©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Vergleichende Studien über die Pflanzendecke oststeirischer Basalte und Basalttuffe

III. Teil

Von

Studienrat Prof. Dr. Ludwig Lämmermayr, Graz

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Jänner 1933)

I. Die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Basalte und Basalttuffe sowie der aus ihnen hervorgegangenen Verwitterungsböden im allgemeinen.

Die chemische Zusammensetzung des Basaltes im allgemeinen läßt sich etwa in folgender Weise kennzeichnen: Der Gehalt an SiO_2 bleibt nur in den Melilithbasalten (diese sind zugleich die an CaO reichsten) unter 30%, hält sich meist um 40%, überschreitet 45% kaum (Weinschenk, Grundzüge der Gesteinskunde; II, 1905, p. 166). Doch führt Neumayer (Erdgeschichte, 1895, I. Bd., p. 163) einen »Normalbasalt« von Island mit 48·47% SiO_2 an; auch der Basalt von Stein weist 46·76% und jener des Rollberges ebenfalls 47·76% SiO_2 auf (Firbas, **11**, 346). Der Gehalt an CaO und MgO ist ein hoher gegenüber dem stark zurücktretenden Anteile der Alkalien. Na_2O ist stets in größeren Mengen als K_2O vertreten (Rosenbusch, **50**, 323/324). Die Menge von P_2O_5 ist eine wechselnde (im Basalte des Böhmischen Mittelgebirges z. B. 0·94%, in jenem der südlichen Rhön 1·29% (Rosenbusch, l. c.), in vielen Analysen überhaupt nicht ausgewiesen, z. B. in jener vom Basalte des Rollberges (Firbas, l. c.) oder im Basalte von Stein. $Fe_2O_3 + FeO$ sind stets reichlich vertreten, so im Basalte des Rollberges mit zusammen 8·52%, im Klöcher Basalte mit 20·84%, im Basalte des Steinberges bei Feldbach mit 12·39%, im Steiner Basalte mit 10·96%. Für CaO und MgO trifft in der Regel, im Gestein, die Relation $\frac{MgO}{CaO} < 1$ zu. Doch liegen die Werte beider oft recht nahe beisammen, so im Basalte vom Steinberg $\left(\frac{CaO}{MgO} = \frac{8 \cdot 37}{7 \cdot 38}\right)$, von Klöch $\left(\frac{CaO}{MgO} = \frac{2 \cdot 22}{2 \cdot 10}\right)$, von Stein $\left(\frac{CaO}{MgO} = \frac{8 \cdot 24}{7 \cdot 31}\right)$, ja bisweilen kehrt sich das Verhältnis sogar um, wie in der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Basaltlava des Seindl oder im Basalte des Lobosch, in welchem $\frac{MgO}{CaO} = \frac{12 \cdot 41}{11 \cdot 62}$ (Firbas, **11**, 348).

Jedenfalls fehlt CaO nirgends. Allerdings ist seine Menge nicht durchwegs, wie Rosenbusch (l. c. p. 322/323) angibt, über 7%. Denn der Basalt von Klöch z. B. hat nur 2·22% CaO, jener des Seindl 4·54% CaO. Nach Firbas (**11**, 346) schwankt der CaO-Gehalt der Basalte meist zwischen 6 bis 10%, geht aber bei den Polzeniten sogar bis 17·65%. Der Gehalt an MgO hält sich zwischen 5% (in den olivinarmen) und 20% (in den olivinreichen Basalten). Der Mittelwert daraus entspricht ungefähr dem Normalgehalte (Weinschenk, l. c., p. 115). Doch gibt es auch Basalte mit auffallend geringem MgO-Gehalte, so jener von Klöch (2·10%), vom Badaszony [3·17%, nach Preiß (**46**, 31)]; auch jener des Rollberges hat nur 4·8% MgO (Firbas, l. c.). Im Basalte des Ätna ist nach Rinne (**49**, 109) die Relation $\frac{CaO}{MgO} = \frac{10 \cdot 71}{3 \cdot 99}$ Über den Karbonatgehalt der von ihm untersuchten Basalte äußert sich Firbas (l. c., p. 347) wie folgt: Der Karbonatgehalt ist (abgesehen von den Polzeniten) ein äußerst geringer (meist 0·02 bis 0·04, selten bis 0·06 oder 0·08%); er ist durchwegs nicht höher als auf den Urgebirgsböden des Böhmischen Mittelgebirges (Granitgneis, Glimmerschiefer, mit 0·02 bis 0·07%). Klika (**29**, 525) gibt von der Ranná bei Laun einen Basaltboden mit 0·24% CaO sowie einen mit 2·2% CaO, von ebendort auch Basaltböden mit 0·2% $CaCO_3$ und 0·02% $CaCO_3$ an (**29**, 522), ersteres (0·2%) ein auffallend hoher Wert! Diese Resultate dürfen aber mit den von Firbas ermittelten Werten nicht ohneweiters verglichen werden, da sie sich ja auf den sekundären Verwitterungsboden beziehen, während Firbas zunächst offenbar den entsprechenden Gehalt des Gesteins im Auge hat; allerdings sagt er später (p. 362) auch vom Basaltboden des Rollberges, daß er äußerst wenig Karbonatgehalt besitze! Wenn Klika (l. c. p. 501) für den von *Brachypodium pinnatum* besiedelten Basalt des Schusterberges in 12 bis 14 *cm* Bodentiefe einen »Karbonatgehalt« von 3·4%, oder für jenen der Ranná in 3 *cm* Tiefe von 3·2% findet, so dürfte damit wohl die Summe von $CaCO_3$ + $MgCO_3$ gemeint sein, da er p. 500 sich dahin äußert, daß, abgesehen von den Tonen der Kreideformation bei der überwiegenden Mehrzahl der anderen Böden das $CaCO_3$ bis auf geringe Reste ausgelaugt war und nur örtlich höhere Prozentsätze desselben zu beobachten waren. Leider wird von Botanikern die Bezeichnung »Kalk«, beziehungsweise »Kalkboden« bisweilen bald für CaO, bald für $CaCO_3$ gebraucht, was vom chemischen Standpunkte aus natürlich unzulässig ist und nur zu Unklarheiten führt. Wenn z. B. Braun-Blanquet in seiner Pflanzensoziologie (**4**, 156) sagt, daß »Kalkspuren« (0·2 bis 0·3%) noch das Vorkommen von »Kalkpflanzen« gestatten, so ist mit Kalk offenbar $CaCO_3$ gemeint!

