

Levantine gravels occur on tops of higher hills, while Pleistocene gravels are at lower levels.

Tectonically; the surveyed area is a single anticline. The S side dips SE, the N side dips NW and N-as the map shows. These dips are steeper near the Mura river, although being farther from the crest; so a fault may be supposed in the Mura-valley. The oil-field of Selnica is at the E end of the anticline. A borehole in the SW part of the area easily might cross the Miocene and reach the Sotzka-beds of Oligocene age, one of the supposed source-rocks of the oil.

Patterns of the sketch in the text are: Full lines: supposed tectonical isohypsas; — Punctuated line: crest of the anticline.

Patterns of the map are:

Mediterranean: oblique lines

Sarmatian: dense points.

Lower Pannonian: less dense points

Upper Pannonian and Levantine: clear.

EINE GEOCHEMISCHE REGEL UND IHRE ANWENDUNG.

Von L. T o k o d y.

In meiner Arbeit „*Die Mineralien von Felsöbánya in geochemischer Betrachtung*“¹ habe ich einen Zusammenhang zwischen dem Atomradius und den Gewichts- bzw. Atomprozenten der chemischen Elemente der Mineralien von Felsöbánya festgestellt, nach dem die Gewichts- bzw. Atomprocente im umgekehrten Verhältnis zu den Radien stehen: bei kleinem Radius steigt, bei grossem Radius sinkt der Gewichts- bzw. Atomprozentsatz.

Zur Bekräftigung der im vorstehenden ausgedrückten Gesetzmässigkeit wurden von mir Mineralassoziationen untersucht, die unter völlig abweichenden Umständen zustandegekommen sind, sowohl hinsichtlich der Temperatur und des Druckes, als auch der geologischen Verhältnisse. Meine Untersuchungen erstreckten sich von den Mineralparagenesen, die bei niedriger Temperatur und unter geringem Druck, bis auf die Mineralassoziationen, die bei sehr hoher Temperatur und unter grossem Druck entstanden sind.

¹ T o k o d y L.: Felsöbánya ásványai geokémiai szempontból. Mat. és term. tud. értesítő. 61. 1942. 191—227.

Ich untersuchte die bei niedriger Temperatur und unter geringem Druck entstandenen telethermalen Mineralparagenesen von *Budapest* ($t < 90^\circ$, $p < 70 \text{ kg/cm}^2$, Entstehungstiefe max. 300 m). Die nächste Stufe bilden — und ebendarum sind die diesbezüglichen Angaben hier eingeschaltet worden — die mesothermalen Mineralien von *Felsöbánya* ($t = 200\text{—}300^\circ$, $p = 150\text{—}1000 \text{ kg/cm}^2$, Entstehungstiefe 1000—4000 m). Ich befasste mich dann mit den gemischten, exhalativ-sedimentären Lagerstätten von *Lángban*, deren Mineralzusammensetzung letzten Endes auf Regionalmetamorphose zurückzuführen ist (t bedeutend, $> 300^\circ$, p sehr gross). In den Kreis meiner Untersuchungen zog ich auch ein in seiner Zusammensetzung mit der der Erde nahezu übereinstimmendes Gestein, den *Opdalit*, der bereits die Elementverteilung des Magmas aufweist ($t > 1000^\circ$, p sehr gross). Schliesslich befasste ich mich mit der Verteilung der Elemente des *Kosmos*.

Budapest.

Die Mineralien von Budapest kommen in Sedimentgesteinen: in Kalkstein, Dolomit, Sandstein, Mergel und Ton vor. Sie haben ihre Entstehung den in den Gesteinen zirkulierenden Wässern zu verdanken, die in der grössten Tiefe, im Bereich der kristallinen Schiefer des Grundgebirges, eine Temperatur von 81°C erreichen können und deren Temperatur während ihres Aufsteigens allmählich sinkt. Die aufsteigenden Wasser kühlen sich an der Oberfläche vollständig ab, einige Mineralien (Kalkspat, Gips) scheiden bereits aus kaltem Wasser aus. Die Mineralien von Budapest sind ohne Ausnahme bei niedriger Temperatur und unter geringem Druck entstanden.

Mit den Mineralien von Budapest befasst sich einschliesslich bis zum Jahre 1942 das unten folgende Schrifttum. Das Verzeichnis macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

1. J. Bernáth: A budai vitriolkovand vagy Markasit vizsgálása. Term. tud. társ. közl. 4. 1863—1864. 67—73.
2. — — A budai gipsz vizsgálása. Ebenda 61—66.
3. — — A budai súlypát vegyelemzése. Ebenda 74—82.
4. H. Böckh: Ásvány-ujdonság Budapesten a Kis-Svábhegyről. Földt. Közl. 28. 1898. 129—131.
5. Gy. Braun: A budai hegyek ásványai különös tekintettel a calcitra. Budapest, 1889.
6. E. Brummer: Mátyáshegyi kőfejtők ásványairól. Földt. Értesítő. 1. 1936. 52—58.
7. — — A szépvölgyi kőfejtők ásványai. Ebenda 111—117.
8. — — A kiscelli fensík és környékének ásványai. Ebenda. 2. 1937. 23—28.

9. G. Cesaro: Beitr. zur Unters. d. Mineralien. Bull. de la Cl. des. Sc. de l'Ac. Roy. de Belg. 1907. 313—339. Ref. Zeitschr. f. Krist. 46. 1909. 485.
10. M. Hantken: Az esztergomi barnaszénerület földtani viszonyai. Földt. Int. Évkönyve. 1. 1871. 8.
11. K. Hofmann: A Buda-Kovácsi hegység földtani viszonyai. Földt. Int. Évkönyve. 1. 1871. 231.
12. V. Hulják: Ásványtani közlemények. Földt. Közl. 33. 1903. 55.
13. F. Koch: Egy Budáról való alakatlan, májbarna, opálkinézésű ásványnak vegyi elmezése. Vegytani Lapok. Kolozsvár. 1. 1882—83. 165—166.
14. — — Budapest környékéről való alakatlan ásványok vegyi elemzése. Ebenda 5. 1887. 9—11.
15. S. Koch: Ásványtani közlemények. Ann. mus. nation. hung. 18. 1920—21. 147—148.
16. — — Adatok Magyarország ásványainak ismeretéhez. Ebenda 25. 1928. 442—443.
17. — — Újabb előfordulású barytkristályok Óbudáról és Kapnikbányáról. Ebenda 27. 1930. 247—249.
18. J. Krenner: Ueber die pisolithische Struktur des diluvialen Kalktuffes von Ofen. Jahrb. d. geol. Reichsanst. Wien. 13. 1863. 462—465.
19. L. Maklári: Morfogenetikai vizsgálatok a magyarországi baritokon. Szeged. 1940. 1—43.
20. G. Melczer: Adatok a budapesti calcit kristálytani ösmeretéhez. Földt. Közl. 26. 1896. 10—25.
21. — — Adatok a budapestkörnyéki calcit ikerkristályainak ösmeretéhez. Ebenda 28. 1898. 203—207.
22. — — Továbbnövéses calcit a budai hegyekből. Ebenda 29. 1899. 160—164.
23. G. Palkovics: Pisolith von Ofen. Verh. d. geol. Reichsanst. Wien. 1868. 16.
24. F. Papp: Budapest meleg gyógyforrásai. Budapest. 1942.
25. K. Peters: Geol. Studien aus Ungarn. — I. Umgebung von Ofen. Jahrb. d. geol. Reichsanst. Wien. 1857. 317.
26. F. Schafarzik: A budai Várhegyben talált pisolithelepről. Földt. Értesítő. 3. 1882. 92—101.
27. — — Visszapillantás a budai hévforrások fejlődéstörténetére. Hidr. Közl. 1. 1921. 9—14.
28. — — Budapest székesfőváros ásványvízforrásainak geol. jellemzése és grafikus feltüntetése. Ebenda 4—6. 1924—26. 14—20.
29. — — és A. Vendl: Geol. kirándulások Budapest környékén. Budapest. 1929.
30. E. Scherf: Hévfóráss okozta kőzetelváltozások a buda—pilis hegységben. Hidr. Közl. 2. 1922. 19—88.
31. S. Schmidt: Az Erzsébet-híd budai hidfőjének alapozásánál lelt ásványok. Földt. Közl. 30. 1900. 173—174.
32. Z. Schréter: Harmadkori és pleisztocén hévforrások tevékenységének nyomai a budai hegyekben. Földt. Int. Évkönyve. 19. 1912. 181—231.
33. J. Szabó: Die geol. Verhältnisse Ofen's. Erster Jahrsb. d. k. k. Ober-Realschule d. königl. freien Hauptstadt Ofen. 1856.
34. — — Pest-Buda környékének földtani leírása. Budapest. 1858.
35. — — Budapest geológiai tekintetben. Budapest. 1879.
36. — — Magyarországi és carrarai fluoritok. Földt. Közl. 15. 1885. 48.
37. — — Magyarország nevezetesebb fluoritlőhelyei. Ebenda 15. 1885. 97—98.

38. H. Traube: Wiederholungszwilligen von Kalkspath vom kleinen Schwabenberge bei Ofen. Neues Jahrb. f. Min. 1888. II. Bd. 252—253.
39. G. Vavrincz: Budai halloysit és lisztes dolomit összetétele. Magyar chemiai folyóirat. 41. 1935. 70—77.
40. Marie Vendl: Calcit Vasköröl, antimonit Hondolról, gipsz Óbudáról és markazit Nemesvitáról. Földt. Közl. 51—52. 1921—22. 39—45.
41. V. Wartha: Fluorit. Föld. Társ. 1884. dec. 3.-i szakülés jegyzőkönyve. Földt. Közl. 14. 1884. 571.
42. L. Zechmeister, G. Tóth és S. Koch: A kiscelli agyagban fellelt fosszilis gyanta vizsgálata. Mat. és term. tud. ért. 51. 1934. 502—505.
43. K. Zimányi: Ásványtani közlemények. Földt. Közl. 21. 1891. 180—181.
44. — — Ásványtani közlemények. Ebenda 22. 1892. 231—233.
45. V. Zsivny u. G. Tóth: Újabb fosszilis gyanta a kiscelli agyagból. Ann. mus. nation. hung. 32. 1939. 1—11.

