bestimmte *Eruptiva*: Cr¹) fast stets an Peridotite (Kraubat: mit Mg in Gelmagnetit und Talk); Au und vielleicht Mo an gewisse Granit-M. (Hohe Tauern, M. Rosa); Ra, Th an Granite und besonders an deren Pegmatite, besondere Untersuchungen darüber fehlen hier noch ganz. Gesteine der Andensippe und besonders dioritische pflegen daran arm zu sein, die pleochroitischen Höfe sind auch wirklich nicht sehr verbreitet, gut ausgebildet — was auf hohes Alter deutet — am Bösenstein (42);

b) an bestimmte *Schichtgruppen*, wie z. B. Pb, Zn (Bleiglanz, Blende) an die ladinische Stufe der lombardisch-tirolischen Triasfazies, oder wie das Altpaläozoikum in Fazies der Grauwackenzone begleitet ist von Fe, Mg (Karbonat); Hg, Cu und sonstige Schwermetalle als Sulfid. Ebenso sind sämtliche Erzscherfe der Niedern Tauern (und des steirischen Kristallin überhaupt) an die Brettsteinzüge gebunden, Fe und Schwermetallsulfide, so ziemlich die Stoffe der Grauwackenzone, aber ohne Mg und Hg. Ursprünglich wohl als sulfidische Imprägnation in den grünen Gesteinen (60) („Branden“ wegen des Eisenrostes in den Schladminger A. genannt), *metasomatisch* als Lager und Gänge in der Schieferserie mit Kiesen (Seekar am Radstädter Tauern, Grünsch. der Ser.-Sch.-Serie [61]; Oeblarn—Walchen, Grünsch. des Ph. [62]; eine Menge aufgelassene Baue auf den „Branden“ des Schladminger M., Fuchsgraben—Pusterwald und Flatschach—Knittelfeld [58, 59] auf Amphibolitzügen im Granat-Gl.-Sch.); mit Hämatit (Typ „Waldenstein“ in Kärnten: Hansen-Alm, Gr. Sölk [22]) und schließlich als Eisenspat in den Marmoren (Typ „Hüttenberg—Zeyring“).

2. Diese durch den Zufall des Marktwertes herausgegriffenen Daten lassen schon mancherlei Zusammenhänge ahnen, wenn wir auch über die Vorgänge, welche derartige Konzentrationen bestimmter

¹) Die früher angenommene große Verbreitung von Cr in unseren Lagerstätten als sog. „Fuchsit“ (CANAVAL) ist nach den Feststellungen von HACKL (21) etwas unsicher geworden.

Stoffe erzeugen, nicht unterrichtet sind. Mehr über die physikalisch-chemischen Bedingungen sagt uns die Verbindung mehrerer Stoffe als Mineral (oder Paragneise mehrerer solcher).

a) Manche Mineralien sind allerdings auch noch fast wie 1a) stofflich bedingt: so der Turmalin als Kontakt-Min., wird in den Pegmatitgebieten wohl in wenig Gesteinen fehlen. Zum weiteren Kontakt gehört vielleicht auch der auffällige rotbraune Meroxen (2, S. 162) und der Staurolith (?)¹⁾. Vom Wildstellen-M. hebt IPPEN (39) besonders die Ti-Mineralien hervor, nach den Analysen dürfte aber das Vorkommen nicht außergewöhnlich sein.

b) Geologisch am wichtigsten wäre Kenntnis der Verbreitung einiger bezeichnender Mineralien (oder Paragenesen), nicht beurteilt nach ihrer Eignung zum Sammlungsschaustück, sondern nach ihrem wirklichen Anteil am Gestein. Könnten wir etwa eine Karte der Verbreitungsdichte von Granat, Serizit, Chlorit, Hornblende usw. geben, so wären viele Probleme der alpinen Met. klarer. Ein kleiner Beitrag soll hier gegeben werden.

Von der Enns bis zum Kamm der Sölker Tauern erscheint der ziemlich gleichförmige Stoffbestand in drei verschiedenen Fazies der Met.: Ser.-Ph. mit Grünsch. (neben Chlorit kommt Amphibol vor, als Relikt? [42], Diaphthorese?). Chloritoidsch. kommen auch vor, aber nicht so viel, als man früher vermutet (11), und sind anscheinend für die Fazies weniger bezeichnend, weil sowohl auf der Glein-Alm als im Grazer Paläozoikum vorhanden (49). Dann Granat-Ph. mit prächtigen Hornblendegarbensch. (manchmal auch granatführend), am Hauptkamm Granat-Gl.-Sch. mit Amphiboliten und Granat-Amphiboliten. Im oberen Murbecken folgt dann ein Rückschlag in die Ser.-Grünsch.-Fazies (jüngere Einfaltungen: Lessacher Zipfel [34, S. 131, 4, S. 283, 94] und Murauer Mulde), gegen S.O. geht die Faziesfolge weiter zu Sillimannit-Gn. mit Eklogit (Kor-, Sau-Alpe). Der schärfste Sprung folgt nach der 1. Stufe, schon deswegen, weil meist am M.-Rand. In der Lücke zwischen Wildstelle und Bösenstein ist auch das ein allmählicher Übergang, durch Wechsellagerung und auch im Streichen. Übergangszone streicht schief etwa O.N.O. vom Wildstellen-M.-Eck zum Gumpeneck und längs dem Marmorzug ostwärts, also quer über die etwa O.—W. bis W.N.W. streichenden Schichten. Die Granaten, um Mösna im Ph. zahlreich, groß und schön scharf, werden auswärts kleiner, ganz verrottet und fehlen oft viele Bänke hindurch (sind also wohl zu Unrecht als Durchläufer verrufen); die Garben, um Donnersbach 3—4 cm lange Hornblenden, sind schon bei Mösna kleiner, die letzten am Kl. Knallstein-N.-Grat ganz dürrtig. Der nächste Übergang vom Granat-Ph. zum Granat-

¹⁾ KOENIGSBERGER, N. Jb., Beil.-Bd. 26, 1908. Die Vorkommen von Rade Gund und Ober-Wölz liegen ja richtig in der Pegmatitzone, aber S.O. vom Knallstein scheint er ziemlich fern davon vorzukommen.

Gl.-Sch. etwa S. von der Linie Mösna—Donnersbachwald ist noch viel allmählicher; der erstere ist wohl nur als Randbildung des andern, der eigentlichen Hauptfazies der Niedern Tauern anzusehen und wir hätten hier nur zwei Hauptgruppen der Met., deren Verbreitungsgebiete, wie schon VACEK (101, S. 75) erkannt hat, sich gegenseitig ausschließen, die eine im Gebirge, umhegt von den Granitpfeilern des Bundschuh-, Schladminger-, Seckauer-M. usw., die andere in der Senke N. davon. Ich glaube, daß hier der Schluß auf regionale Ursache sicher ist: Im Gebirge liegt die Met. größerer Erdtiefe vor (= mittlere Stufe GRUBENMANNs), in der Senke die der obersten Zone.

Das beste Gegengewicht gegen die in der Petrographie leider nicht unbeliebten geschwinden Erklärungen ist eine weitausgreifende geologische Erkundung. Die Geheimnisse der Met. sind nur aufzuklären, wenn man einen Überblick über den Vorgang in Naturgröße hat und danach die Einzelheiten richtig gegeneinander abwägen kann. Z. B. W. vom Bösenstein setzen die auffälligen Hornblendegarbensch. ein und S. am Peridotit des Hochgrößen liegt gar ein Granathornblendefels. Weiß man, daß erstere 35 km weiter W. vom kleinen Granit-M. des Bösenstein und knapp vor dem weit größeren Wildstellen-M. ausklingen, und daß die Granat-Hornblendegesteine ebenso am Plannereck—Rettelsteingrat, 6—7 km vom Peridotit zu finden, wird man mit dem Schluß auf Kontakt-Met. (42) etwas zurückhalten. Da scheint die umgekehrte Schlußmethode, vom geologischen aufs physikalisch-chemische, etwas verlässlicher. Innerhalb des oben umrissenen Gebietes kommt Granat vor, wo seine Bildung möglich, und das ist es in vielen Gesteinen, dagegen ist Chlorit und Serizit hier stets ganz junge sekundäre Bildung; außen ist weder Granat noch Hornblende bestandfähig.

Ohne Deutung, als vorläufig nur unsichere Schätzung sei angemerkt, daß gegen W.-teil des Schladminger M. in den basischen Gesteinen Biotit zu ungunsten der Hornblende zunimmt, vielleicht wirkliche nachträgliche Verdrängung? Nach IPPEN (39, S. 97, 109—110), kontrolliert an Originalschliff, nicht unmöglich.

In der vorstehenden Faziesfolge der Met. haben die Radstädter Ser.-Sch. und Qu. keinen Platz gefunden. Vermutlich kreuzen sich da mehrere Probleme, Unterschied im Stoff und in der Umprägung, d. i. Fazieswechsel im Sediment und in der Met. Es ist auch nicht sicher, daß alles, was man heute — notgedrungen — unter diesem Begriff zusammenfaßt, eine homogene Gruppe ist. Tektonische Gesteinsfazies ist vielen Gliedern eigentümlich (78, S. 108/9), bei andern schlägt wieder mehr der primär klastische Charakter durch. Die Serie kommt einerseits als Randbildung außen an den Massiven vor, wofür sehr lehrreich die Verhältnisse bei Oppenberg. Da liegen an der Pölslinie, vom N.W.-Sporn der Seckauer M. überschoben, prachtvolle stenglig ausgewalzte Tektonite (offenbar die Gesteine, in denen KITTL [42] den Übergang von der Qu.-Ph.-Gruppe zum Schiefer-Gn. der M.-Hülle sieht) und oben am Gschödereck, am Dach derselben Hülle dünnplattige Ser.-Qu., die ich zu den „Aufbereitungs- oder Transgressions-Quarziten“ (s. S. 46) stellen möchte. Wo diese Serie, wie W. vom Schladminger Obertal, für sich allein in mehreren Tausend

Metern Mächtigkeit erscheint, ist sie als selbständiger Sedimentkomplex anzusehen, vielleicht das heteropische (d. i. in ursprünglicher Fazies = Stoff verschiedene, aber gleich alte) Äquivalente der besprochenen Ph.- und Granat-Gl.-Sch.-Komplexe, sicher nicht, wie SCHMIDT will, der „Phyllonit“ irgend eines Gn. (78).