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

So ist es wohl auch zu erklären, daß manche Autoren den Basalt als ein »kalkreiches« Gestein bezeichnen, z. B. Grauer, Agrikulturchemie, 1907, Sammlung Göschen, p. 51: »Basalt ist kalkreich, Granit und Gneis kalkarm«, oder Rübel, Geobotanische Untersuchungsmethoden, 1922, p. 188: »Zu den kalkreichen Gesteinen gehören Basalt und Hornblendegneis«, andere wieder als »kalkarmes« Gestein bezeichnen, wie Hayek (**23**, 35 und **21**, 18), wo er von dem Auftreten der *Stipa pennata* einerseits auf Kalk, anderseits auf »kalkfreiem« Substrat — Basalt in Zentralböhmen — spricht. Obige Autoren meinen eben mit »Kalk« CaO, Hayek $CaCO_3$! Völlig »kalkfrei« im Sinne Hayek's ist übrigens der Basalt, beziehungsweise sein Verwitterungsboden, wenigstens in den Anfangsstadien, nie!

Die chemische Zusammensetzung der Basalttuffe weicht natürlich nicht unwesentlich von jener der Basalte ab, was sich ja unschwer aus ihrer Bildung, beziehungsweise Zementierung erklärt. Senft (**52**, 588) sagt: »Die Basalttuffe bestehen aus meist stark zersetztem Basalt, verhalten sich tonig-mergelig und brausen gewöhnlich mit Säuren auf. Erdige Basalttuffe sind ein vortreffliches Düngemittel für sandreiche Böden«. Eine Analyse eines Palagonittuffes (p. 589) enthält folgende Werte: $SiO_2 = 39 \cdot 52\%$, $Al_2O_3 = 12 \cdot 31\%$, Eisenoxyd $= 16 \cdot 26\%$, $MgO = 6 \cdot 54\%$, $CaO = 7 \cdot 76\%$, $Na_2O + K_2O = 1 \cdot 59\%$. Rosenbusch (**50**, 333) führt vier Analysen von Palagonit (das ist ein sehr reiner, basaltischer Aschentuff) an. Der Gehalt an SiO_2 bewegt sich in ihnen zwischen 36 bis 40%, von Al_2O_3 zwischen 7 bis 13%, von Fe_2O_3 zwischen 10 bis 21%, von MgO zwischen 3 bis 6%, von CaO zwischen 5 bis 9%, von Na_2O zwischen 0·6 bis 7%, von K_2O zwischen 0·7 bis 0·9%. Durch Mischung dieses Palagonits mit anderem, basaltischem und fremden Material entstehen — durch Zementierung — die palagonitischen Tuffe. Je nach der Art dieses Bindemittels, ob kalkig oder sandig, werden sich natürlich weitgehende Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung, beziehungsweise Reaktion des Bodens ergeben, wobei noch besonders, speziell bei den steirischen Basalttuffen, der fast nie fehlende beträchtliche Gehalt an Olivin — Olivinbomben — in Betracht zu ziehen ist.

Bei der Verwitterung des Basaltes und der Basalttuffe müssen wir die mechanische Verwitterung, den durch Wärmewechsel und Frostwirkung bedingten Gesteinszerfall, — und die chemische Verwitterung, das ist die Gesteinszersetzung, auseinanderhalten. Was die mechanische Verwitterung anlangt, so wird der Basalt übereinstimmend als ein schwer verwitterndes Gestein bezeichnet. Leunis (Synopsis d. Pflanzenkunde, 1883, I, p. 726) bezeichnet ihn als »dysgeogen-oligopel«, Drude (**9**, 372) als dysgeogenes Gestein, das pelitische Tonlehme erzeugt (deren Kalkgehalt nicht wie bei den Kalkböden im Übergewicht ist) und das im eigenen Zerfall des feinen Geschiebematerials in hohem Grade entbehrt, Ramann (**48**, 95) als ziemlich schwer verwitterndes Gestein, Firbas (**11**, 350) als dysgeogen-pelitisch (im Gegensatz zum