Von Budapest — dem von den Verwaltungsgrenzen umschlossenen Gebiet — sind die folgenden Mineralien bekannt.²

I. Elemente.

Schwefel S

II. Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen.

Pyrit FeS_2

Markasit FeS_2

III. Oxyde.

Quarz SiO_2

Hematit Fe_2O_3

Opal $SiO_2 + aq.$

Goethit $Fe_2O_3 \cdot H_2O$

Stilpnosiderit $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$

Limonit $Fe_2O_3 + aq.$

IV. Halogenide.

Fluorit CaF_2

V. Karbonate.

Kalzit $CaCO_3$

Dolomit $CaMg(CO_3)_2$

Aragonit $CaCO_3$

VI. Sulfate.

Baryt $BaSO_4$

Mirabilit $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$

Gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Epsomit $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

VII. Borate, Aluminate.

VIII. Phosphate, Arsenate, Antimonate.

IX. Silikate.

Halloysit

$Al_4[(OH)_8 \cdot Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$

X. Organische Verbindungen.

Kiscellit

Kiscellitähnliches Harz

² Nicht aufgezählt sind unter den Mineralien von Budapest diejenigen genau untersuchten, als gesteinbildende zu betrachtenden Mineralien, die teils aus dem Sand und schwebenden Schlamm der Donau, teils aus dem Kisceller Ton und dem Löss der Umgebung von Budapest bekannt sind.

Die Literatur-Angaben, die sich auf die oben angeführten Mineralien beziehen, sind im folgenden Verzeichnis zusammenstellt.

Aragonit 5, 6, 8, 18, 23, 24, 26, 27, 29, 32, 35.

Baryt 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 17, 19, 20, 24, 25, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 44.

Dolomit 24, 27, 29, 35.

Epsomit 28, 35.

Fluorit 4, 5, 12, 24, 27, 28, 29, 31, 32, 36, 37, 41.

Goethit 16.

Gips 2, 4, 5, 10, 24, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 40.

Halloysit 24, 29, 30, 39.

Hematit 6, 7, 16.

Kalzit 4, 5, 7, 10, 11, 15, 18, 20, 21, 22, 24, 27, 29, 32, 33, 34, 35, 38, 40.

Kiscellit 8, 42.

Kiscellitähnliches Harz 45.

Limonit 6, 7, 16, 28, 29, 32, 33, 35, 43.

Markasit 1, 5, 16, 24, 28, 43.

Mirabilit 28.

Opal 24, 32.

Pyrit 5, 6, 7, 8, 10, 24, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 43.

Quarz 4, 5, 24, 27, 29, 32, 33, 34, 35.

Schwefel 32.

Stilpnosiderit 24, 29.

Das Gebiet von Budapest kann als mineralarm bezeichnet werden; die Zahl der mit Gewissheit bekannten Mineralien beträgt insgesamt 20. Ausser den angeführten haben wir noch von einigen nicht genauer bestimmten Mineralien Kenntnis.

Die Zahl der Analysen Budapester Mineralien, die ich bei meinen Untersuchungen benützen konnte, ist äusserst gering. Die Analysen beziehen sich auf die folgenden Mineralien:

Aragonit (Pisolit) 18. — Analytiker: ?

Baryt 17. — Analytiker: A. Dózsa.

Halloysit 39. — Analytiker: G. Vavrinecz.

Kiscellit 42. — Analytiker: G. Tóth.

Kiscellitartiges Harz 45. — Analytiker: G. Tóth.

Ausserdem haben wir noch von den folgenden Mineralien unvollständige chemische Analysen:

Baryt 3. — Analytiker: J. Bernáth.

Gips 2. — Analytiker: J. Bernáth.

Halloysit 30. — Analytiker: E. Scherf.

Halloysit ? 14. — Analytiker: F. Koch.

Limonit 32. — Analytiker: R. Balló.

Markasit 1. — Analytiker: J. Bernáth.

Zwei, bzw. nicht näher bestimmte Mineralien 13. — Analytiker: F. Koch.

Auf Grund der zuverlässigen Analysen und chemischen Formeln kommen in den Mineralien von Budapest die folgenden 13 Elemente vor:

H: Aragonit, Epsomit, Goethit, Gips, Halloysit, Kiscellit, Kiscellit-ähnliches Harz, Limonit, Birabilit, Opal, Stilpnosiderit.

C: Aragonit, Dolomit, Kalzit, Kiscellit, Kiscellitähnliches Harz.

O: Aragonit, Baryt, Dolomit, Epsomit, Goethit, Gips, Halloysit, Hämatit, Kalzit, Kiscellitähnliches Harz, Limonit, Mirabilit, Opal, Quarz, Stilpnosiderit.

F: Fluorit.

Na: Mirabilit.

Mg: Aragonit, Dolomit, Epsomit, Halloysit.

Al: Aragonit, Halloysit.

Si: Aragonit, Baryt, Halloysit, Opal, Quarz.

S: Baryt, Epsomit, Gips, Kiscellit, Kiscellitähnliches Harz, Markasit, Mirabilit, Pyrit, Schwefel.

Ca: Aragonit, Baryt, Dolomit, Fluorit, Gips, Halloysit, Kalzit.

Fe: Aragonit, Baryt, Goethit, Halloysit, Hämatit, Limonit, Markasit, Pyrit, Stilpnosiderit.

Sr: Baryt.

Ba: Baryt.

Bei der geochemischen Untersuchung der Elemente der Budapester Mineralien habe ich dieselben Grundsätze befolgt und die nämlichen Berechnungen angestellt wie bei der Feststellung der Verteilung der geochemischen Elemente in den Mineralien von Felsöbánya.

Die folgende Tabelle gibt Gewichts- und Atomprocente der in den 20 Budapester Mineralien vorkommenden 13 Elemente an.

Tabelle I.

	1 H	6 C	8 O	9 F	11 Na	12 Mg		
Atomradius	1.27	0.2	1.32	1.33	0.98	0.78		
Gewichtsprozent ...	1.32	6.36	34.84	2.14	0.31	0.81		
Atomprozent	19.54	8.28	34.06	17.65	0.16	0.46		
	13 Al	14 Si	16 S	20 Ca	26 Fe	38 Sr	56 Ba	
Atomradius	0.57	0.39	1.74	1.06	0.83	1.27	1.43	
Gewichtsprozent ...	0.75	4.91	14.03	11.88	16.38	0.12	6.15	
Atomprozent	0.46	2.82	6.87	4.68	4.54	0.02	0.46	

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen sind durch das Graphikon der Abbildung 1 dargestellt. Auf dieser und den folgenden Abbildungen bezeichnet die ausgezogene Linie mit leeren Kreisen (○—○—○—○) den Logarithmus des Radius des Elements, die Strichellinie mit schwarzen Kreisen (●—●—●—●) den Logarithmus der Gewichtsprocente, die kurzgestrichelte Linie mit weiss-schwarzen Kreisen (○---○---○---○) den Logarithmus der Atomprocente, bzw. die Punkte an den Linien den Logarithmus des Radius, der Gewichtsprocente und der Atomprocente.

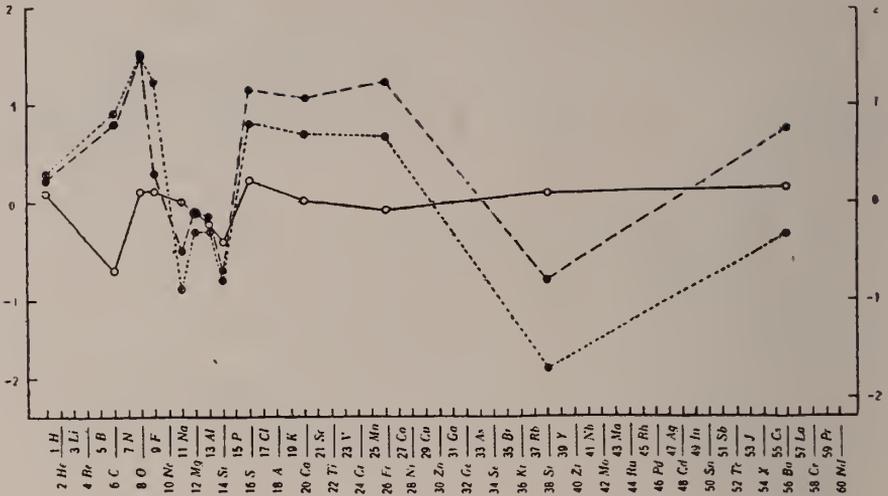


Abb. 1.

Sowohl aus den zahlenmässigen Daten, als auch aus dem Graphikon ergibt sich das umgekehrte Verhältnis der Gewichts- und Atomprocente zu den Radiusgrössen.

Felsöbánya.

An dem geologischen Aufbau von Felsöbánya sind Ton, Andesit und Rhyolit beteiligt; dieselben Gebilde sind auch am Ort des Bergbaus, am Bányahegy, zu finden.