So wertvoll die von SANDER inaugurierten Gefügestudien für die Tektonik des alpinen Kristallin zu werden versprechen, einige Vorbehalte muß man doch rechtzeitig machen. Man kann das Verhältnis der letzten tektonischen Durchbewegung zur letzten Umkristallisation bestimmen, weiter in die Vergangenheit sieht das Mikroskop nur in besonders günstigen Fällen. (Gottbegnadete Geister wie R. STAUB vermögen allerdings bis zu 15 nacheinanderfolgende Met. zu unterscheiden. Vgl. A. HEIM; Geol. d. Schweiz II/2, S. 854/5.) Das ist sehr wertvoll, aber es geht nicht an, daraufhin die Ostalpen glatt zu zerschneiden (SCHMIDT [78, S. 103]) in „Grobgn.“ + Grauwackenzone und „Muralpen“. Erstens ist die Trennung in der Natur nicht so glatt, es gibt in den Muralpen (an der Pölslinie, an der Mur bei Unzmarkt, auf Glein- und Stub-Alm [3, S. 57]) Zonen mit nachkristalliner, „alpiner“ Durchbewegung. Dann haben wir drei Hauptären der Faltung, mindestens zwei von Granitintrusionen und vielleicht noch mehr Anlässe zur Met. Es liegt kein Beweis vor, daß irgend einmal die Alpen ganz oder nur zum größeren Teil gleichmäßig davon ergriffen worden wären. Dem stimmt SCHMIDT, gegen das Dogma von der „einheitlichen“ Alpenfaltung, ebendort ausdrücklich zu. Dann kann dasselbe Gefügebild da aus dem Tertiär, dort aus Kreide, Karbon oder gar aus dem Algonkium stammen. Nicht jedes gerade, zugegeben, aber manche; jedenfalls kann man darauf nicht ohne weiteres bauen. Wo die Entwicklung seit langem parallel abläuft (z. B. Grauwackenzone und N.-Rand der Hohen Tauern), da wird man stratigraphisch-tektonische Äquivalenzen derart ableiten können; SCHMIDTs Verallgemeinerung ist sehr unglücklich.

Überhaupt kann ich mich nicht ganz befreunden mit der Ausdehnung, welche der Begriffskreis „tektonische Gesteinsfazies“ bei SCHMIDT und auch schon bei SANDER genommen hat. Beinahe sind schon „Tektonit“ und Phyllit synonym! Ich glaube aber, daß die Reihe Ton—Schiefer—Tonschiefer—Phyllit (etwa bis zum Typ der „Semriacher Sch.“) eine ganz simple Entwicklung ist. Etwas Durchbewegung dürfte nötig sein, wird aber z. T. von der Volumänderung bei der Diagenese beigestellt und etwas Tektonik gibts bei uns überall. Aber wenn deren Heftigkeit etwa nur die Juraufaltung erreicht¹⁾, sollte man noch nicht von Tektonit usw. sprechen, wenn man Mißverständnisse und Irrtümer vermeiden will. Demgemäß sehe ich im Grazer Paläozoikum wenig Tektonite, nur einiges in Grenzphyllit und Semriacher Sch. (aber auch in letzterem gibt es fast unversehrte Diabase). SANDER wird vielleicht etwas mehr so bezeichnen, aber daß diese Serie zu einem Bewegungshorizont mit Tiefentektonik gehören könnte (74, S. 210), davon darf auch nicht vermutungsweise die Rede sein! Turrach und Murau sind (vielleicht) etwas lebhafter bewegt, mit Tiefentektonik hat auch ihr Gefüge nichts zu tun²⁾. Man sieht, daß es sich da nicht um eine Nuance in Auffassung und Ausdruck handelt, sondern um einen Angelpunkt der alpinen Tektonik!

¹⁾ Absonderung und Textur, nicht aber Struktur und Mineralbestand verändert. HEIM, Geol. der Schweiz I, S. 610/11.

²⁾ Der beiläufigen Angabe in (73): Durchbewegung nachkristallin auch nach Kalzit, stehe ich noch etwas skeptisch gegenüber.

IV. Wechselbeziehung zwischen Tektonik und Stratigraphie.

Im gewöhnlichen „Flözgebirge“ ist die Ausgangslage, die ursprüngliche Folge der Schichtkörper, übereinander nach dem Alter, nebeneinander nach der Fazies, gegeben durch Daten anderer Herkunft (Paläontologie, Ozeanographie usw.), Vergleich mit der heutigen Endlage bestimmt — von etwaigen Lücken im Wissen abgesehen — die Tektonik im Grundsatz hinreichend. Im met. Gebirge fehlen jene fremden Daten und nichts unterbricht den Zirkel, daß aus der Lagerung die Stratigraphie, aus dieser die Tektonik, d. h. also wieder die Lagerung ermittelt wird. Dazu ist die Verfeinerung der Methode eher geeignet, die Verwirrung zu vermehren. Die Schichten sind verknittert, Streichen und Fallen, je mehr man mißt, desto krauser durcheinander (eher gehen noch die Klüfte zusammen), geologisches und geometrisches Bild liegen oft im Streit, Antiklinalen erscheinen als Fächer, oben offen; Synklinalen ebenso, nach unten sich öffnend; die Scharniere sind statt rund spitz, und oft ist an einem solchen Ende nicht zu entscheiden, ob Herausheben, Untertauchen oder Auswulzung vorliegt. Von Verwerfungen und Schubflächen sind nur die allerjüngsten „in flagranti“ zu ertappen, sonst sieht man nur allmählichen Übergang einer Gesteinsserie in die andere, auch bei vermutlich größeren Verstellungen: vielfache Faltung hat die klaren Bewegungsbilder zerstört, die Met. ehemals zusammengehöriges verschieden, nachträglich zusammengebrachtes gleich gemacht. Ohne irgend welche vollkommen willkürliche Annahmen kommt man überhaupt zu keinem Zusammenhang. Man muß das ehrlich zugeben und nur in Zweckmäßigkeit, Wahrscheinlichkeit und Einfachheit die Rechtfertigung der gewählten Hypothese suchen.

STUR sah noch in dem ziemlich isoklinal N. fallenden Schichtpaket von 12—15 km des Sölker Profils von der Enns bis zum Tauernkamm eine einfache stratigraphische Folge. Wir nehmen an, daß die den Sch. verschiedener Met.-Fazies eingeschalteten Züge der Brettsteinserie (Marmore, basische Gesteine usw.) tektonische Wiederholungen derselben Schichtgruppe seien; dann löst sich das Profil auf in eine Reihe von meist S. übergelegten Falten von durchschnittlich 2—3 km Breite. Zwischen dieser Ziffer und der Hälfte schwankt die Mächtigkeit der ganzen Serie, je nachdem inverse Schenkel erhalten oder (was wahrscheinlicher ist) reduziert sind. W. von Zeyring—Pusterwald taucht die Brettsteinserie unter ein weites, sehr ruhig und flach, also wohl wenig gestört und normal gelagertes Gebiet von Granat-Gl.-Sch., also dürfte die große Masse dieser Sch. stratigraphisch über der Brettsteinserie liegen. Die ganze Serie liegt mit Transgressionsverband auf dem alten Gn. der M.; Muster S. vom

Schladminger Kaibling (34, S. 133, Fig. 21): der Wildstellen-Gn. des Grabergzinken geht im Hangend über in einen weißlichen Ser.-Qu., der am Hang in ganz eigenartigen rostigen Scherben aufbricht; und der wird überlagert vom Ph. des Kaibling, in dem gleich in der Scharte ein wenig mächtiger und seitlich bald auskeilender Marmorzug und höher ein mächtiger Grüns.-Zug liegt. Für Intrusion oder Überschiebung liegt gar kein Anhalt vor, die Gesteine im unmittelbaren Hangend sind ganz gleich wie mitten in der Ph.-Zone. Der Qu. ist dann der wieder verfestigte Grus der ausgelaugten Gn.-Festlands oberfläche. Dasselbe Bild bietet der N.-Rand des Seckauer M., wo mit dem Transgressions-Qu. (dem „Plattlquarz“) auch gröber klastisches in Verbindung tritt, VACEKs Rannach-Konglomerat¹⁾. Dieselbe Annahme, daß in weniger gestörten Gebieten und im ganzen überhaupt die Überlagerung häufiger normal als invers ist, ergibt weiter, daß in der Brettsteinserie die marmorreiche Hälfte die Liegende, die basischen Gesteine das Hangende sein dürften (Zeyring—Pusterwald, Gumpeneckzug, Schladminger Kaibling, die Antiklinale, die an der Blaufeldscharte, zwischen Donnersbach und Hintereggbach—Ober-Wölz gegen W. heraustaucht, Gipfeldeckscholle am Melleck, S. von St. Nicolai usw.)²⁾.

Die verschiedene Tracht der Serie (Ph. = Granat-Ph. = Granat-Gl.-Sch.) haben wir bereits als Fazies der Met. erkannt. Es sind aber auch Unterschiede vorhanden, die in Faziesdifferenzen der ursprünglichen Ablagerung begründet sind. Unser Bild wäre etwa folgendes: Die liegenden Sch. wären nur in den Senken abgelagert worden, mit beträchtlicher Einstreuung von Sand von den noch trocken liegenden Massiven. Das könnten u. a. die an Quarzlagen und Knauern reichen Schiefer S.O. vom Knallstein, am Denneck bei St. Nicolai sein, sofern man etwas bestimmteres sagen will; denn

¹⁾ Daß da auch andere Quarzknauernschichten mitlaufen, ist ganz gut möglich; aber die Bezweiflung, daß Konglomerate überhaupt darin vertreten, ist unberechtigt, SCHMIDT ist dabei nicht ganz unbefangen (78, S. 108). Gerade die bemängelten länglich walzenförmigen Gerölle kenne ich aus einem Konglomerat ober Vögel-Alm (Forstau), das ganz wie Rannach-Konglomerat aussieht und nach dem, wie die groben und feinen Lagen in den großen Blöcken wechseln, 1. sicher Schotterablagerung und 2. tektonisch gar nicht zu sehr verändert ist. Ziemlich längliche Gerölle auch aus dem Karbon des Paalgrabens. Anzumerken wäre noch, daß bei Bildung dieser Ser.-Sch. und Qu. der Gn. sicher ausgelaugt, also nicht rein „arid umgearbeitet“ worden sein kann, wie SCHMIDT meint (vgl. dazu auch S. 49).

²⁾ Im Almhauszug (2), (3) scheint allerdings das Verhältnis Marmor—Amphibolit umgekehrt zu sein. Mit einem Urteil über dieses komplizierte Gebiet möchte ich noch zurückhalten. Bei Anger, Oststeiermark, liegt der Amphibolit wieder überm Marmor. Am S.W.-Rand des Seckauer M. scheint der Amphibolit unter den Gn. einzufallen (34, S. 138, Fig. 25); ganz junge Aufschiebung an der Pölslinie, dokumentiert durch nachkristalline Kataklase. Granatporphyroblasten, sonst in den Tauern tadellos, gelegentlich ganz zerrieben!

unterscheiden kann man in den Isoklinen untere und obere Sch. nicht und außerdem legt die Art, wie die Brettsteinsynklinen zugeklappt sind, sowie die Deckfalte von Denneck—Melleck den Verdacht nahe, daß gerade über dieser inhomogenen Basis (Gn.-Klötze mit Sch.-Mulden dazwischen) schon die nächste Faltung das darüber transgredierende Stockwerk abgelöst hätte, daß also in viele Falten die unteren Sch., obwohl im Liegenden vorhanden, doch nicht einbezogen worden wären. Nach und nach stieg die Flut an den M. empor und mit ihr das transgredierende Sediment, die vergroste Gneisoberfläche (den späteren Quarzitmantel) überdeckend. Mit dem Horizont des Brettsteinmarmors war die Höhe noch nicht völlig erreicht; denn fern von den M. trifft man ihn in Lagern von 60, 100 und mehr m, gegen die M. keilen die geringmächtigen Lager aus (Fohnsdorf N., Oppenberg, Schladminger Thörl, Süßleiteckzug S. von Nicolai, Schladminger Kaibling), sei es, daß Abschwemmung im M. (Quarzitbänke gerade in diesen Sch. nicht selten, Möderbruck, St. Nicolai, übrigens auch Stubalm—Salla) den Kalkabsatz behindert, oder daß das M. langsamer als die Umgebung untersank (wofür spricht, daß in dem dünnen Kalkzug am Schladminger Kaibling mehrere Arten: Bändermarmor, rein weißer und mit Rostanflug vertreten sind). Die nun darüber folgenden Amphibolite, Grüns. usw. werden im Gegenteil gegen die M. zu eher mächtiger (S.W.-Rand des Seckauer M., S.-Abhang der Schladminger Tauern, Giglachsee usw., wohl manchmal bis 1000 m und mehr), leicht verständlich, wenn die Vulkane, deren Laven und Tuffe ihren Stoff geliefert haben, sich an die M. anschlossen (Schladminger „Dioritgesteine“?). Über den nunmehr ziemlich vollkommen eingeebneten Grund legten sich als Meeresabsatz ruhig und gleichmäßig etliche Tausend Meter obere Sch., wie sie heute noch den größten Teil der Berge O. von Radstadt aufbauen.