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

eugeogen-psammitischen Sandstein!). Auch Stiny (**54,** 8/9) betont die schwere Verwitterbarkeit des Basaltes, von der nur die glasreichen Abarten eine Ausnahme machen, die an der Sonne weißfleckig werden und rasch zu Sand und Grus zerbröckeln (»Sonnenbrenner«, bedingt durch lokale Nephelinanhäufung). Senft (**52,** 548) weist auf die Verschiedenheit der Verwitterung je nach der Art der Struktur hin. Grobkörniger Dolerit verwittert rascher als dichter Basalt. Die chemische Verwitterung des Basaltes ist in hohem Grade von seinem Olivingehalte abhängig. Sie geht um so rascher vor sich, je mehr der Basalt davon enthält, da ja Olivin unter dem Einflusse der Atmosphärilien rasch zersetzt wird (Senft, **52,** 548). Im Allgemeinen vollzieht sich die chemische Verwitterung des Basaltes in folgender Weise: »Sie liefert in den Anfangsstadien Karbonate, Chlorit, Serpentin, tonige Substanzen, Eisenhydroxyde (Brauneisenstein), in den Endstadien Kieselsäure und Toneisenstein. Das Endprodukt, gelb bis braun gefärbt, ist äußerlich nicht unähnlich den palagonitischen Tuffen. Je nachdem die Karbonate im Gestein bleiben oder fortgeführt werden und zugleich die Alkalien verschwinden oder ausnahmsweise erhalten bleiben, ist die chemische Zusammensetzung dieser Verwitterungsböden recht verschieden. In anderen Fällen wird die Kieselsäure mehr oder weniger vollständig weggeführt und es erübrigt ein Gemenge von Aluminium- und Eisenhydroxyden von grauer oder rotbrauner Farbe, der Beauxit« (Rosenbusch, **50,** 321—324), der nur mehr Spuren von MgO und CaO, dagegen viel Al_2O_3 und Eisenoxyde enthält (Beauxitanalyse, l. c., p. 317, Nr. 17!). Rinne (**49,** 179) bezeichnet das Endprodukt der Verwitterung als einen gelben, braunen, bis schwarzen Lehm. Im allgemeinen geht natürlich im Basaltverwitterungsboden die Auswaschung der Salze und die zunehmende Versauerung in derselben Reihenfolge vor sich wie in anderen Böden, indem zunächst die leicht löslichen Salze von Na, K, Ca, Mg ausgelaugt werden, denen später die Fe-, Al- und P-Verbindungen folgen, bis schließlich auch die Sesquioxyde und SiO_2 in die Tiefe wandern und die H-Ionen in der Oberschicht das Übergewicht erlangen. Mit anderen Worten: Auch der Basaltrohboden strebt, woferne sich die Bodenreife überhaupt auswirken kann, über den Rendzina(Braunerde)boden dem Podsol(Bleicherde-)boden als Bodenklimax zu (der möglicherweise in der alpinen Stufe noch durch den alpinen Humusboden Braun-Blanquets abgelöst werden könnte). Während aber die karbonatreichen Gesteine, vor allem Kalk, diesen Endzustand frühzeitig erreichen (eine Ausnahme bilden Magnesit und Dolomit, woselbst, wie es scheint, durch die reichliche Gegenwart von Mg-Ionen die Bodenreife hinausgeschoben wird), — (Vgl. meine Abhandlung: *Asplenium adulterinum* Milde, neu für die Flora von Niederösterreich, N. V. f. St., 1930, Bd. 67, p. 93/94) — wogegen der aus Silikatgesteinen, beziehungsweise kalkarmen Gesteinen (Granit, Gneis, Amphibolit) hervorgegangene Boden viel länger den Chemismus des Muttergesteins bewahrt (Braun-Blanquet, **4,** 212 und 217), nimmt

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der Basalt in dieser Hinsicht eine ganz besonders bevorzugte Stellung ein. Er bewahrt, wie Firbas (**11**, 346, 352) mit vollem Rechte ausführt, vermöge seines absoluten Nährstoffreichtums auch in humiden Gebieten sehr lange seine absorptive Sättigung und ist deswegen ein hervorragend günstiger Bodentypus, in dem der Nährstoffgehalt sehr lange zugänglich bleibt. Wenn Klika (**29**, 498) die Basaltböden des von ihm untersuchten Gebietes als karbonathältige, häufig schwach podsolierte Rendzine bezeichnet, so dürfte dies auch für die Mehrzahl der mitteleuropäischen Basalte überhaupt gelten, beziehungsweise auch bei ihnen allgemein der damit gekennzeichnete Bodenzustand von weitester Verbreitung und langer Dauer sein. Damit stimmen ja auch die von Klika, Furlani und mir ermittelten pH-Werte des Basaltbodens (in Böhmen, Sizilien und Steiermark), welche durchwegs neutrale bis schwach alkalische Reaktion des Bodens, beziehungsweise einen Wert von $pH = 7$ bis 8 ergeben, bestens überein (vgl. I. Teil dieser Abhandlung, p. 596). Nur die juvenile vegetationslose Basaltlava des Ätna von der Eruptionsperiode 1909/1911 (untersucht 1927 von Furlani) wies $pH =$ 6 bis 6·5 auf (Furlani, Studien über die Elektrolytenkonzentration in Böden; III, 1930, Ö. B. Z., 1930, p. 229), was wohl mit noch andauernden Exhalationen von SO_2 zusammenhängt. Noch mehr wird diese langandauernde Konstanz der Bodenreaktion bekräftigt durch die Untersuchungen Klikas (**29**, 500 und 538), der für die auf Basaltfels aufeinanderfolgenden drei Pflanzengesellschaften (Sukzessionen) des *Caricetum humilis stipetosum*, des *Festucetum vallesiacae* und des *Brachypodietum pinnati* die zugehörigen pH-Werte von 7·2 bis 8·1, von 7·2 bis 8·0, endlich von 7·5 bis 8·0 ermittelte! Furlani hat schon in seiner oben zitierten Arbeit mit Recht besonderes Gewicht auf ein von der Forschung bisher vernachlässigtes Moment gelegt, auf die temporäre, mit der Änderung der Temperatur und Befeuchtung einhergehende Änderung der Elektrolytenkonzentration im Boden, welche natürlich auch Änderungen des pH-Wertes nach sich zieht. Er hat diese Studien weiter fortgesetzt (Studien über die Elektrolytkonzentration in Böden, V., Ö. B. Z., 1931) und kommt zu folgenden Ergebnissen: »Die kleinsten Schwankungen in der Konzentration der Bodenlösungen wurden bisher bei Hochgebirgsböden des Krystallins (Amphibolit, Gneisglimmerschiefer, Wechselschiefer) gefunden, wogegen die Konzentration der Bodensäfte in Karbonatböden (Kalk, Dolomit) größeren Schwankungen unterliegt. Die größten Schwankungen weisen Halophytenböden auf (l. c., p. 191 und 222). Alle diese Böden sind »anastatisch« im Sinne Gola's, wobei beim Dolomit besonders seine gegenüber dem Kalk größere Temperaturempfindlichkeit hervorzuheben ist (III, p. 230).