Über den pannonischen schieferigen Ton an der Südseite des 730 m hohen Bányahegy liegt als Hülle propylitisierter Pyroxenandesit. Der Andesit an der Nordseite sank in die Tiefe. An der Verwerfungslinie drang Rhyolit auf; in der Tiefe verschmälert er sich, aufwärts aber nimmt er allmählich an Breite zu, und an der Oberfläche breitet er sich pilzartig über den Pyroxenandesit aus. Die Erzgänge stehen mit dem Rhyolit im Zusammenhang. Die differenzierten Restlösungen des Rhyolitmagmas drangen in die tektonisch entstandenen Spalten ein und bildeten Erzgänge. Die Erzausfüllung besteht aus *Au*-, *Ag*-, *Pb*-, *Zn*-, *Cu*-Erzen. Bis zu der — von der Bergspitze gerechneten — Tiefe von 400 m kamen die heute bereits abgebauten *Au*- und *Ag*-Erze vor, dann folgen in einer Zone von beiläufig 200 m *Pb*- und *Zn*-Erze, endlich erscheinen bis zu einer Tiefe von 603 m, bis zum derzeit allertiefsten Punkt des Bergbaubetriebs, in bedeutenderer Menge *Cu*-Erze auf Kosten der *Pb*- und *Zn*-Erze. Man kann eine ältere und eine jüngere Erzbildung unterscheiden. Die ältere Erzbildung ist von der jüngeren durch eine tektonische Phase getrennt, unter der sich die Gänge spalteten und kältere Lösungen in die neuen Spalten drangen (telescoping). Sowohl das ältere, als auch das jüngere Gangsystem spaltete sich zweimal und verzerte zweimal. Die Erzgänge von Felsöbánya sind als mesothermale zu bezeichnen.

Aus den Erzgängen von Felsöbánya sind die folgenden 57 Mineralien bekannt:

I. Elemente.

Schwefel S
Ged. Arsen As
Ged. Silber Ag
Ged. Gold Au

II. Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen.

Realgar AsS
Auripigment As₂S₃
Antimonit Sb₂S₃
Sphalerit ZnS
Wurtzit ZnS
Pyrit FeS₂
Markasit FeS₂
Arsenopyrit FeAsS
Galenit PbS
Metacinnabarit HgS
Cinnabarit HgS
Chalkopyrit CuFeS₂
Miargyrit AgSbS₂
Andorit Ag₂Pb₂Sb₆S₁₂
Berthierit FeSbS₄
Jamesonit Pb₂Sb₂S₅
Semseyit Pb₉Sb₈S₂₁
Diaphorit Ag₃Pb₂Sb₃S₈
Freieslebenit Ag₅Pb₃Sb₅S₁₂
Proustit Ag₃AsS₃
Pyrgaryrit Ag₃SbS₃
Xantokon Ag₃AsS₃
Pyrostilpnit Ag₃SbS₃
Bournonit Sb₂Pb₂Cu₂S₆
Tetraedrit R₃SbS₃
Polybasit (Ag, Cu)₁₆Sb₂S₁₁

III. Oxyde.

Valentinit Sb₂O₃
Quarz SiO₂
Pyrolusit MnO₂
Limonit Fe₂O₃ + xH₂O

Pyrostibit Sb₂S₂O
Voltzin Zn₅S₄O

IV. Halogenide.

V. Karbonate.

Kalzit CaCO₃
Ankerit Ca(Mg, Fe)(CO₃)₂
— Dolomit CaMg(CO₃)₂
Siderit FeCO₃
Rhodochrosit MnCO₃
Cerussit PbCO₃

VI. Sulfate, Wolframate.

Baryt BaSO₄
Anglesit PbSO₄
Wolframit (Mn, Fe)WO₄
Gips CaSO₄ + 2H₂O
Szmikit MnSO₄ + H₂O
Melanterit FeSO₄ + 7H₂O
Chalkanthit CuSO₄ + 5H₂O
Felsöbányit
Al₂(OH)₄SO₄ · 2Al(OH)₃ +
+ 5H₂O
Dietrichit Al₂(Zn, Fe, Mn)(SO₄)₄ +
+ 22H₂O

VII. Borate, Aluminate.

VIII. Phosphate, Arsenate, Antimonate.

Cervantit SbSbO₄
Stiblit 2SbO + H₂O
Diadochit
Fe₄O(OH)₂(PO₄)₂(SO₄H)₂
Sympleisit Fe₃(AsO₄)₂ + 8H₂O
Pitticit
Fe₂₀(OH)₂[(SO₄)₃(As, P)O₄]₁₀ +
+ 9H₂O

IX. Silikate.

Adular KAlSi₃O₈
Laumontit CaAl₂Si₄O₁₂ + 4H₂O

X. Organische Verbindungen.

In den Mineralien von Felsöbánya kommen 23 Elemente vor, 25% der bekannten Elemente. Die Verteilung dieser 23 Elemente in den Mineralien ist die folgende:

H: Diadochit, Dietrichit, Felsöbányit, Gips, Chalkanthit, Laumontit, Limonit, Melantherit, Pitticit, Stilbit, Szmikit, Symplesit.

C: Ankerit, Cerussit, Kalzit, Rhodochrosit, Siderit.

O: Adular, Anglesit, Ankerit, Baryt, Cervantit, Cerussit, Chalkanthit, Diadochit, Dietrichit, Felsöbányit, Gips, Kalzit, Laumontit, Limonit, Melantherit, Pyrolusit, Pyrostibit, Pitticit, Quarz, Rhodochrosit, Stiblit, Siderit, Symplesit, Szmikit, Valentinit, Voltzin, Wolframit.

Mg: Ankerit, Dietrichit, Siderit.

Al: Adular, Ankerit, Dietrichit, Felsöbányit, Laumontit.

Si: Adular, Quarz, Laumontit.

P: Diadochit.

S: Andorit, Anglesit, Antimonit, Arsenopyrit, Auripigment, Baryt, Berthierit, Bournonit, Chalkanthit, Chalkopyrit, Cinnabarit, Diadochit, Diaphorit, Dietrichit, Felsöbányit, Freieslebenit, Galenit, Gips, Jamesonit, Markasit, Melantherit, Metacinnabarit, Miargyrit, Pyrargyrit, Pyrit, Pyrostibit, Pyrostilpnit, Pitticit, Polybasit, Proustite, Realgar, Schwefel, Semseyit, Sphalerit, Szmikit, Tetraedrit, Volzin, Wurtzit, Xanthokon.

K: Adular.

Ca: Ankerit, Gips, Kalzit, Laumontit, Siderit.

Mn: Berthierit, Dietrichit, Jamesonit, Pyrolusit, Rhodochrosit, Siderit, Szmikit, Wolframit.

Fe: Andorit, Ankerit, Antimonit, Arsenopyrit, Berthierit, Bournonit, Chalkopyrit, Diadochit, Dietrichit, Jamesonit, Limonit, Markasit, Melantherit, Metacinnabarit, Miargyrit, Pyrit, Pitticit, Semseyit, Sphalerit, Siderit, Symplesit, Wolframit.

Cu: Andorit, Berthierit, Bournonit, Chalkanthit, Chalkopyrit, Miargyrit, Polybasit, Tetraedrit.

Zn: Andorit, Berthierit, Dietrichit, Jamesonit, Metacinnabarit, Sphalerit, Volzin, Wurtzit.

As: Arsen, Arsenopyrit, Auripigment, Pitticit, Proustite, Realgar, Symplesit, Xanthokon.

Ag: Andorit, Diaphorit, Freieslebenit, Miargyrit, Pyrargyrit, Pyrostilpnit, Polybasit, Proustite, Silber, Xanthokon.

Cd: Sphalerit.

Sb: Andorit, Antimonit, Arsenopyrit, Berthierit, Bournonit, Cervantit, Diaphorit, Freieslebenit, Jamesonit, Miargyrit, Pyrargyrit, Pyrostibit, Pyrostilpnit, Polybasit, Semseyit, Stiblit, Tetraedrit, Valentinit, Volzin.

Ba: Baryt.

W: Wolframit.

Au: Gold.

Hg: Cinnabarit, Metacinnabarit.

Pb: Andorit, Anglesit, Berthierit, Bournonit, Cerussit, Diaphorit, Freieslebenit, Galenit, Jamesonit, Miargyrit, Semseyit, Sphalerit.

Die 23 chemischen Elemente der 57 Mineralien von Felsöbánya

kommen mit dem auf der folgenden Tabelle angegebenen Gewichts- und Atomprozentsatz vor:

Tabelle II.

	1 H	6 C	8 O	12 Mg	18 Al	14 Si
Radius	1.27	0.2	1.32	0.78	0.57	0.39
Gewichtsprozent ...	0.25	1.06	16.35	0.31	0.41	2.61
Atomprozent	9.00	3.20	36.30	0.36	0.71	3.56
	15 P	16 S	19 K	20 Ca	25 Mn	26 Fe
Radius	0.3—0.4	1.74	1.33	1.06	0.91	0.83
Gewichtsprozent ...	0.08	18.18	0.23	1.47	2.31	8.79
Atomprozent	0.11	20.28	0.36	1.42	1.42	5.69
	29 Cu	30 Zn	33 As	47 Ag	48 Cd	51 Sb
Radius	0.96	0.83	0.69	1.13	1.03	0.90
Gewichtsprozent ...	2.94	3.67	4.90	7.10	0.01	13.25
Atomprozent	1.78	2.14	2.49	2.49	0.004	3.92
	56 Ba	74 W	79 Au	80 Hg	82 Pb	
Radius	1.43	0.68	1.37	1.12	1.32	
Gewichtsprozent ...	2.42	0.99	0.82	1.40	10.45	
Atomprozent	0.71	1.78	0.14	0.36	1.78	

Die auf der vorstehenden Tabelle zusammengefassten Ergebnisse sind graphisch durch Abbildung 2 veranschaulicht.

Das umgekehrte Verhältnis der Gewichts- bzw. Atomprocente zu den Radien ist von mir zuerst bei den Elementen der Felsöbányaer Mineralien erkannt worden.