Hier können wir näher auf das Problem der Radstädter Ser.-Sch. und Qu. eingehen. Auch sie sind örtlich an die M. geknüpft und zwar an den Raum zwischen Hochalm-, Schladminger, Bundschuh-M. An Abkunft von sauren Eruptiven könnte nur bei wenigen gedacht werden, für viele dagegen ist fein- oder grobklastischer Ursprung nachweisbar¹⁾. Die große Mächtigkeit (im Grat O. von Preunegg hat die isoklinale Folge 7000 m, die einfache Serie doch wohl um 2000 m) wäre unschwer dahin zu deuten, daß der Detritus der M. eben in dem zur Senke prädestinierten Zwischenraum in großen Massen aufgehäuft wurde. Die Ser.-Sch. und Qu. stehen mit Grüns. und Hornblendegesteinen in Verbindung und sind von den Ph. des Pongau schwer zu trennen. Die einfachste Deutung ihrer Beziehungen zum Schladminger M., in das sie finger-

¹⁾ Konglomerat in der Forstau s. oben S. 46, an der Tauernstraße UHLIG, Sitzber. Ak. 115 I, 1906, S. 28; OHNESORGE (74).

Tabelle A.

Radstädter Tauern	Schladming Unter-Tal	Außer-Sölk	Donnersbachau — Plannerhütte	Liesing — Palten-Tal	Inner-Sölk	Möderbruck — Zeyring
Mesozoikum	—	—	—	Paläozoikum	—	—
Ser.-Sch., Qu. Kongl.	Ennstal-Ph.	Ennstal-Ph.	Granat-Ph.	„Quarz-Ph.“	Granat-Gl.-Sch.	Granat-Gl.-Sch.
Grünsch. \times Seekar	Grünsch.	Grünsch. \times Walchen	Hornblende-Garbensch.	Grünsch. \times Kallw.	Granat-Amph. Hansen-A. \times	Amphibolit \times Fuchsgr.
?	Marmor 5 m Ph. Schiefer-Gn. der Wildst. u. Granit I	Marmor 150 m Gumpeneck	Marmor Totenkar	Rannach-Kongl. Plattl.-Qu.	Marmor Granat-Qu.	Marmor Qu.
		Granat-Ph.	Granat-Gl.-Sch.	Schiefer-Gn. d. Seckauer u. Granit I	Granat-Gl.-Sch.	Granat-Gl.-Sch.

förmig, bis Klaffer und Preinthalershütte (und über Lessach fast bis zum Prebersee [19], [4], [34], [94]?) eingreifen, ist Transgression von W. her auf dem Gn. und nachträgliche Verfaltung von M. und Sedi-menthülle. Andererseits ist jüngerer Granit wahrscheinlich auch in die Ser.-Sch. eingedrungen (vgl. S. 38). All dies spricht für Gleichstellung mit den Sch. über der Brettsteinserie (das Stockwerk unter dieser ist vielleicht gar nicht in die Radstädter Falten einbezogen worden). Die extreme Faziesausbildung läßt sich da noch am leichtesten erklären (Schuttanhäufung in einer trockenen Binnensenke). Für keine der jüngeren Formationen (Paläozoikum bis Trias) sind etliche Tausend Meter weißer Sandstein an dieser Stelle in die rundum bekannten Schichtkomplexe gut einzufügen. Das Bild, zu dem die bekannten Tatsachen hier zusammengestellt wurden, dürfte dasjenige sein, das in Tektonik und Stratigraphie die wenigsten Verwicklungen zeigt: damit muß man sich vorläufig begnügen.

Wohlverstanden, es soll hier nur zwischen den zwei bestimmten Schiefermassen, die benachbart W. und N. vom Schladminger M. liegen, eine wirkliche Parallelisierung vorgeschlagen werden. Weitere Ähnlichkeitsbeziehungen, mit Kitzbühler Grauwacken (OHNESORGE) mit Qu. des Semmering, der Karpathen usw. sind zur Beurteilung der Fazies von großem Wert, mit weiteren Schlüssen muß man sehr vorsichtig sein. Wo Granit und Gn. aufgearbeitet wird, ist in vielen Fällen der stoffliche Bestand der Ser.-Sch. und Qu. gegeben und bei Diagenese bzw. Met. oberster Tiefenstufe muß ein den Radstädtern ähnliches Gestein entstehen; bezeichnend also für Erosionsdiskordanz über den alten Gn.-M., aber kaum Leitgestein für eine bestimmte geologische Stufe.

Ein lehrreiches Beispiel liefert das viel genannte (und verkannte) Turracher Gebiet (vulgo Stang-Alpe). Grundgebirge: hochkristalline Granat-Gl.-Sch. (mit Marmor und Granat-Amphibolitlügen), ganz wie die inneren Sölker und Wölzer Tauern (SANDER vergleicht sie den Hochfeiler-Sch.), zu oberst¹⁾ ein weißlicher plattiger Quarzit und die Eisengruben Steingraben W., Rohrerwald O. von Turrach (die gleichen Lagerstätten offenbar auch W. davon in Innerkrems). Ein Ser.-Sch. oder Qu. kann schließlich auch rein durch Dynamomet. entstehen, aber nur in der Oxydationszone wird ein Pyritlager so durch und durch Brauneisenmulm wie die Turracher. Das stützt unsere Auffassung der Qu. als Transgressionsbildung aufs erwünschteste. Darüber liegt eine Serie ganz wie Paläozoikum der Grauwackenzone, halbkristalline Ph. (ganz wie „Semriacher Sch.“); Grünsch. und erzführender Kalk, auch ganz mit derselben Mineralisation: Sulfide (Hg!), Magnesit, Siderit (also ein zweiter Typus von Eisenlager, was das Verständnis erschwert hat!) Darüber, wahrscheinlich abermals mit leichter Diskordanztransgression, das „Karbon der Stang-Alpe“. Das ganze ist als oberes Faltenstockwerk vom Grundgebirge gelöst und W.-wärts auf den dem Bundschuh-M. (sowohl dem Granit-Gn. als den Katschberg-Ser.-Sch. als dem Granat-Gl.-Sch.) aufgelagerten Dolomit- und Kalkzug Innerkrems—St. Oswald—Wöllauer Nock aufgeschoben, den schon die Manuskriptkarte der Reichsanstalt (PETERS?) vom erzführenden Kalk unter-

¹⁾ SCHMIDT (78, S. 102) sagt, daß „auf dem Gl.-Sch. eine schwächere Platte eines Ortho-Gn. liegt“; an der Turracher Straße sind zwei Gn.-Lager — wie mir schien, primär — in die oberen Sch. eingeschaltet. Ähnliche Lager gibt es in diesem Streichen wohl mehr (z. B. Paalgraben), daß sie wirklich von Innerkrems bis zum Paalgraben geschlossen zusammenhängen, kann niemand beschwören (Waldgebirge, sehr schlecht aufgeschlossen).

schieden hat und der nach HOLDHAUS' Fossilfund (35) Trias ist. Förderweite der Überschiebung wahrscheinlich nicht groß. All die angeführten Gesteinsgruppen sind in Handstück und im Feld verlässlich zu trennen: entgegen den bisher gegebenen Beschreibungen (besonders übel HUMPHREY [36], durch den SANDER [71, S. 47] irreführt worden). Zwischen Grundgebirge und Paläozoikum besteht ein scharfer Hiatus in der Met. (ganz derselbe wie bei Graz usw.); vielleicht auch ein kleiner Sprung zwischen Altpaläozoikum und Karbon; denn vielfach sind die grauen Sandsteine und Konglomerate überraschend schwach verkittet, auch die schwarzen (pflanzenführenden) und roten (Perm?) Sch. in der Diagenese wenig vorgeschritten. Fazies stimmt übrigens zu den sonstigen sicher paläozoischen Vorkommnissen ringsum ausgezeichnet, mit dem, was man manchmal metamorphes Permo-Karbon zu nennen beliebt, gibt es allerdings wenig Berührungspunkte. Es ist ein Rückschritt gegen die Alten, wenn Turrach in Stratigraphie oder Tektonik mit der kristallinen Zentralzone vermennt wird.

Der Quarzit von Turrach ist also der Entstehung nach ganz gleich denen vom Schladminger Kaibling—Rannachgraben usw., aber höchstwahrscheinlich nicht gleich alt. Noch weniger Bestimmtes kann man über die Quarzite der Grauwackenzone sagen, in der tektonisch durcheinandergemischt Mesozoikum, Jung-, Altpaläozoikum und auch zweifelloses Altkristallin (HERITSCH [34, S. 169—170], STINY [88]), abgesehen von dem „Qu.-Ph.“, den ich in der Hauptsache hier auch am ehesten dem Ennstaler Ph. gleichstellen möchte, und der auch von den Karbonschiefern abtrennbar ist (SPENGLER, Jb. 1920, S. 239), dann kann ganz gut dieser Ph. älter als manche, vielleicht viele Qu. (Kitzbühler Grauwacken) sein, ohne daß wir in das OHNESORGESCHE Paradoxon verfallen müssen, den Ph. als tiefstes Grundgebirge anzusehen.

V. Alter und Folge der Ereignisse.

In den Sedimenten, die in verschiedener Fazies der Met. die Niedern Tauern aufbauen, met. Mesozoikum zu sehen, ist ausgeschlossen. Auch im Paläozoikum ist eine derartige Schichtfolge nicht bekannt, aber es ließen sich eher Faziesübergänge zum sicher bezeugten erdenken. Dagegen spricht der zwar geringe, aber konstante stoffliche Unterschied, der in den verschiedenen Lagerstättentypen von Grauwackenzone und Brettsteinzügen zum Ausdruck kommt. Für höheres Alter als Paläozoikum spricht die Diskordanz (Graz, Murau—Neumarkt, Turrach), darin nicht selten Transgressions-Qu. oder Konglomerat (Turrach—Paal, Grazer Grenz-Ph.), und der Hiatus in der Met.: Paläozoikum höchstens halbkristallin, Tracht der obersten Tiefenstufe, liegt auf hochkristallinen Sch. mit Granat, Disthen, Staurolith, Sillimannit. Schließlich zeigen die jüngeren Granite unserer M. samt ihrem Gefolge von Apliten und Pegmatiten nie Quergriffe und Primärkontakte mit sicherem Paläozoikum — auch dort nicht, wo man es erwarten müßte, wo Paläozoikum über stark injizierten Schiefer, Marmor, Amphiboliten der fraglichen Serie liegt (zwischen Radegund und Köflach, zwischen Ober-Wölz und Unzmarkt, O.-Rand der Neumarkter Mulde, auch Turrach).