Bezüglich des Ätna-Basaltes äußert sich Furlani dahin, daß die Temperaturempfindlichkeit des älteren, von *Castanea* besiedelten Basaltbodens eine geringere sei als die des juvenilen, vegetationslosen Gesteines (III, 215). Der vegetationslose Basalt zeigte eine

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Erhöhung der Elektrolytenkonzentration bei Befeuchtung, während sie beim älteren, vegetationsbedeckten ebenfalls geringer war (III, 228). Man dürfte demnach, obwohl sich Furlani darüber speziell nicht äußert, den dortigen (älteren) Basalt als einen nur schwach anastatischen Boden (sowohl hinsichtlich Temperatur als Befeuchtung) bezeichnen. Dieses Ergebnis darf natürlich nicht ohne weiters verallgemeinert werden. Da aber Basalt im allgemeinen einen humus- und tonreichen Boden liefert (Firbas, l. c., 362) und Böden, die Humus und Ton in annähernd gleicher Menge enthalten, nach Furlani (Studien über die Elektrolytkonzentration in Böden, I, Ö. B. Z. 1930, p. 216) Böden ohne ausgesprochene thermische Empfindlichkeit sind (Typus II der Böden Furlani's, l. c., p. 17), so erscheint es auch von diesem Gesichtspunkt aus erlaubt, Basaltböden von obiger Zusammensetzung als gering-anastatisch (gegenüber Temperaturänderungen) zu bezeichnen.

Auch die Verwitterung der Basalttuffe führt im wesentlichen zu den gleichen Ergebnissen wie jene des Basaltes. Manche von ihnen scheinen allerdings rascher zu zerfallen. Die gefundenen pH-Werte unterscheiden sich kaum von jenen des Basaltbodens. (Vgl. I. Teil dieser Abhandlung p. 596!; nur in einem Fall wurde ein stärker sauerer Wert, $pH = 5 \cdot 9$ [beziehungsweise $6 \cdot 7$] beobachtet). Die Dauer des Rendzina-Bodenstadiums ist vielleicht manchmal — aber nicht immer — eine kürzere, als beim Basalt, wofür die über Basalttuffen relativ häufiger (als über Basalt) anzutreffende Verheidung der Vegetation zu sprechen scheint.

Einer besonderen Würdigung bedürfen noch die thermischen Verhältnisse der Basaltböden, denen von jeher große ökologische Bedeutung beigemessen wurde. Schon Humboldt hatte auf der Insel Gratiosa Gelegenheit, die Temperatur des Basaltbodens zu messen. Er fand dort nebeneinander weißen und schwarzen Basaltsand vor; ersterer hatte eine Temperatur von 40° C., letzterer von 54·2° C. (Kabsch, Das Pflanzenleben der Erde, 1870, p. 101). Daß das durch die dunkle Farbe des Basalts bedingte, beziehungsweise erhöhte Absorptionsvermögen der Sonnenstrahlung eine wichtige Rolle für das Pflanzenleben spielt, ist unbestritten. Firbas (l. c., 351/352) will dies allerdings auf das Gestein beschränkt wissen und weniger für den Boden gelten lassen, für den auch der gleichzeitige Wasser- und Humusgehalt von Bedeutung sein dürften, da seine Wasserkapazität infolge hohen Ton- und Humusgehaltes eine große ist (l. c. p. 350). Nach Ramann (**48**, 304/305) hat der Basalt, gleich den ausgesprochen krystallinen Gesteinen, wie Marmor, Granit, Porphyr, eine besonders große Leitfähigkeit für Wärme. Nach Rinne (**49**, 109) ist die spezifische Wärme des Basalts $= 0 \cdot 198$, des Granits $1 \cdot 194$, des Serpentins $0 \cdot 243$, des Trachyts $0 \cdot 208$, des Dolomits $0 \cdot 245$.