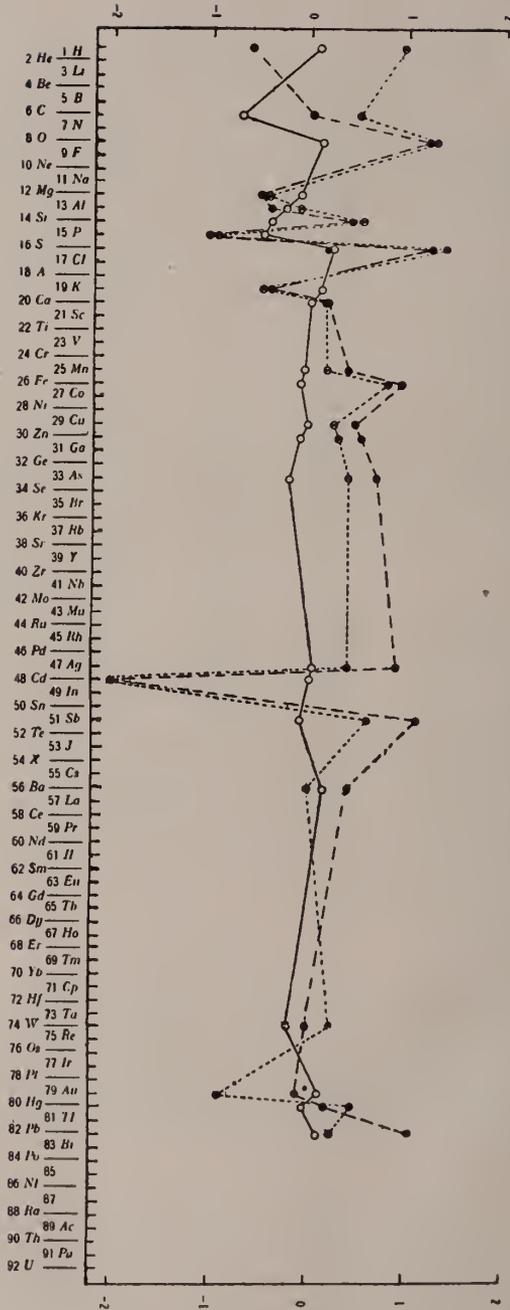
Långban.

Die Bergwerke von Långban befinden sich 20 km nordöstlich von Filipstad, im westlichen Teile des Grubengebiets von Mittelschweden, in Värmland. Die geologischen und erzlagerstättenkundlichen Verhältnisse sind uns aus der Abhandlung von *Magnusson* in allen Einzelheiten bekannt.³

Die ältesten Gesteine des Gebiets sind durch Umwandlung der Tuffe und Porphyre entstandene *K-* und *Na-Leptite*, in denen Einlagerungen von Kalkstein und Dolomit vorkommen. Der Dolomit ist im Süden und Osten von Kalileptit,

³ Nils H. Magnusson: Långban malmtrakt. Sveriges geol. undersökning. Ser. Ca № 23. Stockholm. 1930, 1—111.

Abb. 2.



im Norden und Westen von Granit umgeben. Im Dolomit treten Erze auf. Die Hangenden des Erzes sind Grauwacke, Hälleflinta und Spillite mit Diabas-Intrusionen. Diese Gesteine erfuhren eine zweimalige Faltung, wobei das Gestein zweier verschiedener Granitmagmen (Hyttisjögranit und Filipstadgranit) eindrangen. Aus der Intrusion der älteren Faltungszeit entstanden durch Regionalmetamorphose, ohne Stoffzufuhr, *Ca*-reiche Skarngesteine. Anlässlich der jüngeren Faltung erfolgte *Mg*-Zufuhr, die Leptite verkieselten, der hiebei entstandene Skarn wurde epidotisiert und skapolitisiert; zugleich wurden Fluorit und Sulfide ausgeschieden. Der erste Skarn steht mit Eisenerzen, der zweite mit Manganerzen in Verbindung. Die Mitte der Eisenerze ist kieseliges Eisenoxyd, ihr Rand Magnetit. Der mittlere Teil der Manganerze besteht aus Braunit, ihr Rand aus Hausmannit. Die berühmten Mineralien von Långban kommen hauptsächlich in Manganerzen vor. Die Ausscheidung der Mineralien ging in vier Phasen vor sich. In der ersten Phase wurden die primären Erze ausgeschieden, die nur mehr als Relikten, als Rekrystallisationsminerale erkennbar sind. In diese Phase gehören die jüngsten Skarnmineralien. In der nächsten Phase entstand, und zwar bei hoher Temperatur, der grösste Teil der Skarnmineralien. Wirkte die Thermometamorphose eine lange Zeit hindurch, so unterlagen die primären Mineralien einer vollständigen Umbildung, es entstanden neue Mineralien. Im ersten Teil der dritten Phase kamen die Mineralien der ersten Hohlraum- und Gangaufüllungen zustande; im zweiten Teil war die Ausscheidung der Sulfide grösstenteils zu Ende. In der letzten, der vierten, Phase entstanden die Mineralien sämtlicher späterer Hohlraum- und Gangaufüllungen.

Die Mangan- und Eisenerze sind metasomatisch. Aus den oxygenreichen Lösungen wurden zuerst Fe_2O_3 und SiO_2 ausgeschieden. Die kieseligen Hämatiterze entstanden aus Eisenjaspis durch Entmischung. Aus der Lösung wurde auch Mn_2O_3 und SiO_2 ausgeschieden. Das Fe_2O_3 wandelte sich in Magnetit (Fe_3O_4), das Mn_2O_3 in Hausmannit (Mn_2O_4) um. In der zweiten Phase entstanden die Eisen-Skarngebilde mit Stoffzufuhr, sämtliche mit charakteristischem Mineralienfolge.

Magnusson behandelt eingehend die aus Långban bekannten Mineralien und teilt die Paragenese und Sukzession von 108 Mineralien mit. Demnach ist die letzte Ursache der gegenwärtigen mineralischen Zusammensetzung die Regionalmetamorphose. Die rührt von wiederholten Mineralausscheidungen her und das Auftreten des Scheelit und Fluorit in den jungen Spalten ist eine Rejuvenationserscheinung; diese Rejuvenationserscheinung trat bereits in den zweiten Phase ein.

Mit der Geochemie der Mineralien von Långban befasste sich *Aminoff*.⁴ Die von ihm untersuchten Mineralien sind die folgenden. (Die Formeln der angeführten Mineralien sind die von *Aminoff* mitgeteilten.)

I. Elemente.

Ged. Blei *Pb*

Ged. Wismut *Bi*

Ged. Kupfer *Cu*

Ged. Arsen *As*

Ged. Silber *Ag*

⁴ G. Aminoff: Notes on the mineral deposit of Långban from a chemical point of view. Kungl. svenska vetenskapakad. handlingar. III. Serien. Bd. 9. № 5. 1931. 4—13.

II. Schwefel-, Arsen- und
Antimonverbindungen.

Sphalerit ZnS	Domeykit Cu_3As
Galenit PbS	Chalkozit Cu_2S
Realgar As_2S_3	Chalkopyrit $Cu_2S \cdot Fe_2S_3$
Pyrit FeS_2	Bornit $3Cu_2S \cdot Fe_2S_3$
Molybdenit MoS_2	

III. Oxyde.

Quarz SiO_2
Manganosit MnO
Bromellit BeO
Hämatit Fe_2O_3
Pyrophanit $MnTiO_3$
Spinell $RO \cdot R_2O_3$
Magnetit $FeO \cdot Fe_2O_3$
Hausmannit $MnO \cdot Mn_2O_3$
Braunit $3Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$
Plumboferrit $PbO \cdot 2Fe_2O_3$
Magnetoplumbit $2(Pb, Mn)O \cdot 3Fe_2O_3$
Långbanit $(Mn, Sb, Fe, etc.)_2O_3 + (Mn, etc.)SiO_3$
Brucit $Mg(OH)_2$
Pyrochroit $Mn(OH)_2$
Bäckströmit $Mn(OH)_2$
Manganit $MnO \cdot OH$
Pyroaurit $Fe(OH)_3 \cdot 3Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$
Quenselit $Pb(OH) \cdot MnO_2$

IV. Halogenide.

Fluorit CaF_2

V. Karbonate.

Kalzit $CaCO_3$
Dolomit $CaCO_3 \cdot MgCO_3$
Aragonit $CaCO_3$
Barytokalzit $BaCO_3 \cdot CaCO_3$
Hydrocerussit $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$

VI. Sulphate, Wolframate.

Anhydrit $CaSO_4$
Baryt $BaSO_4$
Gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Scheelit $CaWO_4$

VII. Borate, Aluminate.

Pinakiolit $3MgO \cdot MnO \cdot Mn_2O_3 \cdot B_2O_3$

VIII. Phosphate, Arsenate, Antimonate.

Berzeliit $3(Ca, Mg, Mn)O \cdot As_2O_5$

Carynit $3(Ca, Mg, Mn, Pb)O \cdot As_2O_5$

Atopit $2CaO \cdot Sb_2O_5$

Weslienit $5(Ca, Fe, Na_2)O \cdot 2Sb_2O_5$

Monimolit $3(Pb, Ca, Fe, Na_2)O \cdot Sb_2O_5$

Swedenborgit $Na_2O \cdot 2Al_2O_3 \cdot Sb_2O_5$

Hedyphan $9(Pb, Ca, Ba)O \cdot 3As_2O_5 \cdot (Pb \text{ etc})Cl_2$

Svabit $9CaO \cdot 3As_2O_5 \cdot Ca(F, OH, Cl)_2$

Tilasit $MgF_2 \cdot MgO \cdot 2CaO \cdot As_2O_5$

Adelit $Mg(OH, F)_2 \cdot MgO \cdot 2CaO \cdot As_2O_5$

Sarkanit $4MnO \cdot As_2O_5 \cdot H_2O$

Arsenoklas $5MnO \cdot As_2O_5 \cdot 2H_2O$

Allaktit $7MnO \cdot As_2O_5 \cdot 4H_2O$

Akrochordit $4MnO \cdot MgO \cdot As_2O_5 \cdot 6H_2O$

Pyrobelonit $4PbO \cdot 7MnO \cdot 2V_2O_5 \cdot 3H_2O$

Armangit $3MnO \cdot As_2O_3$

Trigonit $3PbO \cdot (MnH)AsO_3 \cdot As_2O_3$

Finnemanit $9PbO \cdot PbCl_2 \cdot 3As_2O_3$

Ekdemit $4PbO \cdot 2PbCl_2 \cdot As_2O_3$

Nadorit $PbO \cdot PbCl_2 \cdot Sb_2O_3$

Dixenit Silikoarsenat von unsicherer Zusammensetzung.