Die in beiden Tabellen vorgeschlagene Altersfolge erklärt auf einfache Weise alle diese mannigfachen Beziehungen. Wären die kri-

stallinen Sch. der Niedern Tauern met. Paläozoikum, so wäre ein recht verwickelter Deckenmechanismus zu ersinnen. Allerdings ist gelegentlich das Paläozoikum tektonisch vom Untergrund gelöst; aber derartige Auflösung in Faltenstockwerke durch differentielle Bewegung mächtiger Kalkmassen oder Schiefer kommt nicht bloß an der Basis des Paläozoikums vor (Graz O., Turrach usw.), sondern fast allgemein (so mitten im Grazer Paläozoikum, im Mesozoikum der Ostalpen usw.) und beweist durchaus keine Fernüberschiebung. Beispiel Turrach, dessen Paläozoikum trotz Ablösung noch auf seiner alten Transgressionsfläche liegt (Bildung einer „Abscherungsdecke“ ohne große Förderweite). Bei gesteigertem Deckenbau sollte übrigens nach dem Prinzip der „moravischen Fenster“ häufig hochmetamorphes Paläozoikum auf dem nicht oder wenig met. liegen. Aber O. von Radstadt—Katschberg kommt ein Fall, der derart zu deuten wäre, kaum vor.

Ähnliche Gesteinsvergesellschaftung ist auch sonst nicht selten; im alpinen und außeralpinen Grundgebirge gibts die schmalen Bänder mit Marmor, Amphibolit, Quarzit und Graphit, zwischen den weiten Flächen einförmiger Gn. und Gl.-Sch. Tauern-Schieferhülle (und Marmorzüge an der Drau)—Schneeberger Zug—Laaser Schichten und Tonale—Ivreazone schlagen eine Brücke über die ganze Länge der Alpen von Steiermark bis ins Tessin und Piemont, und die Brettsteinzüge, die nordwärts unter die Kalkalpen tauchen, erscheinen drüben reicher und breiter zwischen den moldanubischen „Batholithen“ (BECKES mittlere Gn.-Stufe, vgl. auch F. E. SUESS, Denk. Ak. 88). Abgesehen von ferneren Parallelen (Schottland, Fennoskandia usw.) sei hier nur auf KOSSMATS „Mitteilungen über den geologischen Bau von Mittelmazedonien“ (Ber. Ges. d. Wiss. Leipzig 70, 1918) hingewiesen; liest sich ganz wie ein Aufnahmebericht aus Steiermark—Kärnten! Leider ist bis jetzt keins dieser Vorkommnisse genauer datiert. Das zeitlich und örtlich nächstdatierte Vergleichsobjekt wäre das Algonkium von Inner-Böhmen (vgl. R. KETTNER, Geol. Rdsch. VIII, 1917, S. 167). Gemeinsam: Dreiteilung der Sch.-Masse, mittlere Stufe durch basische Eruptiva und sulfidische Erze ausgezeichnet, und Abschluß durch große Faltungsperiode. Wir hätten also:

Mit Beginn Algonkium waren die alten M. (Schiefer-Gn. und Granit I) Kerne festen Landes, z. T. vielleicht als Härtlinge herauspräpariert, z. T. sicher auch als Räume eigener Hebungstendenz. Ihr Schutt füllte die Senken. Mit der Brettsteinserie (zuerst Kalk, dann basische Laven und Tuffe) begann das Meer zu transgredieren und zuletzt deckten mächtige Tone und Sande das ganze. Die spätalgonkische Faltung erneuerte das Gebirge: wieder hoben sich die M. als Kerne heraus, umrandet von Faltenzügen aus den Geosynklinalsedimenten. Die Faltung war heftig, Gebirge alpinen Typus; erhalten ist wenig mehr als die Spuren der tiefgreifenden Synklinen,

die Brettsteinzüge (Verteilung s. S. 35). Manche Komplikation ist wohl durch spätere Umfaltung hineingebracht worden (so die meisten Fächer), ursprünglich dürfte die Trennung in ein oberes und unteres Faltenstockwerk sein: wir treffen in der Höhe z. B. auf den Graten der Sölker Tauern freiere Entwicklung, weit ausladende Falten, sogar Deckschollen, gegen das Tal zu verschwimmen diese Formen in Iso-klinalen und Fächer von geringem Öffnungswinkel¹⁾. Vermutlich schlossen sich die jüngeren Granite (mit Apliten, Pegmatiten usw.) unmittelbar an jene Gebirgsbildung an. Darauf Abtragung, vielleicht noch durchs Kambrium Festlandsrumpf. Zu Beginn Paläozoikum waren die Gesteine des Algonkiums durch die verschiedenen Kontakt-, Regional-, Dislokations-Met. großenteils schon die gleichen Gn. und Sch. wie heute und die geologische Karte unseres Kristallin war auch schon in den Hauptzügen fertig gezeichnet.

Altpaläozoikum ruhig; denn die Sedimente der Ostalpen sind Korallen—Brachiopoden—Cephalopodenkalk, Kieselsch., Tonsch., nur selten Sandstein. Auch der Vulkanismus wandert nach außen, an (Serpentine) und außer (Diabase) dem Rand der von den Gn.-M. umpflockten Scholle des innersteirischen Kristallin. Auch im Jungpaläozoikum trat Faltung alpinen Typs höchstens an den Rand der steirischen Schollen; innerhalb derselben herrschte eine Art vergrößerter Juratypus; die M. stiegen in Form von Kofferfalten empor, dazwischen breite Becken, deren paläozoische Auffüllung wegen ihrer Tiefenlage der Erosion entgangen ist. Stets unterteuft das Kristallin diese Beckenfüllungen mit scharfer Flexur: so sinken die Niedern Tauern beiderseits an W.-O. streichender Flexur ab, unters Murauer Becken an der Talung Ob.-Wölz—Krakau und unter die Grauwackenzone längs Enns—Palten—Liesing (was der „Nordsteirische Gn.-Bogen“ längs Mur—März nördlich fallend fortsetzt). Überhaupt ist das Paläozoikum von Graz, von Murau, von Turrach größtenteils derart eingesenkt, mit mächtiger Flexur taucht die Saualpe unters Kärntner Becken, wahrscheinlich auch die Seetaler Alpen unter die Neumarkter Mulde. Ganz ohne Bruch ging es dabei nicht ab (Eruptionsspalte

¹⁾ Freiere Faltung in Gipfelhöhe ist auch sonst schon beobachtet (Aarmassiv, HEIM, Geol. d. Schweiz, II, S. 128, 134; MORGENTHALER, Eclogae XV). Daraus folgt, daß die damalige Gebirgsoberfläche nicht so hoch oben war, wie man manchmal annimmt — ich schätze die Mächtigkeit des obersten Stockwerkes der freien Falten auf etwa das 2—3fache der vollständigen Schichtfolge, so daß über den Gipfeln der Sölker Tauern 6000—8000 m algonkisches Gebirge abgetragen worden wären — und daß ihre Lage der heutigen grob genähert parallel war; denn sonst wäre jene Abhängigkeit niemand in die Augen gefallen. (Gleiches Ergebnis wie aus KOENIGSBERGERS interessanter Beobachtung, daß im Aarmassiv Rauchquarze nur von gewisser Meereshöhe aufwärts vorkommen, N. Jb., Beil.-Bd. XIV, 1901.) Der Tektoniker wird gut tun, das „et renovabitur facies terrae“ weniger als künstlerische Neuschöpfung aufzufassen, sondern als stetige, ganz langsame Umbildung.

Tabelle B.

Diluvium	Moränen, Schotter, Intergl. Kohlen			
	Schotter / Erosion	+		
Neogen	Stüßwassersch., Braunkohlen	?	Alpine Faltung (mehrere Phasen)	Trachyt, Basalt O.-Steierm.
	Erosion	?		Andesit S.-Steierm.
Paläogen	Nummulitenkalk			
	Gosau Sdst., Mergel			
Kreide	Lücke / Erosion			
	Brach., Nerineenkalk usw. (Emersion)	+		
Jura				
Trias	Riffkalk u. Dolomit (lagunär) Haselgebirge			
Perm	Verrucano Kongl. Graphit-Sch.			
	Qu. (?), Kongl. d. Sunk.			
Karbon	Lücke / Erosion		Variszische Faltung	Porphyroide?
	Korallenkalk Tonsch., Grünsch., Sandst.			Diabas, Peridotit?
Devon				
Silur	Erzf. Kalk (Fe, Mg) Tonsch. Qu.			
	Lücke / Erosion		Faltung der Brettstein-Z.	Granit II (Apl., Pegm.)
Kambrium				
	Ph. = Granat-Ph. = Granat-Gl.-Sch. Grünsch. = Garbensch. = Amphibolit = Granat-A. Marmor Gl.-Sch.			Schladminger Dioritgest. (?)
Algonkium	Qu., Rannach-Kongl.			
	Altes M. (Schiefer-Gn.)	Erosion	Hebung der M.	Granit I

des Schladminger Porphyroides W.-O. parallel der Ennstalflexur); das Paläozoikum in den Mulden ist dabei mäßig gefaltet worden, meist als gesondertes Faltenstockwerk.

Das Mesozoikum war Ruhezeit, Flachsee oder flaches Festland, auch die ersten Phasen der Alpenfaltung brachten langsame Hebungen, aber keine Faltungen, sonst müßten doch von Gosau und Alttertiär irgendwo eingefaltete Reste zeugen (Gosauschuppen nur bei Frohnleiten—Mixnitz am Murdurchbruch bekannt). Das Miozän („Süßwasserschichten“ mit Braunkohlen) ist ähnlich wie früher das Paläozoikum in flachen Senkungszone erhalten: Ennstal, „norisches Längstal“ vom Lungau zum Semmering; Grazer, Kärntner Becken usw. Gebirgsformen brachten erst die jüngsten Faltungsphasen wieder. Hierher die O. → W.-Aufschiebung an der Pölslinie (Irdning—Oppenberg—Fohnsdorf—Knittelfeld) und der im Staffel anschließenden Obdacher (HERITSCH [3]), desgleichen am Katschberg und am W.-Rand des Turracher Paläozoikums. (Auch das von Paal, Murau, Grebenze scheinen am W.-Rand derart gelüftet. Diesen submeridionalen Überschiebungsflächen [Pöls—Lavant NNW.—SSO., Katschberg NNO.—SSW.] sind im Sölker Gebiet saigere, W.-O. streichende Verwerfungen oder Blattverschiebungen, kenntlich, wo sie Kalk- und Amphibolitzüge abschneiden [Schimpelhütten, Hohensee, Seekarschartel, Gumpeneck], aber auch manchmal als frischer, messerscharfer Schnitt im einheitlichen Sch. [N.-Grat des Kl. Knallstein, ebenso N. des Spateck]). Auch die Kalkspitzfalte wird im N. (Ursprungalm) von einer Verwerfung dieser Schar abgeschnitten. An der Mur bei Unzmarkt scheinen ebenfalls junge O.-W. streichende Störungen vorzuliegen und längs der Mürz solche in ONO. (STINY, Centr. 1922, S. 49), die jungen Verwerfungen im Grazer Becken gehen dagegen quer, mit der Pölslinie, NNW.—SSO. (vgl. WINKLER, Mitt. Wien, 1914, S. 256). Hand in Hand mit der Faltung geht Hebung und Senkung großer Schollen, wie immer ein wesentlicher, vielleicht der Hauptteil des tektonischen Vorganges: in den Hauptzügen Fortsetzung der älteren Bewegungstendenzen, die Gebirgskerne steigen weiter, die großen Längstäler (Enns, Mur—Mürz) und Becken (Klagenfurt, Graz, Wien) sinken.