Firbas hat die Wärmekapazität des Basalts vom Rollberg mit $0 \cdot 604$ (Volumkapazität), beziehungsweise $0 \cdot 209$ (Wärmekapazität) ermittelt, wogegen der dortige Sandstein eine Volum-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

kapazität von 0·498, eine Wärmekapazität von 0·211 aufwies (l. c. p. 352). Basaltfels und Basaltverwitterungsboden bedürfen also nach diesem Autor zur gleichen Erwärmung der Volumseinheit größerer Mengen von Wärme als Sandstein oder Urgestein. Die Wärmeleitungsfähigkeit des Basalts ist nach Firbas merklich geringer als jene von Gneis oder Granit. Die Wärmeverhältnisse auf Basalt sind nach diesem Autor wesentlich gemäßigter als auf Sandstein, besonders die Maxima der Bodentemperatur sind niedriger als am Sandstein, wogegen die Minima geringere Unterschiede aufweisen (l. c. p. 353). Sandstein trocknet nach Regen schneller als der Basalt und der Basaltboden unterliegt in seinen obersten Schichten nicht wie der Sandstein fortwährenden Temperaturschwankungen (l. c. p. 358). Alles in allem bezeichnet Firbas das Ausmaß der Wärmewirkung des Basalts als heute noch recht fraglich (p. 352) und meint, daß es kaum für die Verschiebung der Höhengrenzen geschlossener Pflanzenvereine oder einzelner Glieder derselben (wie dies Drude annimmt) verantwortlich gemacht werden dürfe (Drude, **8**, 46, 159). Nicht unwichtig für die Beurteilung der Wärmeverhältnisse auf Basalt- und Basalttuffen erscheint mir auch eine seinerzeit vielbemerkte Abhandlung von Krašan (Die Erdwärme als pflanzengeographischer Faktor, Engl. bot. Jahrb., II. Bd., Heft 3, p. 1881, S. A.), obwohl vom Basalt dort gar keine Rede ist. Krašan hat gewiß darin die Bedeutung der Erdwärme für das Pflanzenleben überschätzt (gegenüber der Sonnenwärme!), aber einige seiner Gedankengänge und Folgerungen sind doch auch auf unseren Fall anwendbar. Wenn er z. B. (l. c. p. 215/216) sagt, daß Kernfels, d. i. homogener, kompakter, tief hinabreichender Fels die Wärme aus dem Erdinneren gut an die Oberfläche leite, dort wenig Wärme ausstrahle und sich nur langsam abkühle, wogegen Ungleichmäßigkeit in der Dichte, Ungleichartigkeit in der Zusammensetzung, Unterbrechung der Masse des Gesteins in Form von Klüften, Sprüngen usw. dazu führen, daß nur wenig Wärme zur Oberfläche emporgeleitet und dort rasch und viel davon ausgestrahlt werde, so wird man nicht ohne Berechtigung annehmen dürfen, daß diese Gegensätzlichkeit wenigstens zum Teil auch innerhalb der festen Basalte einerseits, der mehr lockeren, inhomogenen Basalttuffe anderseits sich auswirken könne! Auch die Absorption der Sonnenwärme ist wohl auf den Basalttuffen — wegen ihrer helleren Farbe — meist eine geringere als auf dem Basalt! Trotzdem ist die Zahl der thermophilen Arten, speziell unter den Phanerogamen, auch auf den Basalttuffen eine recht hohe.

II. Die Pflanzendecke über Basalt und Basalttuffe in ihrer Siedelungsfolge und edaphisch-klimatischen Bedingtheit.

Borbas sagt in seinen früher zitierten Arbeiten (**2**, 58 und **3**, 261) vom Basalt des Badaszony: »Solange der harte Fels nicht splittert und sich nicht zersetzt, hat er fast gar keine Vegetation.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Besonders Steilwände sind fast überall pflanzenlos. Nur dort sehen wir Blumen, wo in den Ritzen sich irgend etwas Humus sammeln konnte. Nach der Eruption stand der Basalt auch lange vegetationslos«. Letztere Annahme ist gewiß insoweit berechtigt, als einerseits die noch längere Zeit nach der Eruption andauernden Exhalationen von SO_2 (vgl. Furlani, juveniler Ätnabasalt!), beziehungsweise die damit verbundene Giftwirkung und höhere Azidität des Bodens, anderseits auch noch die höhere Temperatur desselben ein Hindernis für die große Mehrzahl, besonders der höheren Pflanzen, bildete.