IX. Silikate.

Feldspate (Mikroclin, Hialofan, usw.)

Olivine (Forsterit, Tefroit und Pikrotefroit)

Phenakit $2BeO \cdot SiO_2$

Trimerit $CaO \cdot 2MnO \cdot 3BeO \cdot 3SiO_2$

Vesuvian $Ca_6[Al(OH, F)]Al_2(SiO_4)_5$

Pyroxene (Diopsid, Urbanit, Schefferit, Fe-Schefferit,

Bustamit, Rhodonit, usw.)

Pectolit $H_2O \cdot Na_2O \cdot 4CaO \cdot 6SiO_2$

Margarosanit $PbO \cdot 2CaO \cdot 3SiO_2$

Amphibole (Aktinolit, Richterit, usw.)

Granate (Andradit, Spessartin, usw.)

Prehnit $2CaO \cdot H_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O$

Klinohumit $Mg(F, OH)_2 \cdot 8MgO \cdot 4SiO_2$

Skapolit $mCa_4Al_6Si_6O_{25} \cdot nNa_4Al_3Si_5O_{24}Cl$

Barysilit $3PbO \cdot 2SiO_2$

Molybdophyllit $PbO \cdot MgO \cdot H_2O \cdot SiO_2$

Nasonit $5PbO \cdot 4CaO \cdot PbCl_2 \cdot 6SiO_2$

Ganomalit $5PbO \cdot 4CaO \cdot Pb(OH)_2 \cdot 6SiO_2$

Barylit $2PbO \cdot BaO \cdot 2SiO_2$

Kentrolit $2PbO \cdot Mn_2O_3 \cdot 2SiO_2$

Hyalotekit *Pb, Ba, Ca, B-Silikat mit F*

Melanotekit $2PbO \cdot Fe_2O_3 \cdot 2SiO_2$

Glimmer-Gruppe

Hisingerit Wasserhaltiges Silikat von unsicherer Zusammensetzung.

Chlorite

Serpentin $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

Talk $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$

Ektropit (Bementit) $8MnO \cdot 7SiO_2 \cdot 5H_2O$

Epidot $H_2O \cdot 4CaO \cdot 3(Al, Fe)_2O_3 \cdot 6SiO_2$

Piemontit $H_2O \cdot 4CaO \cdot 3(Mn, Al, Fe)_2O_3 \cdot 6SiO_2$

Apophyllit $K_2O \cdot 8CaO \cdot 16SiO_2 \cdot 16H_2O$

Inesit $2(Mn, Ca)O \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$

Thaumasit $CaSiO_3 \cdot CaCO_3 \cdot CaSO_4 \cdot 15H_2O$

Die Elemente der aufgezählten Mineralien verteilen sich folgendermassen:

H: Adelit, Akrochordit, Allaktit, Apophyllit, Arsenoklas, Bäckströmit, Biotit, Brucit, Chlorit, Ektropit, Epidot, Ganomalit, Gips, Hydrocerussit, Hisingerit, Inesit, Klinohumit, Manganit, Maganophyllit, Molybdophyllit, Muskovit, Pektolit, Piemontit, Prehnit, Pyroaurit, Pyrobelonit, Pyrochroit, Quenselit, Sarkinit, Svabtit, Serpentin, Talk, Thaumasit, Trigonit.

Li: Lithiumglimmer.

Be: Barylit, Bromellit, Hyalotekit, Phenakit, Trimerit.

B: Hyalotekit, Pinakiolit.

C: Aragonit, Barytokalzit, Dolomit, Hydrocerussit, Kalzit, Thaumasit.

O: Adelit, Aktinolit, Akrochroit, Allaktit, Amphibol, Anhydrit, Apophyllit, Armangit, Aragonit, Arsenoklas, Atopit, Barylit, Baryt, Barytokalzit, Barisilit, Bäckströmit, Berzeliit, Biotit, Braunit, Bromellit, Brucit, Bustamit, Chlorit, Diopsid, Dolomit, Ekdemit, Dixenit, Ektropit, Epidot, Finnemanit, Forsterit, Ganomalit, Gips, Granat, Hausmannit, Hedyphan, Hematit, Hyalophan, Hyalotekit, Hydrocerussit, Inesit, Kalzit, Karinit, Kentrolit, Klinohumit, Långbanit, Magnetit, Manganophyllit, Manganosit, Magneto-plumbit, Margarosanit, Melanotekit, Mikroclin, Molybdophyllit, Monimolit, Muskovit, Nadorit, Nasonit, Pektolit, Phenakit, Phlogopit, Piemontit, Pikroterfroit, Pinakiolit, Pyroaurit, Pyrochroit, Pyrobelonit, Pyrophanit, Plagioklas, Plumboferrit, Prehnit, Quarz, Quenselit, Richterit, Rhodonit, Sarkinit, Scheelit, Schefferit, Skapolit, Spinell, Svabtit, Swedenborgit, Serpentin, Talk, Tefroit, Thaumasit, Tilasit, Tremolit, Trigonit, Trimerit, Urbanit, Vesuvian, Weslienit.

F: Adelit, Fluorit, Hyalotekit, Klinohumit, Phlogopit, Svabtit, Tilasit, Vesuvian.

Na: Amphibol, Monimolit, Muskovit, Pektolit, Plagioklas, Richterit, Skapolit, Swedenborgit, Urbanit, Weslienit.

Mg: Adelit, Akrochordit, Aktinolit, Amphibol, Berzeliit, Biotit, Brucit, Chlorit, Diopsid, Dolomit, Ektropit, Forsterit, Granat, Karinit, Klinohumit, Manganophyllit, Molybdophyllit, Phlogopit, Pinakiolit, Pikroferriit, Pyroaurit, Richterit, Schefferit, Spinell, Serpentin, Talk, Tilasit, Tremolit, Urbanit.

Al: Amphibol, Biotit, Chlorit, Epidot, Granat, Hyalophan, Manganophyllit, Mikroklin, Muskovit, Phlogopit, Piemontit, Plagioklas, Spinell, Skapolit, Swedenborgit, Vesuvian.

Si: Aktinolit, Amphibol, Apophyllit, Barylit, Barysilit, Biotit, Braunit, Bustamit, Chlorit, Diopsid, Dixenit, Ektropit, Epidot, Forsterit, Ganomalit, Granat, Hisingerit, Hyalotekit, Hyalophan, Inesit, Kentrolit, Klinohumit, Långbanit, Manganophyllit, Margarosanit, Melanotekit, Mikroklin, Molybdophyllit, Muskovit, Nasonit, Pektolit, Phenakit, Phlogopit, Piemontit, Pikroferriit, Plagioklas, Prehnit, Quarz, Richterit, Rhodonit, Schefferit, Serpentin, Skapolit, Talk, Tefroit, Thaumasil, Tremolit, Trimerit, Urbanit, Vesuvian.

P: In mehreren Mineralien untergeordnet.

S: Anhydrit, Baryt, Bornit, Chalkozit, Chalkopyrit, Galenit, Gips, Molybdenit, Pyrit, Realgar, Sphalerit, Thaumasil.

Cl: Ekdemit, Finnemanit, Hedyphan, Nadorit, Nasonit, Svabit, Skapolit.

K: Apophyllit, Biotit, Hyalophan, Manganophyllit, Mikroklin, Muskovit, Phlogopit, Richterit.

Ca: Adelit, Aktinolit, Amphibol, Anhydrit, Apophyllit, Aragonit, Atopit, Barytokalzit, Berzeliit, Bustamit, Diopsid, Dolomit, Ektropit, Epidot, Fluorit, Ganomalit, Gips, Granat, Hyalotekit, Hedyphan, Inesit, Kalzit, Karinit, Margarosanit, Monimolit, Nasonit, Pektolit, Piemontit, Plagioklas, Prehnit, Richterit, Scheellit, Schefferit, Svabit, Skapolit, Thaumasil, Tilasit, Tremolit, Trimerit, Urbanit, Vesuvian, Weslienit.

Ti: Hausmannit, Magnetoplumbit, Pyrophanit.

V: Berzeliit, Pyrobelonit.

Cr: Magnetoplumbit.

Mn: Akrochordit, Allaktit, Arsenoklas, Armangit, Bäckströmit, Berzeliit, Braunit, Bustamit, Ektropit, Granat, Hausmannit, Inesit, Karinit, Kentrolit, Långbanit, Manganit, Manganophyllit, Manganosit, Magnetoplumbit, Piemontit, Pinakolit, Pikroferriit, Pyrobelonit, Pyrochroit, Pyrophanit, Quenselit, Richterit, Rhodonit, Sarkinit, Schefferit, Tefroit, Trimerit, Trigonit, Urbanit.

Fe: Aktinolit, Amphibol, Biotit, Bornit, Chalkopyrit, Ektropit, Epidot, Hematit, Hisingerit, Långbanit, Manganophyllit, Magnetit, Magnetoplumbit, Melanotekit, Monimolit, Piemontit, Pyrit, Pyroaurit, Plumboferriit, Richterit, Spinell, Urbanit.