VI. Die aufeinander folgenden alten Baupläne der Alpen.

Für diese erste Übersicht wollen wir nur zwei Scharen von Großfalten¹⁾ unterscheiden, die eine (A) im Alpenstreichen, in unserem Gebiet W.—O., die andere quer zum Alpenbogen (I., II. usw.), hier

¹⁾ Mit Großfalte sei ein Gebirgszug bezeichnet, einzig mit Bezug auf seine Heraushebung durch Faltung (Orogenese), ohne Eingehen auf feinere tektonische Struktur, sei diese nun nicht bekannt (Tropen, Gebirge älterer Faltungsären) oder für das Problem nicht nötig. Entspricht vielleicht nicht ABENDANONS Absicht, wohl aber seinen Beispielen, soweit ich sie kontrollieren kann.

NW.—SO. bis NNW.—SSO. Von kleinerem, wie etwa dem spitzen Winkel, mit dem Ennstalflexur und altes Streichen gegen O. auseinandergehen, sehen wir vorläufig ab.

Die östlichste Großfalte der Querschar (I. Böhmisches Masse—Steirische M.—Agram—Rhodope) hatte in N.-Steier eine schwächende Komplikation. Scharfer Gegensatz: N. der Donau riesige M., hier zahlreiche, aber kleine Kerne. Im W. wird die Lücke einigermaßen durch den nächsten Parallelstaffel gedeckt (II. Silvretta—Oetztal—Asta—Adriatis). Faltenablösung? Die Rolle der Hohen Tauern, die leitersprossenartig I. und II. verbinden, ist schwer zu deuten. Es führt übrigens von II. zu III. (Schwarzwald—Aar-M.—Tessiner M.) eine ähnliche Verbindungssprosse. Schon hier also scheint der Alpenbogen vorgezeichnet („atlantische“ Querabbeugung des Kontinentalrandes zur werdenden Tethys?). Von den algonkischen Geosynklinalen wissen wir eben leider herzlich wenig. Nun schließlich waren sie vollgefüllt und wurden aufgestaut. Ihre Falten (Brettsteinzüge) umgürten die M.; z. T. folgen sie noch der Querrichtung hinleitend zur Böhmisches Masse (Brettstein NW., Anger—Birkfeld [O.-Steierm.] S.—N., eine Abzweigung gegen NNO. bestand damals wahrscheinlich noch nicht), die größere Zahl aber der Schar A (Bogen Steiermark—Ivrea s. S. 35, 51).

So wenig wir auch von den paläozoischen Geosynklinalen sicheres wissen, so erkennt man doch deutlich ein Wiederhervortreten der Querachsen in der Zeit der Ruhe und Sedimentation. In den Alpen ist II., das das W.-Drängen des Meeres aufhält, im N. tritt die Grenze dann auf I. zurück. Die Faltung betont dagegen auch in der variszischen Ära wieder die Bogenschar (A): Grauwackenzone und karnische Hauptkette, Faltenstränge von alpiner Art und Intensität (dürften in ihrer Fortsetzung gegen den Brenner konvergieren). Im Innersteirischen waren die M. schon ziemlich gut verschweißt und bewegen sich in größeren zusammenhängenden Streifen und Zonen. Meist folgen die Flexuren und Verwerfungen auch der Schar A, nur stellenweise (Neumarkt, Graz) der Querschar.

Die Geosynklinalen des Mesozoikum—Alttertiär sind ihrer Hauptausdehnung nach natürlich die späteren Kalkalpen, also in A; in Gliederung und Faziesverteilung schlägt jedoch auch hier noch die Querrichtung vielfach durch. So der Aargau = Aar-M.-Rücken (III.) von Lias bis Eozän¹⁾, II. in der Gabelung der lombardischen Geosynklinale gegen Lienz und N.-Tirol, von I. sind große Stücke wohl stets als Insel über Wasser geblieben, als Richtung von Faziesgrenzen tritt es eigentlich am wenigsten hervor, hierher höchstens das Umschwenken der Aflenzer Fazies ums Ostende der Veitsch (SPENGLER,

¹⁾ Vgl. W. DEECKE, Z. Deutsche Geol. Ges. 1917, M.-B. 44; läßt sich übrigens auch aus den stratigraphischen Tabellen und Karten ablesen in A. HEIM, Geol. d. Schweiz I, S. 487 ff., Fig. 78, Taf. XIX, S. 502, 506, und II. die zwei Faziestabellen, wenn man die etwas bizarre Reihenfolge, besonders bei der des „Eogen“, sich wieder zurechtrückt!

Jb. 1919, S. 254). Der alpinen Faltung stand das steirische Kristallin als zusammenhängender Block gegenüber, der gehoben, aber nicht mehr viel deformiert wurde. Die Hauptverstellungen folgen den großen Längstälern Enns, Mur—Mürz, Drau, also A; gerade in einer der letzten Phasen wacht die alte Querschar wieder auf (Pöls—Lavant, Katschberg, Graz, s. S. 54), die ja auch Leitlinie für den abzweigenden Dinaridenbogen geworden ist.

Der Bauplan der Alpen gleicht somit einem Palimpsest mit mehreren Texten übereinander geschrieben, kein Wunder, daß er schwer zu lesen ist. Die neue Schrift stammt jedesmal von den Gebirgsbildungen, in den Ruhezeiten dazwischen beginnen die alten Züge wieder durchzuschlagen — allerdings jedesmal schwächer. Demgemäß halte ich die Querschar für die ältere; natürlich in ihrer ursprünglichen Anlage, posthum reaktivierte Störungen können in jedem Altersverhältnis stehen¹⁾, speziell solche von I. und II. gehören ja zu den allerjüngsten! Je nachdem die Leitlinien parallel gehen oder einander kreuzen, fällt das Bild mehrfach gefalteten Gebirges aus: Kreuzung zweier Faltungen bringt tektonische Verwicklungen: Abbrechen im Streichen, Querschollen, sigmoidale Riebeln, Pseudofenster usw., mehrmalige konkordante Faltung Unordnung in die Stratigraphie (permutiert die Serien). Im W. der Alpen scheinen alle Leitlinien ungefähr parallel zu gehen, der Bau scheint einheitlich, wie aus einem Gusse und man hat mißverständlich alle so altersverschiedenen tektonischen Vorgänge zu einem Mechanismus zusammengesogen. Am S.-Rand der Alpen und längs der Tauern liegen wenigstens alle drei Faltungen parallel in A; N.-Schweiz, d. i. Aar- und Silvretta-M. zwei Faltungen in A, wahrscheinlich die jüngsten, die Querscharrelikte halte ich für algonkisch; gegen den Brenner Höhepunkt der Verwicklung, mehrfache Überkreuzung (Querstrukturrelikte vgl. 74). Im Steirischen war die algonkische Faltung z. T. parallel I., z. T. allerdings schon in A, variszische und alpine Faltung sind darüber gegangen meist in A, doch auch mit Wiederbelebung der älteren Richtung, beide aber schwach, so daß hier die alte Struktur am besten erhalten geblieben und das Grundgebirge am leichtesten aufzulösen ist.

Als ich 1914 die Frage nach dem variszischen Anteil der Ostalpen aufwarf (80) — wie mir scheint, als erster; denn mehr als vague Andeutungen, es möchten solche existieren (ED. SUESS), waren bis dahin nicht geäußert und selbst die waren damals ziemlich außer Kurs gesetzt —, hatte ich mir die Verwicklung nicht so arg vorgestellt, die damalige Skizze ist daher in manchem zu verbessern, manches kann vielleicht nicht so bestimmt ausgesprochen werden, für einen ersten Versuch ist, glaube ich, genug geglückt.

¹⁾ Damit löst sich auch der Widerspruch gegen DEECKE, der A für älter hält (a. a. O. S. 62).

(Schluß folgt.)

III. Bücher- und Zeitschriftenschau.

Die Mythen, die altbekannten „widerhaarigen Kolosse“ unter den Klippen der Nordschweiz, haben eine eingehende Untersuchung und Darstellung von G. L. SMIT SIBINGA erfahren (Die Klippen der Mythen und Rotenfluh. Hannover, Gebr. Jänecke, 1921). Mehrere neue Funde haben es dem Verf. ermöglicht, eine recht befriedigende Erklärung der anscheinend so schwer zu entziffernden Lageverhältnisse, im besondern der Beziehungen zwischen der großen und kleinen Mythe zu geben. Nach ihm sind beide aus einer einheitlichen, von der Rotenfluh verschiedenen Scholle hervorgegangen, die durch Verschiebung in ein südliches und nördliches Stück geteilt wurde. Das südliche (große Mythe) wurde unter das nördliche (kleine Mythe) gedrückt, dann erfuhren beide eine starke Zusammenfaltung, wobei die südliche auf die nördliche übergepreßt und letztere steil aufgerichtet wurde. Durch Erosion ist sodann der heutige Zustand herauspräpariert worden. Im einzelnen ergeben sich mehrfach Abweichungen von den Darstellungen HEIMS in der Geologie der Schweiz. Eine geologische Karte 1:10 000, eine Serie bunter Profile und zwei Fliegeraufnahmen machen dem Leser alle Einzelheiten verständlich. Die Arbeit ist eine Züricher Doktorschrift. St.

GEORG THOMS, **Einführung in die Geologie Nordwestdeutschlands**. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart 1922. 72 S. mit 25 Textfiguren.

Das Buch ist nicht eine regionale Geologie von Nordwestdeutschland, sondern eine Einführung in die allgemeine und historische Geologie unter Hervorhebung von Beispielen für geologische Erscheinungen aus dem Nordwesten Deutschlands. So wird bei der

Verwitterung die Verwitterung des Marschenbodens und des Geschiebemergels, bei der Küstenbildung die Kliffküste von Helgoland und die Flachküste der Nordsee ausführlicher behandelt. Es wird manches gebracht, was in den Rahmen des Buches durchaus nicht hinein gehört: ein Kapitel über die Erdbeben, ein Bild eines Eifelmaars. Die Karte der Urstromtäler (Abb. 6) ist sehr ungenau. Der Verfasser ist Monoglazialist. Mancher Satz ist angreifbar: Der Wind soll bei der Talbildung eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen, die Schreibkreide wird als ein aus zerfallenen organischen Kalkresten entstandenes Pulver definiert, die Salzstöcke Norddeutschlands sollen durch miozäne Krustenbewegungen als Sattel aufgefaltet, das Fließen des Eises soll die Folge einer durch den Druck des auf ihm lastenden Firnfeldes erfolgten Erweichung sein, die Tiefsee rechnet der Verfasser von 200 m ab. Daß der Verfasser auch die WEGENERSche Hypothese der Kontinentalverschiebungen für bare Münze ausgibt, nimmt kaum wunder. Wertvoll sind in dem Buche nur die Angaben über lokale geologische Verhältnisse im Großherzogtum Oldenburg, an der Nordseeküste usw. WCKS.