Gleichwohl darf nicht vergessen werden, daß es immerhin Pflanzen gab und noch gibt, die auch von solchen hochtemperierten und von Exhalationen durchsetzten Böden relativ bald Besitz ergreifen können. Es sind und waren dies vermutlich zuerst Cyanophyceen, von denen wir wissen, daß manche von ihnen auch heute noch in heißen Quellen leben (sowie sie seinerzeit im Urmeere noch an höhere Wassertemperatur angepaßt waren!) und von denen auch Treub nachgewiesen hat, daß sie als erste Ansiedler auf dem aus basaltischen Auswurfsmassen neu gebildeten Boden der Krakatou-Insel auftraten. Es ist auch sehr wohl denkbar, daß manche derselben eine größere Resistenz gegenüber SO_2, beziehungsweise höherer Azidität des Bodens besitzen oder besaßen. Leider konnte ich in der von mir durchgesehenen Literatur der Basaltvegetation keine näheren Angaben über diese Pioniere der Pflanzenwelt daselbst vorfinden. Nicht viel besser ist es um die Kenntnis der lithophilen Flechten des Basaltes bestellt, welche den Algen wohl bald folgen. Klika sagt in seiner mehrfach zitierten schönen Arbeit (p. 511) nur: »die Flechtenmikroassoziationen des Basaltes bilden ein Kapitel für sich, auf das ich an dieser Stelle nicht eingehen kann.« Soweit ich auf Grund meiner an steirischen Basalten und Basalttuffen gemachten Beobachtungen urteilen kann, handelt es sich bei der lithophilen Flechtenvegetation derselben — neben bodenvagen — vorwiegend um sonst Urgestein bewohnende Arten, wogegen typische Kalkflechten fehlen. Dasselbe gilt, wie Suza (Vergleichende Studie über die Flechtenflora der Serpentine von Mohelno, Gurhof und Kraubath, Brno, 1931, p. 253) ausführt, von der epilithischen Flechtenflora des Serpentins. Wir dürfen vielleicht, obwohl genauere Bestimmungen des pH-Wertes für den Basaltrohboden (Primärboden) (abgesehen von Furlani) nicht vorliegen, doch mit einiger Berechtigung annehmen, daß, analog dem Serpentin und den kalkarmen Silikatgesteinen, auch der Basalt allgemein, im Beginne seiner chemischen Verwitterung, zunächst schwach saure Bodenlösungen liefern dürfte.

Größere Unterschiede zeigt schon die Moosvegetation, worüber schon im I. Teil dieser Abhandlung p. 593/594 berichtet wurde. Neben bodenvagen Arten behaupten sich — lokal — vielfach auch kalkliebende Elemente (streng kalkstete scheinen allerdings zu fehlen), aber den überwiegenden Anteil stellen auch hier die

kieselholden oder -steten Arten. So sind von den von Klika von den Basalten des Launer Gebietes (l. c. p. 511—516) aufgezählten 9 Arten 6 kieselhold oder kieselstet *(Grimmia commutata, G. ovata, G. leucophaea, Polytrichum piliferum, Brachythecium albicans, Webera nutans),* 2 kalkhold *(Grimmia pulvinata, Hypnum Vaucheri,* eine bodenvag *(Ceratodon purpureus)!* In diesem Stadium der Verwitterung des Primärbodens dürfte eben die Reaktion des Bodens *p H*-Werte aufweisen, die aus dem schwachsauren Bereich über den Neutralpunkt bereits in die schwach alkalische Region reichen.

Eingehender habe ich mich, weil innerhalb dieser kleinen Gruppe am leichtesten eine gewisse Vollständigkeit der Beobachtung und Erkennung der Abhängigkeitsbeziehungen von den Standortsfaktoren erreichbar ist, mit der Farnvegetation auf Basalt, beziehungsweise Basalttuff beschäftigt. Die nachfolgende Tabelle bringt die Farnflorula von 12 Örtlichkeiten [die ersten davon betreffen Basalt, die weiteren 6 Basalttuff, wobei die Listen von 9 Standorten (steirische) mit großer Wahrscheinlichkeit als

Farne auf Basalt oder Basalttuff	Sagberberg	Nagy-Somló[5]	Klöch	Steinberg	Stein	Rollberg (700 *m*)	Kalvarienberg und Unterweißenbach	Kapfenstein	Kaskogel	Pertlstein	Riegersburg	Altenmarkt
Asplenium trichomanes	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
» *viride*	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
adiantum nigrum	—	—	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—
ruta muraria	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+	—
septentrionale	+	+	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
germanicum[1]	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Polypodium vulgare	+	—	+	+	—	+	—	+	—	+	+	+
Woodsia ilvensis[2]	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Ceterach officinarum[3]	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Athyrium filix femina	—	—	+	+	+	+	+	—	+	—	—	+
Nephrodium filix mas	—	+	+	—	+	+	+	—	+	+	—	+
dryopteris[4]	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	+	—
Robertianum	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Cystopteris fragilis	+	+	+	—	+	+	+	+	—	+	+	—
Polystichum lobatum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
Pteridium aquilinum	—	—	+	—	—	—	+	+	+	+	—	+

[1] Auch in Böhmen (Spitzberg, Blottendorf auf Basalt nach Hayek)
[2] » der Rhön auf Basalt (Wenderoth).
[3] Hessen (Amöneberg und Bilstein auf Basalt nach Wenderoth).
[4] (Rhinberg auf Basalt nach Wenderoth).
[5] Der Basaltberg Nagy-Somló (435 *m*) liegt in Ungarn, Komitat Veszprém (Gáyer, Pflanzengeographie des Eisenburger Komitats. Ann. Mus. Castrif., 1925, p. 22).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

vollständig gelten können (mit einiger Wahrscheinlichkeit gilt dies auch für den Rollberg), während die der ungarischen Literatur entnommenen Angaben betreffend den Basalt des Sagherberges und von Nagy Somló wohl kaum den ganzen Farnbestand erfassen dürften].