Cu: Bornit, Chalkopyrit, Chalkozit, Domeykit, Kupfer.

Zn: Sphalerit.

As: Adelit, Akrochordit, Allaktit, Armangit, Arsen, Arsenoklas, Berzeliit, Dixenit, Domeykit, Ekdemit, Finnemanit, Hedyphan, Karinit, Realgar, Sarkinit, Svabit, Tilasit.

Ag: Silber.

Mo: Molybdenit, Scheelit.

Sb: Atopit, Långbanit, Monimolit, Nadorit, Swedenborgit, Weslienit.

Ba: Barylit, Barytokalzit, Baryt, Hedyphan, Hyalophan, Hyalotekit,

W: Scheelit.

Pb: Barylit, Barysilit, Blei, Ekdemit, Finnemanit, Galenit, Ganomalit, Hedyphan, Hyalotekit, Hydrocerussit, Karinit, Kentrolit, Magnetoplumbit, Margarosanit, Melanotekit, Molybdophyllit, Monimolit, Nadorit, Nasonit, Pyrobelonit, Plumboferrit, Trigonit, Quenselit.

Bi: Wismut.

Die Gewichts- und Atomprocente der in den Mineralien von Långban vorkommenden Elemente sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle III.

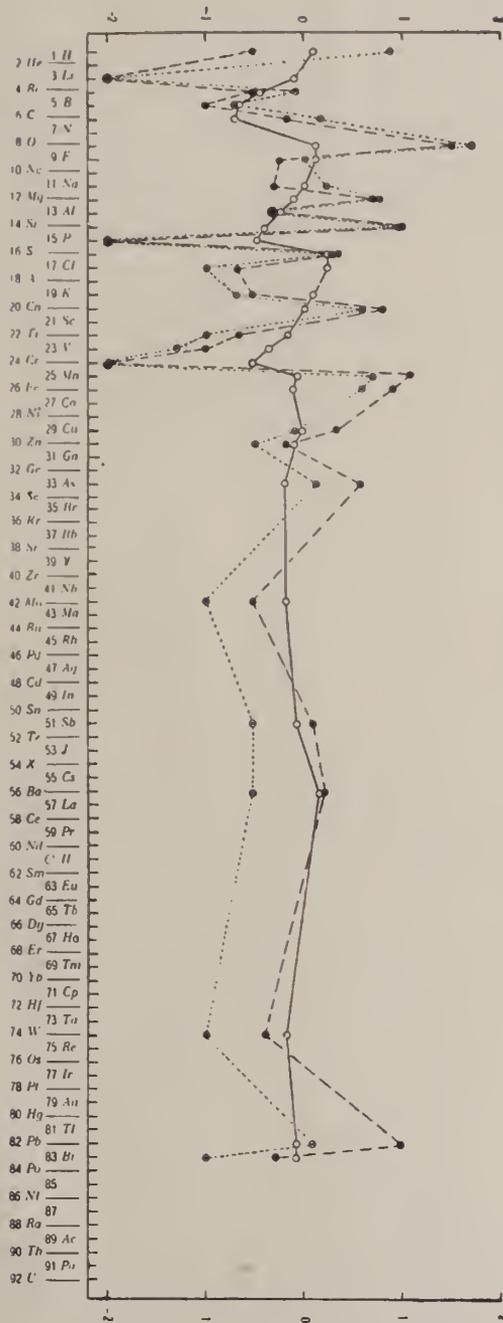
	1 H	3 Li	4 Be	5 B	6 C	8 O	
Atomradius	1.27	0.78	0.34	0.2	0.2	1.32	
Gewichtsprozent ...	0.3	0.01	0.3	0.1	0.7	32.0	
Atomprozent	7.7	0.01	0.8	0.2	1.5	52.1	
	9 F	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	
Atomradius	1.33	0.98	0.78	0.57	0.39	0.30	
Gewichtsprozent ...	0.6	0.5	5.3	0.5	10.0	0.01	
Atomprozent	0.8	0.6	5.7	0.5	9.3	0.01	
	16 S	17 Cl	19 K	20 Ca	22 Ti	23 V	
Atomradius	1.76	1.81	1.33	1.06	0.64	0.40	
Gewichtsprozent ...	2.4	0.2	0.3	6.7	0.2	0.1	
Atomprozent	2.0	0.1	0.2	4.4	0.1	0.05	
	24 Cr	25 Mn	26 Fe	29 Cu	30 Zn	33 As	
Atomradius	0.30	0.91	0.83	0.96	0.83	0.69	
Gewichtsprozent ...	0.01	12.0	8.1	2.2	0.8	3.8	
Atomprozent	0.01	5.7	3.8	0.9	0.3	1.3	
	42 Mo	47 Ag	51 Sb	56 Ba	74 W	82 Pb	83 Bi
Atomradius	0.68	1.13	0.90	1.43	0.68	1.32	1.34
Gewichtsprozent ...	0.3	0.3	1.1	1.5	0.4	9.1	0.5
Atomprozent	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	1.2	0.1

Die zahlenmässigen Angaben der Tabelle sind durch Diagramm 3 dargestellt. Aus der Tabelle sowie aus dem Diagramm ist feststellbar, dass die Gewichts- und Atomprocente zu den Radien im umgekehrten Verhältnis stehen.

Opdalit.

Zur Untersuchung der bei höchster Temperatur und unter grösstem Druck entstandenen Mineralparagenese diene mir der in der Umgebung von Opdat vorkommende Opdalit, dasjenige Tiefengestein, dessen che-

Abh. 3.



mische Zusammensetzung der durchschnittlichen chemischen Zusammensetzung der festen Erdkruste am nächsten steht.⁵

Der Opdalit kommt in Südnorwegen vor, etwa 130 km südlich von Trondhjem, an der Grenze des Tiefengesteingebietes, das sich zwischen *Opdal* und *Inset* in einer Ausdehnung von rund 150 km² erstreckt. Die Zusammensetzung dieser gewaltigen Gesteinmasse wechselt vom Quarz-Biotit-Norit bis zum sauren quarzreichen Trondhjemit. Im mittelkörnigen, hellgrauen Opdalit sind mit unbewaffnetem Auge Plagioklas, Pyroxen und Biotit, unter dem Mikroskop Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz, Hypersten, Diopsidaugit, Biotit, Apatit, Magnetit, Zirkon und Pyrrhotin erkennbar.

Die chemische Zusammensetzung des Opdalits ist die folgende:

	Mittelwert von zwei Analysen	Auf 100 umgerechnet
SiO ₂	61.95	61.87
TiO ₂	0.96	0.96
Al ₂ O ₃	15.30	15.28
Fe ₂ O ₃	0.94	0.94
FeO	4.57	4.56
MnO	0.03	0.03
MgO	4.10	4.09
CaO	4.66	4.65
BaO	0.03	0.03
Na ₂ O	3.43	3.43
Ka ₂ O	3.37	3.37
P ₂ O ₅	0.16	0.16
CO ₂	0.09	0.09
S	0.02	0.02
H ₂ O — 105°	0.02	0.02
H ₂ O + 105°	0.50	0.50
	100.13	100.00

Die aus zwei Analysen des Opdalits berechnete Norme ist:

Quarz	16.0	14.0
Kalifeldspat	15.0	13.0
Albit	28.0	30.1
Anortit	15.0	16.0
Diopsidaugit	4.7	5.2
Hypersthen	8.8	9.3
Magnetit	0.5	0.5
Ilmenit	1.2	1.2
Biotit... ..	10.0	10.5
Apatit	0.4	0.4

⁵ V. M. Goldschmidt: Geol.-petr. Studien im Hochgebirge des südlichen Norwegens. IV. Vid.-Akad. Skr. Oslo. 1916. 70—75.

Pyrrhotin	0.1	—
Kalzit	0.1	0.3
		99.8	100.5

Bei der geochemischen Bewertung des Gesteins bin ich nicht von modalen und normativen Daten ausgegangen, sondern ich habe unmittelbar die Wertangaben der Analyse benützt und umgerechnet. Die solchermaßen gewonnenen Gewichts- und Atomprozent der Elemente sind die folgenden:

Tabelle IV.

	1	6	8	11	12	13
	H	C	O	Na	Mg	Al
Atomradius	1.27	0.2	1.32	0.98	0.78	0.57
Gewichtsprozent ...	0.06	0.03	48.85	2.54	2.47	8.08
Atomprozent	1.26	0.004	61.50	2.31	2.10	6.30
	14	15	16	19	20	22
	Si	P	S	K	Ca	Ti
Atomradius	0.39	0.3	1.74	1.33	1.06	0.64
Gewichtsprozent ...	28.91	0.08	0.02	2.80	3.33	0.58
Atomprozent	21.61	0.06	0.02	1.47	1.68	0.21
	25	26	26	56		
	Mn	Fe ^{II}	Fe ^{III}	Ba		
Atomradius	0.91	0.83	0.67	1.43		
Gewichtsprozent ...	0.02	3.54	0.66	0.03		
Atomprozent	0.01	1.26	0.21	0.004		

Die zahlenmässigen Angaben und das Graphikon der Abbildung 4 bekräftigen das umgekehrte Verhältnis des Gewichts- und Atomprozentsatzes zum Radius bei den chemischen Elementen des Opdalits.