OTTO JESSEN, **Die Verlegungen der Flußmündungen und Gezeitentiefs an der festländischen Nordseeküste in jungalluvialer Zeit**. Stuttgart, Verlag von Ferd. Enke, 1922. 181 S., 29 Abbild.

Die Mündungen sämtlicher größeren Zuflüsse der Nordsee, von der Eider im Norden bis zur Schelde im Süden, sind in jungalluvialer, d. h. in historischer Zeit und nach Beginn unserer Zeitrechnung nach links verlegt worden. Dieser Vorgang hat sich

haltig anerkennen, da es auch sonst noch mannigfache fossile Sedimenttypen gibt, deren rezente Analoga uns einstweilen unbekannt sind bzw. deren Bildung unter den heutigen klimatischen Verhältnissen nicht mehr erfolgt. Jüngere als paläozoische und den Kramenzelkalken prinzipiell vergleichbare Gesteine sind gegenwärtig wohl nur noch aus dem Mesozoikum bekannt, wie etwa gewisse Plänersedimente der norddeutschen oberen Kreide, manche Spongienkalke des süddeutschen Malm¹⁾, der jurassische Ammonitico rosso, die Knollenkalke des leukadischen oberen Lias²⁾ und die ladinischen Knollenkalke der alpinen Trias, für deren Erklärung übrigens M. HORN³⁾ in Ablehnung der BORN'schen Deutung ebenfalls eine syngenetische Entstehung annimmt.

Im übrigen stimme ich mit H. SCHMIDT gut überein⁴⁾, insbesondere in seinen Feststellungen, daß die Kramenzelstruktur nicht erst durch die Faltung entstanden sein, sondern bei deren Einsetzen bereits fertig ausgebildet gewesen sein muß, und ferner, daß in seinem Warsteiner Untersuchungsgebiete niemals von Tonfasern durchquerte Goniatiten zur Beobachtung kamen. So also gelangt H. SCHMIDT, wenigstens für seinen Fall, ebenfalls zu einer vollen Ablehnung von A. BORN'S Auffassung der Kramenzelkalkbildung.

¹⁾ Nach einem gültigen Hinweis von Herrn Geheimrat DEECKE (Freiburg).

²⁾ C. RENZ, Geologische Exkursionen auf der Insel Leukas (Santa Maura). Zeitschr. D. Geol. Ges. 63, 1911, briefl. Mitt., S. 280.

³⁾ M. HORN, Über die ladinische Knollenkalk-Stufe der Südalpen. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur, 1914, S. 76.

⁴⁾ (währ. d. Korr.) und ebenso mit W. PAECKELMANN, der sich neuerdings (Jb. L.-A. XLI, II, 1, 1920 [1921], S. 92) gleichfalls dahin ausspricht, „daß die Annahmen A. BORN'S über die Entstehung der Kramenzelkalke unhaltbar“ sind.

II. Besprechungen.

Die Niedern Tauern.

Bisherige Ergebnisse; Aufgaben und Ausblicke der geologischen Erforschung.

Von Robert Schwinner (Graz).

(Schluß.)

VII. Allgemeinere Zusammenhänge.

Die klassische Logik bezeichnet das „*post hoc, ergo propter hoc*“ als Trugschluß. In der Schule mag's gelten. In der wirklichen Natur kann der Forscher kaum anders auf ursächliche Zusammenhänge kommen, als daß er beobachtet, was sich in Raum und Zeit zu vergesellschaften pflegt. Derart finden wir folgendes:

Ein Granit-M. ist selten, wenn einigermaßen groß, fast nie aus einem Guß. Abgesehen von dem Kleinzeug des Gangefolges und zusammengesetzten Formen einer Eruptionsperiode — Zeitunterschiede, wie zwischen den beiden Hauptkernen des Adamello, wären hier zu vernachlässigen — wiederholen sich in ungefähr demselben Raum die Eruptionen und Intrusionen durch Zeiträume, die auch geologisch lang genannt werden müssen, nicht bloß wegen der vermutlichen Zahl der Jahre, sondern hauptsächlich wegen der einbegriffenen geologischen Geschehnisse, indem während solcher Zeiträume die erste Intrusion gehoben, abgedeckt, wieder kilometertief verschüttet, versenkt, gefaltet, ganz vergneist worden sein konnte (oder ähnlich), bevor die zweite anrückte. Der Ort der Eruption verschiebt sich schrittweise vom ältesten M.-Kern nach außen. Bis zu welchem Umkreis man solche einem bestimmten M. als posthume Nachschübe zuordnen darf, ist durch die Bedingung, daß diese dem gleichen Stamm-Magmabassin entspringen müssen, theoretisch klar gegeben. Vermutlich sind diese tief, weit ausgedehnt, und haben daher einen beträchtlichen Wirkungskreis, so daß z. B. sowohl die paläozoischen als die tertiären Vulkane¹⁾ der Steiermark an die benachbarten M. anzuschließen wären. Schöne Beispiele für vielfache Eruptionsfolge in III. (Aar-M.), für Wandern der Eruption in der M.-Gruppe II. (von Brixen bis Padua), neben vielen andern, in und außer den Alpen. Für das Was? und Wie? der Eruptionsfolge weiß man noch keine

¹⁾ Die Entfernungen letzterer von den nächsten Granit-M. sind nicht gar so groß: Bacher, Wechsel, Pöllau; ja bei Feldbach bringt der Basalt direkt im durchbohrten Granit empor (WINKLER, Jb. 1913, S. 508).

Regel; in der steirischen Gruppe gilt: je jünger, desto weniger und (trotz der Rekurrenzen) basischer, der Adamello zeigt das Gegenteil, die jüngste Masse ist dort die größte und sauerste. Blutsverwandt sind alle „Alpen-Granite“ in gewissem Grade, mit feineren Unterscheidungen ist bis jetzt nichts herausgekommen.

Die derart durch gehäufte Granit- und andere Intrusionen gekennzeichneten Räume, die M. bzw. M.-Gruppen, behaupten im geologischen Geschehen vielfach eine Ausnahmestellung. Es sind Gebiete mit fast unverwüstlicher Hebungstendenz. In der Tiefe entstanden und gelegentlich wieder versenkt und tief verschüttet, taucht so ein M. wie ein Kork immer wieder empor; in den Zeiten tektonischer Ruhe (den „Thalassokraten“) als Geantiklinale bezeichnet durch die lückenhaften Schichtfolgen, die Transgressions- und Strandbildungen (für die steirische M.-Gruppe siehe Tabelle S. 53; weitere Beispiele überall¹⁾). Bei der Gebirgsbildung sind dann die M. die hohen Pfeiler, um die sich die Faltenwirbeln herumschlingen. So umranden die Brettsteinzug-Synklinalen unsere M., ohne je vom Granit abgeschnitten zu werden (das kleine Stück an der Pölslinie ist viel spätere und seichte Überdeckung, der variszische Faltungsstrang tangiert gerade den N.-Rand der steirischen M. von der Wildstelle bis zum Wechsel). Auch die meisten andern der oben (S. 54) angegebenen tektonischen Hauptlinien erscheinen auf kürzere oder längere Strecken ähnlich als Tangenten der M., so die Katschberglinie am Hochalm- und Bundschuh-M., die Pölslinie am Seckauer und ein Zweig am Glein-Alm-, der andere am Amering-M. usw. Manchmal tritt die Bewegungsfläche scharf an den Rand, ein Fall aber, daß ein M. tektonisch zerrissen worden wäre, oder in zwei Hälften geschnitten, ist mir nicht bekannt²⁾.

Ein gleiches regelmäßiges Neben- und Nacheinander, wie unter den vulkanischen Ereignissen und zwischen diesen und den tektonischen, herrscht auch im Kreis des ausschließlich tektonischen, z. T. durch die oben erwähnten Beziehungen mit bedingt: wenn die alpine Faltung sich an den N.-Rand der steirischen Massive hält, so wird sie schon deswegen mit den variszischen Falten, die derselben Leitlinie folgen, in der Zone Enns—Semmering meistens parallel laufen bzw. sich decken müssen. Allein die Übereinstimmung geht hier viel weiter, jede neue Faltung läßt ältere Bewegungselemente mit großer Annäherung („posthum“) wieder aufleben. Seinerzeit lehnte SALOMON (Abh. RA. XXI, 1, S. 353) als „geradezu ungeheuerlichen Zufall“ ab, daß in der gleichen Tonalezone Züge von alten Marmor-

¹⁾ Die analogen Angaben von den „penninischen Embryonaldeckenstirnen“ — soweit sie nicht theoretische Autosuggestion, sondern Beobachtung — gehören einfach in dieses Kapitel.

²⁾ Die neulich angenommene Zerschneidung des Adamello kann nicht näher besprochen werden. So, wie HENNY meint, ist die Trennung nicht möglich.

und Triaskalken gewissermaßen vikariieren könnten. Heute ist selbst dort kein Zweifel mehr, daß von Ivrea zum Tonale ein Brettsteinzug zieht, begleitet von bald N., bald S. gestaffelten kürzeren synklinalen Einfaltungen von Trias, die man seitdem vom alten Marmor auseinanderzuhalten gelernt hat. Aber noch viel sonderbarer ist in der Steiermark. Denkt man den heutigen Zustand fossilisiert, etwa durch Seitenschub die Talkerben zusammengequetscht, so würden die algonkischen Marmorzüge fast regelmäßig Synklinalen von Süßwasser-miozän zur Begleitung bekommen und umgekehrt. Ferner, daß die Oberflächengestaltung des Gebirges stark vom geologischen Bau abhängt, mehr als man vor kurzem noch annahm, wird heute wohl von den meisten zugegeben. Aber sehr paradox dürfte erscheinen, daß es gerade die algonkischen Synklinalen sein sollen, welche die heutigen Haupttäler bestimmen: Judenburg—Unzmarkt—Ob.-Wölz—Tamsweg; Judenburg—Obdach; Knittelfeld—St. Johann a. T.; Oppenberger Tal, Ennstal, Umrandung des Kärntner, des Grazer Beckens; diese Strecken bedeuten wenigstens $\frac{2}{3}$ der Gesamtlänge der Brettsteinzüge, die somit den Haupttälern parallel gehen, nur der kleine Rest zieht quer durchs Hochgebirge der Sölker, Seethaler, Kor-Alpen. Und umgekehrt, besonders wenn wir die variszischen Dislokationen dazu nehmen: Palten—Liesing—Mur—Mürz, Mulde von Neumarkt und kleinere Stücke um Graz u. ähnl., so bleibt eigentlich fast kein Stück der Haupttalfurchen ohne Begleitung einer alten, bis sehr alten Störung. Die Entsprechung ist nach beiden Seiten beinahe vollkommen. Natürlich haben die algonkischen Falten nur mittelbar mit den heutigen Tälern zu tun: sie sind in der angedeuteten Generationenfolge eben Ahnen der jüngsten Faltungen in Tertiär—Quartär und diese erst bedingen unmittelbar die Oberflächengestaltung. Es ist ein starker Beweis dafür, daß die tektonischen Vorgänge ursächlich eng verbunden und in der Form nur langsam abändernd aufeinanderfolgen, wenn zwischen dem ersten und letzten Glied der langen Kette eine so vollkommene Korrelation nachgewiesen werden konnte.