Mit diesen 16 Arten ist natürlich die Zahl der auf Basalt oder Basalttuff vorkommenden Farnarten noch nicht erschöpft. So wird von Wenderoth (**59**, 115) vom Rhinberg auch *Nephrodium phegopteris* angegeben, von Degen (Über die Entdeckung von *Notholaena marantae* im Balatongebiete, Bot. Közl. XIX, 1920 bis 1921, p. 17) dieser Farn vom Basalte des Georgsberges nächst Tapolca (übrigens kommt *Notholaena* nach Suza auch bei Aussig auf Basalt vor!) angeführt. Lange bekannt ist auch schon das Vorkommen von *Woodsia hyperborea* = *W alpina* auf dem Basalt der kleinen Schneegrube im Riesengebirge, — ebendort auch *Asplenium viride*, vgl. Hayek (**21**, 214/215!). Von diesen 19 Arten sind bodenvag: *Asplenium trichomanes, Cystopteris fragilis, Nephrodium filix mas, N. phegopteris, N. dryopteris, Polypodium vulgare, Polystichum lobatum* (das zwar von Luerssen als Kieselfarn bezeichnet wird, in und bei Graz aber auch auf Dolomit und Kalk — Schloßberg, hohe Rannach! — wächst), *Ceterach officinarum, Pteridium aquilinum* (doch in erster Linie bezeichnend für sauren Humus!), Kieselfarne sind: *Asplenium septentrionale, A. germanicum, Woodsia ilvensis* (vgl. Rabenhorst, p. 510), *Woodsia alpina* (Rabenhorst, p. 506), Kalkfarne sind: *Asplenium ruta muraria, A. viride, Nephrodium Robertianum.* Als gleichzeitig thermophile oder relativ thermophile Arten müssen bezeichnet werden: *Asplenium ruta muraria, A. septentrionale, A. germanicum, A. adiantum nigrum, Nephrodium Robertianum, Ceterach officinarum, Notholaena marantae, Woodsia ilvensis* und *W alpina.* Der Umstand, daß nicht selten auf ein und demselben Standort, abgesehen von bodenvagen Arten, die nirgends fehlen, auch Kalk- und Kieselfarne nebeneinander vorkommen, welche aber darin übereinstimmen, daß sie alle »thermophil« sind, zeigt wohl am besten, welch große Bedeutung — neben der chemischen Zusammensetzung des Bodens — der physikalischen Eigenart (Thermik) des Basaltbodens zukommt! [Das gleiche gilt übrigens auch wenigstens für einen Teil der Moos- und Flechtenvegetation des Basalts; so sind von den von Klika angeführten 9 Laubmoosarten nicht weniger als 6 thermophil *(Grimmia commutata, leucophaea, pulvinata, Polytrichum piliferum, Brachythecium albicans, Webera nutans);* ebenso sind nach Podpera (Studien über die thermophile Vegetation Böhmens, 1904, p. 11) *Tortella squarrosa* (am Basalt der Ranná), *Tortula ruralis, Hypnum rugosum* u. a. Arten, die auch über Basalt vorkommen, thermophil. Am Georgsberg bei Tapolca (vgl. Degen, l. c.) hat Baumgartner die thermophilen Lebermoose *Riccia Bischoffi* Hüb. (Müller, l. c. p. 157,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gewöhnlich auf Urgestein) und *Grimaldia barbifrons* Bischoff = *G. fragrans* Corda (Müller, p. 263, meist auf Urgestein), neben den Laubmoosen *Bartramia ithyphylla* Brid (Mönkemeyer, p. 577, sonst Ton oder Lehmboden), *Pterigonium gracile* Swartz = *Pterogonium ornithopoides* (Mönkemeyer, p. 637, meist auf kalkarmen Felsen) und *Saelania glaucescens* Broth = *Saelania caesia* Lindl. (Mönkemeyer, p. 157, sonst erdige Felsspalten kalkhaltiger Gesteine) vorgefunden. Unter den Flechten bezeichnet Podpera (l. c.) die am Basalt der Ranná vorkommende *Synalissa symphorea* als thermophil und die von Klika (l. c. p. 512/513) für Basalt angeführte *Parmelia prolixa* var. *Pokornyi* wird als »xerotherme« Flechte von Suza (Über die xerotherme Vegetation des Serpentinbodens am unteren Jihlavkaflusse, Brno 1921, p. 12) auch für den dortigen mährischen Serpentin angeführt.