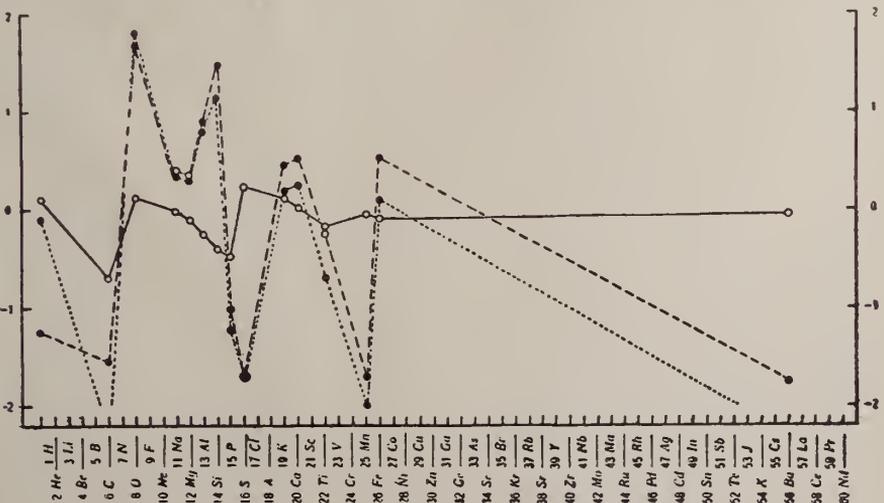


Abb. 4.

Kosmos.

Im vorstehenden wurden die Elemente verschiedener Fundorte der Erde in Hinsicht auf die Grösse ihres Radius, sowie auf die Höhe ihres Gewichts- bzw. Atomprozentsatzes untersucht. Ich konnte feststellen, dass Radius und Prozente im umgekehrten Verhältnis zueinander stehen; bei grossem Radius vermindert sich der Gewichts- bzw. Atomprozentsatz, bei kleinem Radius hingegen steigt er. Diese Feststellung ist nur dann allgemeingültig, wenn sie sich nicht nur bezüglich der Elemente der Erde, sondern auch in bezug auf die Elemente der Meteorite, der Sterne und der Sonnensysteme als wahr erweist. Auch dieser Bedingung kann entsprochen werden. *V. M. Goldschmidt* teilt in seiner Abhandlung⁶ die zahlenmässigen Angaben über Verteilung und Häufigkeit der Elemente und ihrer Isotope mit; seine Mitteilungen erstrecken sich nicht bloss auf die Elemente der Erde, sondern auch auf die des Kosmos. Er bezieht die einzelnen Atomsorten auf 10000 Siliziumatome als Einheit. Es greift nicht in das Wesen der Sache, dass die Daten sich im Vergleich zu den oben angeführten auf eine andere Einheit beziehen, und darum habe ich die Angaben *V. M. Goldschmidts* mit der einzigen Änderung übernommen, dass ich die auf die Isotope bezüglichen Daten zusammengezogen habe.

Tabelle V.

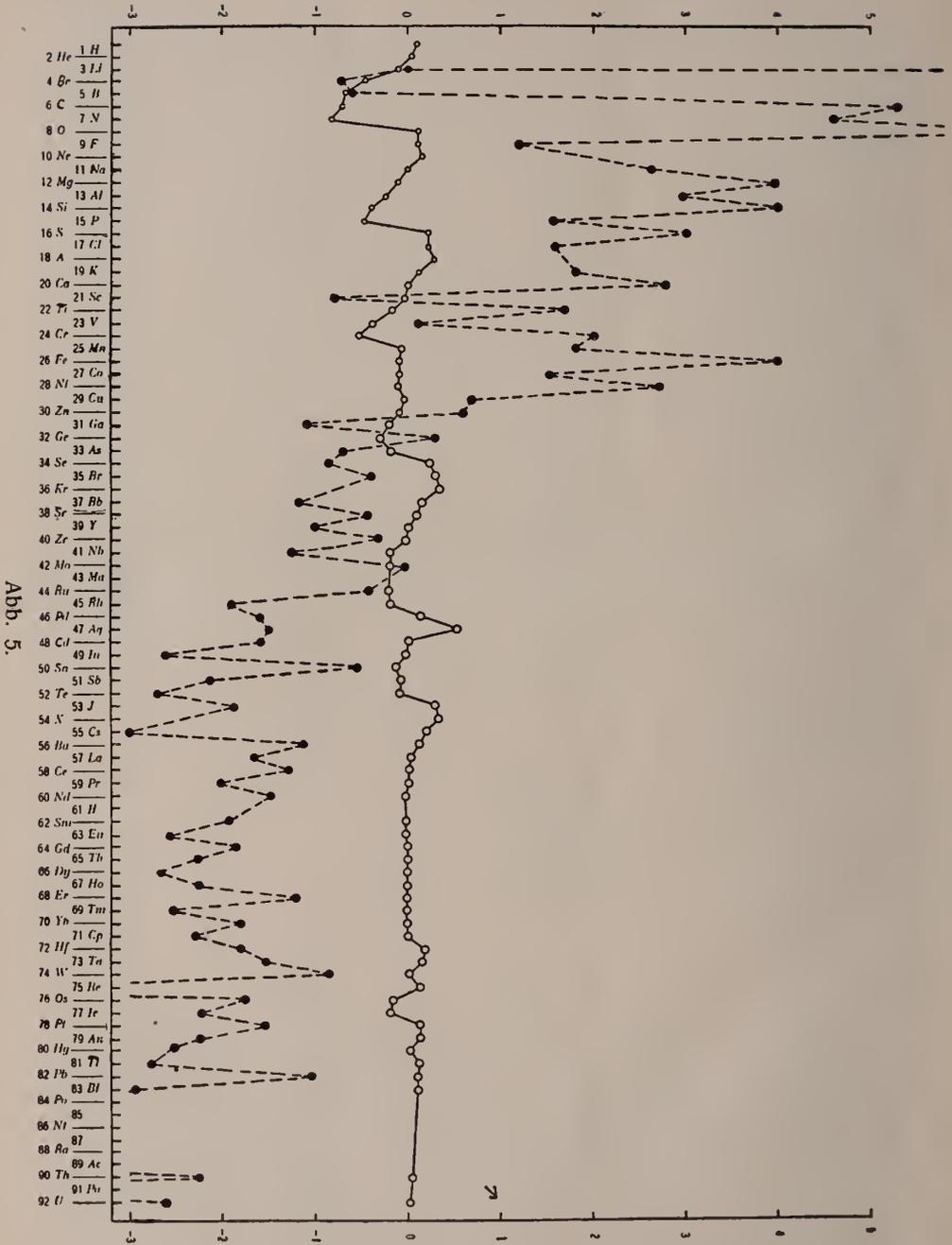
	Radius	Auf 10000 Si-Atome sich beziehende Mengen		Radius	Auf 10000 Si-Atome sich beziehende Mengen		
1	<i>H</i>	1.27	22504500	17	<i>Cl</i>	1.81	39
2	<i>He</i>	1.22	9000000	18	<i>A</i>	1.92	
3	<i>Li</i>	0.78	1.0	19	<i>K</i>	1.33	68.96
4	<i>Be</i>	0.34	0.19	20	<i>Ca</i>	1.06	571
5	<i>B</i>	0.2	0.23	21	<i>Sc</i>	0.83	0.15
6	<i>C</i>	0.2	224975	22	<i>Ti</i>	0.64	47.01
7	<i>N</i>	0.1-0.2	75985	23	<i>V</i>	0.4	1.30
8	<i>O</i>	1.32	7499800	24	<i>Cr</i>	0.3	113.04
9	<i>F</i>	1.33	15	25	<i>Mn</i>	0.91	66
10	<i>Ne</i>	1.52		26	<i>Fe</i>	0.83	8910.30
11	<i>Na</i>	0.98	442	27	<i>Co</i>	0.82	34.97
12	<i>Mg</i>	0.78	8723	28	<i>Ni</i>	0.78	459.94
13	<i>Al</i>	0.57	879	29	<i>Cu</i>	0.96	4.60
14	<i>Si</i>	0.39	10000	30	<i>Zn</i>	0.83	3.5954
15	<i>P</i>	0.3	59	31	<i>Ga</i>	0.62	0.084
16	<i>S</i>	1.74	1139.6	32	<i>Ge</i>	0.44	1.88

⁶ *V. M. Goldschmidt*: Geochem. Verteilungsgesetze der Elemente IX. Vid.-Akad. Skr. Oslo. 1938.

	Radius	Auf 10000 Si-Atome sich beziehende Menge		Radius	Auf 10000 Si-Atome sich beziehende Mengen	
33	<i>As</i>	0.69	63	<i>Eu</i>	1.13	0.00280
34	<i>Se</i>	1.91	64	<i>Gd</i>	1.11	0.01388
35	<i>Br</i>	1.96	65	<i>Tb</i>	1.09	0.00520
36	<i>Kr</i>	2.1	66	<i>Dy</i>	1.07	0.02031
37	<i>Rb</i>	1.49	67	<i>Ho</i>	1.05	0.00570
38	<i>Sr</i>	1.27	68	<i>Er</i>	1.04	0.01630
39	<i>Y</i>	1.06	69	<i>Tm</i>	1.04	0.00290
40	<i>Zr</i>	0.87	70	<i>Yb</i>	1.00	0.01495
41	<i>Nb</i>	0.69	71	<i>Cp</i>	0.99	0.00492
42	<i>Mo</i>	0.68	72	<i>Hf</i>	1.59	0.01500
43	<i>Ma</i>		73	<i>Ta</i>	1.42	0.028?
44	<i>Ru</i>	0.65	74	<i>W</i>	0.68	0.14339
45	<i>Rh</i>	0.68	75	<i>Re</i>	1.37	0.00001798
46	<i>Pd</i>	1.37	76	<i>Os</i>	0.67	0.01740513
47	<i>Ag</i>	1.13	77	<i>Ir</i>	0.66	0.00580
48	<i>Cd</i>	1.03	78	<i>Pt</i>	1.38	0.028739
49	<i>In</i>	0.92	79	<i>Au</i>	1.37	0.00570
50	<i>Sn</i>	0.74	80	<i>Hg</i>	1.12	0.0030028
51	<i>Sb</i>	0.90	81	<i>Tl</i>	1.05	0.001700
52	<i>Te</i>	2.11	82	<i>Pb</i>	1.32	0.0910
53	<i>J</i>	2.20	83	<i>Bi</i>	1.34	0.00114
54	<i>X</i>	2.3	84	<i>Po</i>		2.0.10 ⁻¹³
55	<i>Cs</i>	1.65	85			
56	<i>Ba</i>	1.43	86	<i>Nc</i>		5.3.10 ⁻¹⁵
57	<i>La</i>	1.22	87			
58	<i>Ce</i>	1.18	88	<i>Ra</i>		8.2.10 ⁻¹⁰
59	<i>Pr</i>	1.16	89	<i>Ac</i>		2.0.10 ⁻¹³
60	<i>Nd</i>	1.15	90	<i>Th</i>	1.10	0.00593
61	<i>Il</i>		91	<i>Pa</i>		5.0.10 ⁻¹⁰
62	<i>Sm</i>	1.13	92	<i>U</i>	1.05	0.00230316

Die auf die Elemente des Kosmos bezüglichen Daten sind durch Diagramm 5 dargestellt. Sowohl aus dem Diagramm, als auch aus den zahlenmässigen Angaben geht deutlich hervor, dass die Grössen der Elemente zu denen der Radien im umgekehrten Verhältnis stehen.