Gewissermaßen wie in einem Mikrokosmos spiegelt sich das geologische Geschehen im Feinbau der Gesteine. Jede Stelle im Gebirgsbau hat — entsprechend den zurzeit herrschenden physikalischen Bedingungen — ihre bestimmten chemischen Gleichgewichte; die trägen Silikate passen sich aber nur langsam an und zeigen daher meist ein Gemisch von halbverwischten älteren und nur teilweise durchgreifenden jüngeren Umbildungen, das nicht leicht zu entziffern, aber äußerst interessant ist. Nur dieser Trägheit ist zu verdanken, daß wir Mineralparagenesen großer Erdtiefe überhaupt zu Gesicht bekommen können; eine einfache Hebung einer Scholle überstehen diese nämlich ganz gut, und die Agentien der Oberfläche leiten die Umwandlung so langsam ein, daß bei der schnellen Abtragung im Gebirge das Gestein ziemlich wie ursprünglich ist — abgesehen von

einigen kleinen Veränderungen, den so häufigen Pinitpseudomorphosen usw. (2). Durchbewegung vertragen solche metastabile Gesteine aber nicht, Umfaltung erzwingt sofort die Umwandlung. Daher eine Asymmetrie vieler M. auch in der Gesteinstracht: an der Stirnseite, wo die Falten andrängen (z. B. N.-Seite von Seckauer, Wildstellen-M., aber auch Hohe Tauern), Diaphthorite und Met. der obersten Zone, im tektonischen Lee die gehobene Scholle mit der Met. der Tiefe. (In einigen Fällen ist übrigens wegen der einseitigen Verteilung des Gangefolges auch Verdacht, daß ursprünglich schiefe Lage mitspielt.)

Als Ausgangselement der Tektonik können wir die Kofferfalte des W.-Jura nehmen (mit der reziproken flachsohligen Mulde), von scharfen Flexuren begrenzt, symmetrisch oder nicht, einheitlich oder öfter voll Spezialfältchen. Beispiele von der Enns, um Murau, Graz usw. Tangentiale Einengung führt nun entweder zu Pilzfalten, Fächern, oder wenn der Kofferdeckel sich glatt als Faltenstockwerk ablöst, zu deckenartigen Überschiebungen. Vom gehobenen (und weiter steigenden) M. aus wird die Nachbarsenke überschoben; wie und wie weit, hängt von den Nebenumständen ab. Eine Innensenke, innerhalb der M.-Gruppen, wird von beiden Seiten zugeschoben¹⁾: „Fenster“. Die beiden Teile können recht verschieden sein und die „Doppelfalte“ schließt gewöhnlich nicht genau zusammen, so daß in den Längsecken die Rahmenteile einander übergreifen, SANDERS Scherenfenster. Der Schub an der Oberfläche geht stets von der gehobenen Scholle aus. Löst sich deren oberes Stockwerk glatt ab, so erleidet es selbst bei ziemlich weiter Verfrachtung wenig innere Durchbewegung und das Gestein daher keine Umwandlung, es bleibt wie im gehobenen Massiv Gestein mit dem Kennzeichen der Met. großer Tiefe, das aber nunmehr über den Diaphthoriten der Gleitbahn und über den Gesteinen der Senke liegt, die natürlich die Tracht der Oberflächen-Met. tragen: das „moravische Fenster“ (F. E. SUESS) — ein Paradoxon, das aber eigentlich die Regel ist in stärker durchbewegten kristallinen Gebieten, in Wallis, Bünden und in den Hohen Tauern. W. von Katschberg und Radstadt ist der Zusammenschluß schwächer, es gibt keine losgeschälten „Deck-M.“ wie Silvretta und Dent blanche, und auch keine fensterartig zugeschobenen Innensenken. Die Grenze zwischen Met. oberer Tiefenstufe und der mittlerer bis unterer fällt mit Flexuren zusammen, meist mit den variszischen, stellenweise mit kurzen Aufschiebungen

¹⁾ Dieser Entwicklungsgang von Innensenken kann in den O.- und S.-Alpen hinreichend belegt werden. Besonders schön das Beispiel Belluno—Borgo, im O. kaum stärker eingemuldet als die meisten innersteirischen Miozänbecken, im W. doppelseitig geklemmt; ganz wie die von AMPFERER, Denkschr. Ak. 96, 1918, S. 6, beschriebenen flaschenähnlichen Gosaumulden. Vgl. dazu SCHWINNER, Zur Oberflächengestaltung des östlichen Suganertales; Ostalpine Formenstudien III/2, Berlin 1923.

(Katschberg z. B.), welche beide die M.-Reihen tangieren, aber nicht wesentlich unterschneiden oder gar loslösen.

Die angeführten Zusammenhänge bezeugen die Einheit alles geologischen Geschehens: alles von den plutonischen Gebilden der Tiefe bis zur Oberflächengliederung unseres Alpenlandes steht in engem ursächlichen Zusammenhang. Diese Allgemeinheit der Verknüpfung schließt von vornherein jene vulgären Erklärungen aus, die — buchstäblich oder bildlich — an der Oberfläche kleben. Festigkeitsunterschiede in der Kruste, die in den naiven Vorstellungen über Gebirgsbildung eine so große Rolle spielen, könnten für die Beziehungen zwischen den M. und Faltenzügen verantwortlich gemacht werden, kaum aber für die Hebungstendenz der M. und sicher nicht für das Aufeinanderfolgen der Intrusionen in den M. selbst. Eine intrudierende Granitmasse ist sicher ein mächtiges tektonisches Agens; ob eigene oder geborgte Kraft, ist hier — und wohl überhaupt — nicht wesentlich. Aber nach Ausweis der Struktur war die I. Generation bei der ältesten Faltung bereits passiv¹⁾, die II. ist posttektonisch, oder auch passiv zerbrochen. Die wirkliche Ursache muß tiefer liegen, in jenem Gebiet, dessen Unterströmungen im Sinne AMPFERERS das Bild der Oberfläche bestimmen. Welcher Art sie nun sein mag, jedenfalls zeigt die auffallende Ortsbeständigkeit der tektonischen und vulkanischen Vorgänge, daß deren Verhältnis zur Kraftquelle im Untergrund sich seit Algonkium nicht viel geändert haben kann, mit andern Worten, daß weite Verfrachtungen in der obersten Kruste hier ausgeschlossen sind.

Nach meinen andernorts ausführlich dargelegten Anschauungen („Vulkanismus und Gebirgsbildung“ in Z. f. Vulkanologie, 1920, V, 4) können diese Zusammenhänge, wie folgt, physikalisch gedeutet werden:

Aufsteigende Strömung im Untergrund (Antizyklone in der Tektonosphäre) führt zu stufenweiser Differentiation des Magmas; das letzte, sauerste, leichteste Produkt erscheint oben als Granit-M. Auf dem langen Weg durch die Kruste sind große Magmabassins zurückgeblieben, die weiter erkalten und saigern, und derart eruptionsfähige Nachschübe liefern können. — Aufsteigende Strömung ist identisch mit geringerer Belastung auf der Ausgleichsfläche, d. i. leichterer Säule über dieser, als dem isostatischen Gleichgewicht entsprechen würde, was sich beim Ersterben der Bewegung nicht völlig ausgleicht: daher die dauernde Hebungstendenz, das M. drängt nach jeder Umwälzung wie ein schwimmender Kork wieder herauf. — Mehrstufige Magmadifferentiation erzeugt eine ungemein stabile Schichtung: schweres unten, leichtes oben. Solche ist für jede vertikale Konvektionsstörung ein Hindernis. Daher kommt die Antizyklone des nächsten orogenetischen Zyklus, obwohl vom Druckminimum in der Ausgleichsfläche angezogen, auf demselben Wege nicht mehr empor, sondern wird gegen die Peripherie abgedrängt; der Vulkanismus wandert vom M. nach außen. (Besonders schwere Produkte — Peridotite — können dabei

¹⁾ Die WEINSCHENKESCHEN Vorstellungen von Piezokristallisation, wobei der Granit gleichzeitig aktiv und passiv gewesen wäre, sind nicht haltbar. Flüssigkeit und gerichteter Druck sind durch keine Dialektik zusammenzureimen. Das Petrographische erklärt sich anders.

stecken bleiben und erscheinen nur, wo eine das M. tangierende Störung sie aufgeschleppt hat? — das wäre wenigstens ein Teil des Problems der Peridotitstöcke.) — Genau entgegengesetzt wie die M.-Räume verhalten sich die Senken (Geosynklinalen): Überbelastung und ständige Senkungstendenz, schließlich absteigender Konvektionsstrom, der die Faltung in Gang bringt. Begünstigt ist der landseitige Rand durch Belastung, Instabilität und einleitende Gleichgewichtstörung (a. a. O. S. 214). Die Faltung drängt daher gegen diesen Rand, sie kann aber nicht (über den vom Druckgradient vorgezeichneten Weg hinaus) in den stabilen Innenraum der M. eindringen. — Die Abgrenzung dieser geophysikalisch so verschieden reagierenden Räume sind nicht irgendwelche „Panzerdecken“ od. ähnl., sie beruht auf der Verschiedenheit der physikalischen Bedingungen, im wesentlichen auf den großen Zügen der Druck- und Temperaturverteilung in der Tektonosphäre. Ein gutes und naheliegendes Beispiel solcher unsichtbarer Mauern zeigt fast jeden Winter das Hochdruckgebiet über den Alpen, an dessen ruhenden, kalten Luftmassen die von NW. heranrückenden zyklonalen Wirbel förmlich abprallen. Wegen der Riesengröße der jeweils zusammenhängenden Komplexe (Ausdehnung, Masse, Energiegehalt), ist die allgemeine Konfiguration sehr dauerhaft („permanent“) — selbst in geologischem Zeitmaß. Die Grenzen aber ändern sich; und zwar verläuft die Entwicklung in den tektonisch stark bewegten Zonen im allgemeinen „geokratisch“; die Rand- und besonders Innensenken werden den Hochgebieten als Faltenzüge angegliedert, assimiliert, unten und auch oben (so steckt in den Brettsteinfalten schon das nur wenig jüngere Ganggefolge von Granit II) und derart aus getrennten M.-Kernen ein geschlossener „Grundgebirgsschild“ zusammengeschweißt, an dessen Rand (und damit an die älteren Vorgänger) sich wieder die nächstfolgende Faltung anlegt. So rücken auch die Faltungszonen von den M. nach auswärts. Stellenweise kann aber die Entwicklung anders laufen, so z. B., daß in einer Gabelung der Geosynklinale entgegengesetzt obigem die Senken den Untergrund des schmalen trennenden Pfeilers assimilieren und das derart unterspülte und unterwühlte M. ganz passiv, wie ein anderer beliebiger Gesteinskörper in die Faltungszone einbezogen wird.