Wir haben die Abhängigkeit des Atomprozentsatzes der chemischen Elemente von den Ionradien bei den verschiedenartig entstandenen Mineralassoziationen festgestellt. Diese Abhängigkeit äussert sich darin, dass die Atomprozente sich bei kleinem Radius erhöhen, bei grossem vermindern. Zur weiteren Bekräftigung dieser Gesetzmässigkeit wird eine statistische und prozentische Übersicht der gewonnenen Daten zweckmässig



sein, um feststellen zu können, wieviel Elemente der einzelnen Fundorte die Gesetzmässigkeit bekräftigen und wie viele ihr widersprechen.

Vor der Erörterung dieser Frage aber muss auf die bei den einzelnen Elementen der Mineralparagenesen notwendigerweise auftretende Abweichung hingewiesen werden, die von der Unsicherheit in der Beurteilung der Häufigkeit der an den Mineralparagenesen beteiligten Mineralien herührt; diese Beurteilung kann nie ganz genau sein (s. *l. p.* 290), denn je nachdem wir einem Mineral eine grössere oder geringere Häufigkeit beimessen, wird sich auch seine prozentische Grösse entsprechend verschieben. Es muss ferner bemerkt werden, dass die prozentische Grösse des *H*, *O* und *S* nicht berücksichtigt werden kann. Der Gewichts- und Atomprozentatz des *H* und des *O* ist nämlich stets hoch, unabhängig vom Radius. Für den Aufbau der Erde haben diese Elemente eine ausserordentliche Bedeutung, sie sind allgemein verbreitet und treten demzufolge stets mit hohen Prozenten auf. Der Radius des *S* beträgt in den Tabellen: $S^{2-} = 1.74 \text{ \AA}$, der Radius des S^{6+} aber nur 0.34 \AA . Die schwefelhaltigen Mineralien können bei den Berechnungen nicht in Sulfide, Sulfosalze und Sulfate gesondert werden, *S* kommt z. B. auch in Phosphaten (Diadochit), Arsenaten (Pittizit), Silikaten (Thaumasit) vor, und bei diesen ist der Radius ebenfalls $S^{6+} = 0.34 \text{ \AA}$. Somit muss bei Beweisung der Regel ausser *H* und *O* auch *S* unberücksichtigt bleiben.

Tabelle VI gibt Zahl und Prozente der die Regel bekräftigenden, bzw. ihr widersprechenden Elemente an (unter Weglassung von *H*, *O*).*

Tabelle VI.

Fundort	Zahl der Elemente	Bekräftigend		Widersprechend	
		Zahl	%	Zahl	%
Budapest	9	6	66.7	3	33.3
Felsöbánya ...	20	16	80.0	4	20.0
Långban	28	16	57.1	12	42.9
Opdal	12	6	50.0	6	50.0
Kosmos*	76	56	73.7	20	26.3

Nach dem Zeugnis der Tabelle wird die Regel durch die Überzahl der Elemente bekräftigt; ihre Zahl übersteigt 50%. Somit haben wir die Gültigkeit der Regel zusammenfassend bewiesen.

Im Anschluss an die oben beschriebenen Untersuchungen bietet sich Gelegenheit zur weiteren Untersuchung der Radiusgrössen und Atomprozente, dann der vom Radius abhängigen Verteilung der Ele-

* Von den 92 Elementen des Kosmos fehlen *H*, *O*, *S*, ferner die 4 Elemente, deren Grösse, und die 9 Elemente, deren Radius unbekannt ist.

Der Radius ist klein, wenn er kleiner als 1 \AA , gross, wenn derselbe grösser als 1 \AA ist.

mente mit kleinem und grossem Radius, sowie der geraden und ungeraden Elemente, schliesslich der Zahl der geraden und ungeraden Elemente.

Die Regel bestimmt zu den Elementen mit kleinem Radius hohe, zu denen mit grossem Radius niedrige Atomprocente. Über die Verteilung der Elemente aus diesem Gesichtspunkt gibt Tabelle VII Aufschluss. In dieser Tabelle kommen bloss diejenigen Elemente vor, die die Regel bekräftigen; die ihr widersprechenden Elemente können nicht berücksichtigt werden, da zwischen ihrem Radius und ihren Atomprozenten kein bestimmtes Verhältnis besteht.

Tabelle VII.

Fundort	Zahl der Elemente	Kleiner Radius— hohe Atomprocente	Grosser Radius— niedrige Atomprocente
Budapest	6	4	2
Felsőbánya	16	10	6
Långban	16	10	6
Opdal	6	5	1
Kosmos	56	20	36

Aus Tabelle VII können wir auf die Häufigkeit der Elemente mit kleinem Radius schliessen. Unter den Elementen des Kosmos aber sind die mit grossem Radius und niedrigen Prozenten gekennzeichneten Elemente in Überzahl. Und dies ist auch leichtverständlich, da unter den 56 Elementen auch die mit grossem Radius und niedrigen Atomprozenten auftretenden seltenen Erden und ausser diesen *Th* und *U*, die ähnliche Eigenschaften aufweisen, demnach insgesamt 17 Elemente vorkommen. Rechnen wir diese ab, so besteht für die Elemente des Kosmos nicht das in der Tabelle angegebene Verhältnis von 20 : 36, sondern 20 : 19.

Ebenso ergibt sich die Überzahl der Elemente mit kleinem Radius, wenn wir sämtliche Elemente (mit Einschluss des *H*, *O* und *S*) allein nach ihren Radiusgrössen in Betracht ziehen, ohne Rücksicht auf ihren Atomprocentsatz (Tabelle VIII).

Tabelle VIII.

Fundort	Zahl der Elemente	Kleiner Radius	Grosser Radius
Budapest	12	5	7
Felsőbánya	23	12	11
Långban	31	20	11
Opdal	15	9	6
Kosmos	83	37	46

Auf Tabelle VIII zeigt sich bei den Elementen des Kosmos aber-

mals ein scheinbarer Widerspruch, ebenso wie auf Tabelle VII; der Grund der Abweichung ist der nämliche: der Einfluss der seltenen Erden und des *Th* und *U*. Tabelle VII und VIII beweisen die Überzahl der Elemente mit kleinem Radius, und daraus lässt sich auf die Atomkern-Festigkeit und auf die Beständigkeit der Elemente mit kleinem Radius folgern.

Nachdem das überzählige Vorkommen der Elemente mit kleinem Radius festgestellt ist, können wir ihre Verteilung nach ihrer geraden oder ungeraden Ordnungszahl untersuchen. Die diesbezüglichen Angaben enthält Tabelle IX.

Tabelle IX.

Fundort	Kleiner Radius-hohe Gerade	Atomprocente Ungerade	Grosser Radius-niedrige Gerade	Atomprocente Ungerade
Budapest ...	3	1	2	—
Felsöbánya ...	5	5	5	1
Långban ...	5	5	1	5
Opdal ...	3	2	1	—
Kosmos ...	11	9	18	8

Aus Tabelle IX geht hervor, dass die Elemente mit gerader Ordnungszahl häufiger sind, als die mit ungerader, entsprechend der Regel *Harkins-Goldschmidt*. Aber aus Tafel IX ergibt sich des weiteren auch, dass unter den Elementen mit gerader Ordnungszahl die mit kleinem Radius häufiger vorkommen und dass deren Atomprozentsatz hoch ist. Das Gesetz *Harkins-Goldschmidt* kann durch diese Feststellung ergänzt werden.

Aus dem vorstehenden können wir auf die Beständigkeit der Elemente im allgemeinen schliessen. Die Überzahl der geraden Elemente tritt mit kleinem Radius und hohem Atomprozent auf, was ein Beweis ist für die Atomkern-Festigkeit dieser Elemente, bzw. für die Beständigkeit der Elemente mit kleinem Radius. Dieser Beweis der Atomkern-Festigkeit steht im Einklang mit der Feststellung der radioaktiven Untersuchungen, dass die Reichweite der α -Strahlen der geraden Elemente kleiner ist als die der ungeraden, mit anderen Worten: dass die geraden Elemente beständiger sind.

Tabelle IX gibt auch über das Mass der Gültigkeit der Regel *Harkins-Goldschmidt* Aufschluss. Vergleichen wir die auf diese Regel bezüglichen zahlenmässigen Daten — unter Rücksicht auf die untersuchten Fundorte (Mineralassoziationen) — mit den Zahlengaben der im vorstehenden festgestellten Regel über das umgekehrte Verhältnis der Atomprocente zu den Radien (Tafel VI), so können wir uns von der Gleichwertigkeit der beiden Regeln überzeugen.

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is extremely faint and illegible.