VIII. Schlußwort.

Die hier gegebene Stratigraphie ist nicht neu, es ist — ich lege Wert auf die Feststellung — die Gliederung der alten Aufnahmegeologen¹⁾ (Gn., Gl.-Sch., Ph.-Gruppe od. ähnl.) mit den heute nötigen Verbesserungen: Sonderung von Ortho- und Para-Gesteinen und Zusammenfassung der Gruppen, die von gleicher Abkunft und nur durch die Fazies der Met. unterschieden sind. Diese Gruppen sind in großen zusammenhängenden Gesteinsmassen gegeben und werden für jede Gliederung die Ausgangsbasis sein müssen. Vielleicht erscheint das ältere Grundgebirge etwas knapp dotiert, bloß mit dem Ortho-Gn. I. Generation und seiner unmittelbaren Schiefer-Gn.-Hülle. Aber in den Niedern Tauern halte ich das für ziemlich sicher. Anderswo ist vielleicht mehr dazu zu stellen (Stub-, Kor-Alpe?). Dort, wo alte Pegmatit-Gn. (= Gefolge von Granit I, fehlt in den Niedern Tauern) verbreitet sind, müssen wohl auch die Sch., in denen sie liegen, alt sein. Bedenklich scheint mir dagegen, daß

¹⁾ Auch als „eozoische Formation“ wird die Serie bereits von STUR eingereiht (92, S. 23), allerdings mit unzutreffender Begründung.

SANDER (74) am Tauern-W.-Ende die Gl.-Sch. mit Granat, Stauroolith, Disthen ausnahmslos zu den alten Gn. rechnet. Wir haben dort anscheinend die gleichen algonkischen Sch., Marmore, Amphibolite, Qu. und Konglomerat-Gn., den Zentral-Gn. bis Mitte der Serie durchgreifend, ganz ähnlich wie am Wildstellen- und Seckauer M.; könnte es sich da nicht ebenso um verschiedene Fazies der Met. handeln?¹⁾ Noch weniger kann ich mit dem entgegengesetzten Vorschlag OHNE-SORGES befreunden, sogar die Schladminger Gn. herauszunehmen, als Äquivalent der Radstädter Sch. und Qu. = Kitzbühler Grauwacken, d. i. als hochmetamorphes Paläozoikum. Nirgends rundum besteht zwischen Granit und sicherem Paläozoikum eine primäre Beziehung. Außerdem bleibt dann der Ph. unabweisbar als ältestes übrig und das ist mit dem klaren Befund auf der N.-Seite von Wildstellen- und Seckauer M. (Ph. transgredierend auf Gn.) nicht vereinbar. Eine der Gruppen der alten Geologen ist nicht besprochen worden, die sog. „Kalk-Ph.-Gruppe“. Sie ist auch im O. kein Problem und sonst keine stratigraphische Gruppe, sondern eine Serie, die tektonisch und zwar nur in einer bestimmten tektonischen Position zusammengebracht worden ist (ein Begriff ganz analog wie Grauwackenzone etwa) und zwar aus der algonkischen Serie, wie sie hier beschrieben, Paläozoikum etwa Murauer Fazies, nur höher metamorph, und vielleicht Mesozoikum²⁾.

In der Tektonik müssen wir ohne Berufung auf die Alten auskommen. Erst die neuere Zeit hat den Geologen die Augen geöffnet für die Feinheiten und Verwicklungen des Alpenbaues. Man sollte glauben, daß deren ohnedem genug zu sehen und zu greifen wären, daß man sie nicht durch die Fiktion märchenhafter Mechanismen (TERMIER und Nachfolger) vermehren müßte. Mit dem, was hier Problem ist, oder vernünftigerweise sein kann, haben jene Anschauungen nicht einmal Berührungspunkte, für Pseudoprobleme ist aber das Papier zu schade. Überhaupt: der Bau der Alpen dürfte nicht durch einen (oder wenige) allumfassenden, sehr verwickelten Bewegungsvorgang geschaffen sein — im Grunde ist dieser Glaube nicht weniger gegen das Aktualitätsprinzip als die Katastrophen der alten Plutoniker —, sondern durch eine lange Folge kleinerer Störungen.

¹⁾ Eine tektonische Mischserie hat SANDER dort wohl nicht gemeint, es kommt auch kaum eine solche vor, die Granat Gl.-Sch. und Ph. umfaßt, und die Sonderung der zwei fraglichen Komplexe ist vorgranitisch.

²⁾ Gesichert ist Mesozoikum in den Randsenken (Krimml—Radstadt—Wdsch. Matri), in der Hülle der M. der Hohen Tauern selbst ist es recht unsicher. Nach den Erfahrungen mit der Sedimentbedeckung der M. wäre Unvollständigkeit der Serie dortselbst sehr wahrscheinlich. Und dann ist sonst irgendwo in den Ostalpen Mesozoikum in tiefentektonischer Lage bezeugt? Es ist auch zweifellos, daß man mit der Annahme so jungen Alters der Schieferhülle der Hohen Tauern mit den Intrusionen, Met. und Faltungsakten stets einigermaßen ins Gedränge kommt (74).

Das Bewegungsbild des einzelnen tektonischen Aktes ist verhältnismäßig einfach, jeder folgende schließt sich nach den oben (S. 156 ff.) erörterten Beziehungen „posthum“ an die vorausgegangenen an. Aber jeder greift doch ein bisschen anders und anderswo an, wirkt, wenn auch in vielem konkordant, in manchem dem früheren entgegen, und all das sozusagen auf eine Fläche übereinander projiziert, täuscht einen unglaublich kniffligen Mechanismus vor.

In den östlichen Zentralalpen insbesondere dürfte kein Faltungsakt seit Mitte Tertiär ein verwickelteres Bild geboten haben, als Hebung und Senkung größerer Schollen (event. mit mäßiger Kippung oder Verbiegung), dazwischen verbindende Flexuren, Brüche, höchstens kurze Aufschiebungen (abgesehen von den kleinen Anpassungsquersprüngen und -verschiebungen in den Blöcken selbst); die verhältnismäßig reichlich erhaltene Tertiärbedeckung ist nur mäßig gestört, aufgerichtet, verbogen, aber nicht eingefaltet (Obdach, Gröbming—Stoderzinken liegen schon außerm Rand unseres Gebietes). Die großen Züge jener jungen Tektonik zeigt der erste Blick auf eine geologische Übersichtskarte und ebenso ihre enge Verknüpfung mit dem Flußnetz und seiner Entwicklung. Allein bei den hier so reichlich gegebenen verschiedenartigen Anhaltspunkten muß es möglich sein, die Ausgestaltung unseres Gebirges, einerseits Auffaltung, andererseits Abtragung, Schritt für Schritt zu verfolgen, jeden Akt der Faltung und jeden Zyklus der Erosion. Eine derartige tektonisch-morphologische Analyse unseres Gebietes ist freilich erst ein frommer Wunsch; trotz einiger äußerst dankenswerter Vorarbeiten (OESTREICH und besonders SÖLCH) ist die Hauptarbeit erst zu leisten; denn bisher sind hier Tektonik und Morphologie getrennt studiert worden, zum Schaden beider; zum mindesten hat sie diese zunft- aber nicht naturgemäße Zerreißung eines zusammenhängenden Erscheinungskomplexes aller Vorteile, die sich aus der Zusammenarbeit ergeben hätten, beraubt¹⁾.

¹⁾ Hierfür ein Beleg, den die Leser dieser Rundschau (Bd. IX, S. 166/7, Fig. 3) z. T. bereits kennen und der zwei unserer verdienstvollsten Morphologen betrifft. Das Seckauer Tertiärbecken ist bis auf eine kleine Pforte im SO. durch einen mäßigen Höhenrücken vom Knittelfelder getrennt. Seine Entwässerung erfolgt aber nicht zentripetal zu jenem natürlichen Auslaß, sondern die Bäche wenden sich S. und durchbrechen, jeder der drei für sich, den trennenden Felsrücken. Anzapfung des Seckauer Beckens durch Rückwärtserosion eines Baches am S.-Hang des Scheiderückens? (OESTREICH, Jb. 1899, S. 220). Die sind ja alle so unbedeutend, daß der breite Kamm im übrigen kaum merklich geschert ist, und drei Ausnahmen nebeneinander, ist unwahrscheinlich bis zur dritten Potenz. Epigenese (SÖLCH, a. a. O.) erfordert Aufschüttung über den Trennungsrücken, d. i. 1200 m oder mehr; da ertrinkt gleichzeitig das ganze Murgebiet. Eine solche Katastrophe kann sowohl für nähere als fernere Umgebung mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Weiß man dagegen, daß N. von Knittelfeld—Fohnsdorf die junge Störung der Pölslinie durchstreicht (Profil [34], S. 138, Fig. 23), so liegt die richtige Erklärung durch Antezedenz auf der Hand. Das Flußsystem ist älter als

Überhaupt, die einseitige Betonung irgend eines Gedankenkreises oder einer besonderen Methode mag für eine gewisse Zeit unvermeidlich sein, und auch nützlich für restlose Durcharbeitung. Dem vielseitigen Naturgeschehen vermag man damit nicht gerecht zu werden, da liefert nur die Ausnützung aller möglichen Gesichtspunkte eine befriedigende Synthese. So hat die Hypertrophie der Alpentektonik nach glänzenden Anfangserfolgen unleugbar in eine Sackgasse geführt. Schon der altgriechische Mythos der Gigantomachie lehrt, daß krampfhaftes Übereinandertürmen von Berg- über Bergesmassen den Olymp nicht erreicht. Ein gutes Gegengewicht gegen jene Gewaltsamkeiten bietet die bereits erwähnte Verbindung mit der Morphologie. Für einen auf das Aktualitätsprinzip eingeschworenen Geologen ist es doch nur selbstverständlich, daß ein tektonischer Vorgang nur Hand in Hand mit einer Umwandlung des Landschaftsbildes gedacht werden darf, wie sie sich auch heute ereignen könnte, nicht aber als unverständliche Katastrophe; und bis Mitte Tertiär etwa muß diese Entwicklung wohl noch zurück verfolgbar sein. Andererseits neben dem Makrokosmos des geologischen Geschehens besteht ein Mikrokosmos, die großen tektonischen Vorgänge spiegeln sich im Kleingefüge der Gesteine, und das Studium dieser Mikrotektonik — bei uns in den Ostalpen dank der Anregungen SANDERS bereits einigermaßen eingebürgert — ist eine wesentliche Ergänzung der rein geologischen Arbeit im kristallinen Gebirge. Zu einer allgemeineren Synthese sind denn endlich geophysikalische Gesichtspunkte zu verwerten, wie sie zum Teil bereits angedeutet werden konnten; aber man wird da viel weiter ausgreifen müssen und Alpen und Umland als zusammengehörig ansehen müssen.

Wir schließen also weniger mit reicher Ernte bereits gewonnener Ergebnisse als mit einem Programm für künftige Arbeiten, das weit über den Rahmen des Aufsatzes hinausgeht. Das ist das Beste, was man heute geben kann. Die ganze vorstehende Zusammenstellung hat nur den Zweck, das Gerüst einmal provisorisch zusammenzustellen, damit man übersieht, was und wo es nachgebessert werden muß. Die wünschenswerte Knappheit des Ausdrucks möge entschuldigen, wenn manche Behauptung apodiktischer herauskam, als sie gemeint ist und gemeint sein kann. Der beste und erwünschteste Erfolg wäre, wenn sich die Teilnahme der geologischen Öffentlichkeit unseren steirischen Alpen mehr als bisher zuwenden würde. Wie an mehreren Stellen ausgeführt, bietet ihr Kristallin verhältnismäßig die geringsten Verwicklungen und Schwierigkeiten und somit den besten Ausgangspunkt für die Enträtselung der Zentralzone der Alpen.

die Störung und hat den Trennungsrücken während seiner Auffaltung zersägt. Allerdings erst seitdem die Tektonik geklärt, kann der Morpholog diese Erklärung geben.