Hinsichtlich des Artenreichtums an Farnen scheint zwischen Basalt und Basalttuff kein wesentlicher Unterschied zu bestehen; doch ist es nicht uninteressant, daß auf den von mir untersuchten Basalttuffen außer bodenvagen Arten nur noch Kalkfarne und keine Kieselfarne anzutreffen und thermophile Farne selten (gegenüber dem Basalt) waren, was einerseits vielleicht mit der Art der Zementierung, beziehungsweise Bodenreaktion, anderseits mit ihrer schlechteren Wärmeleitung zusammenhängen mag. Meine Beobachtungen, betreffend die Exposition der einzelnen Farne, ergaben für die steirischen Basalte und Tuffe eine weitgehende Übereinstimmung mit den analogen Befunden anderer Autoren. Niemals traf ich *Asplenium trichomanes* und *Polypodium vulgare* anders als in Nord-, Ost-, West- und Nordwestlagen, *Nephrodium dryopteris* und *N. filix mas* nur in Nord-, Nordost-, Nordwestlagen, *Cystopteris fragilis, Polystichum lobatum* nur in Nord-, Ost-, Nordostexposition, *Athyrium filix femina* nur in Nordost-, Nordwest-, Westexposition. Dagegen fand ich *Asplenium adiantum nigrum* ausschließlich in Süd-, West- und einmal auch in Nordlage, *Asplenium ruta muraria* stets in Süd- oder Südwestlagen und *Pteridium aquilinum* nur in Süd-, Westexposition oder auf freien Rücken. Damit stehen z. B. die Angaben von Firbas betreffend den Rollberg in bestem Einklang, der von dort *Asplenium trichomanes* und *Polypodium vulgare, Nephrodium filix mas* und *Athyrium filix femina* in Nordlage anführt, wogegen er von *Asplenium ruta muraria* ausdrücklich hervorhebt,daß es die trockensten, wärmsten Standorte einnimmt, von *Asplenium septentionale,* daß es in Süd-, Südost-, Südwestexposition auftritt, und von *Woodsia ilvensis,* daß sie Nordlage meide (l. c. p. 334, 372, 373). Die vielfach schon früh den Basaltverwitterungsboden besiedelnden Chasmophyten unter den Farnen scheinen, wenigstens zum Teil noch, an eine schwachsaure Reaktion desselben angepaßt zu sein, die Mehrzahl der Exochomophyten an einen milden, neutralen bis schwachalkalischen Humus, oft zusammen mit *Mercurialis perennis, Asperula odorata* und anderen »Leitpflanzen« dieser Bodenart (vgl.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Schimper, **53**, 124), *Pteridium aquilinum* aber, als Bestandteil der »Klimaxformation«, an einen ansgesprochen sauren Humus, mit dessen »Leitpflanzen«, wie *Calluna vulgaris, Leucobryum glaucum, Maianthemum bifolium, Lycopodium complanatum* u. a. es ja oft genug vergesellschaftet ist. So spiegelt sich auch in der Farnflorula auf Basalt oder Basalttuff (in ähnlicher Weise, wie ich dies für Serpentin und Magnesit bereits früher gezeigt habe), die Ökologie des Standortes in vollendeter Weise wieder! Was die Phanerogamenvegetation des Basalts und der Basalttuffe betrifft, so ist es bei der Fülle und Artenzahl derselben natürlich ganz ausgeschlossen, hier uns über dieselbe eingehend zu verbreitern. Es genügt für unsere Zwecke vollständig, darauf hinzuweisen, daß unter den Blütenpflanzen dieser Gesteine thermophile, kalkliebende Elemente weitaus gegenüber den kieselholden Arten überwiegen und in dieser Hinsicht also ein ziemlich scharfer Gegensatz zwischen der Kryptogamenflora und der Phanerogamenflora des Basalts und der Basalttuffe besteht. (Ähnliches gilt übrigens auch für den Serpentin!)

Man hat den Reichtum der Basaltflora an Kalkpflanzen zu verschiedenen Zeiten, teils mit Hilfe der »chemischen«, teils mit Hilfe der »physikalischen« Theorie zu erklären versucht (vgl. darüber I. Teil dieser Abhandlung, p. 568, 571, 593, 594), ist aber dabei keineswegs zu befriedigenden, abschließenden Resultaten gekommen, weil es eben nicht angeht, aus einem vielfältigen Komplexe von Faktoren, die sich vielleicht gegenseitig zum Teile vertreten können, einen einzelnen herauszureißen und übermäßig zu bewerten. Weitaus wichtiger scheint mir der von Firbas eingenommene Standpunkt zu sein, welcher Forscher übrigens auch einen neuen Gedanken in dieser Frage zur Diskussion gestellt hat. Er kommt (l. c., p. 347) zunächst zur Überzeugung, daß man für die auffallende Tatsache, daß eine ganze Reihe von Kalkpflanzen in vielen Gebieten auf Basalt wachse, dagegen die Urgebirgsböden meide, den (geringen) $CaCO_3$-Gehalt des Basalts nicht verantwortlich machen dürfe; er fügt hinzu, daß es überhaupt als fraglich erscheinen müsse, ob in erster Linie der CaO-Gehalt des Basaltes für das Auftreten der Kalkpflanzen ausschlaggebend sei. »Die Tatsache, daß in trockenen Gebieten mit mehr ariden Klima- und Bodenverhältnissen, z. B. auf den trockenwarmen Lehnen des Böhmischen Mittelgebirges, Gegensätze zwischen Gneis- und Basaltböden trotz ihrer verschiedenen chemischen Zusammensetzung in der Vegetation kaum bestehen und erst in humideren Gebieten der Basalt auffällig bevorzugt wird (man denke an die äußersten Standorte der thermophilen Flora auf den dem Urgebirgskamme des Erzgebirges aufgesetzten Basaltbergen!), führt eher zur Vermutung, daß nicht der Gehalt an CaO im Basalt allein, sondern überhaupt der jeweilig (entsprechend der Abhängigkeit der Bodenbildung vom Klima) zugängliche Nährstoffgehalt der maßgebende Faktor ist« (l. c., p. 348/349). Basalt ist eben — nach Firbas — ein Gestein von besonders hohem, allgemeinen Nährstoffgehalt. Es ist

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

»nachschaffend«, sein Nährstoffgehalt ist länger zugänglich, sein Verwitterungsboden bewahrt auch in humiden Gebieten lange seine absorptive Sättigung, ist also ein hervorragend günstiger Bodentypus! Firbas meint, daß überhaupt »die überwiegende Mehrzahl der Elemente unserer pontischen, xerothermen Flora besser als allgemein »eutroph« (d. h. Pflanzen, die an einen Boden mit reichem Nährstoffgehalt angepaßt sind), hingegen nicht als »Kalkpflanzen«, aber auch nicht lediglich von den physikalischen Eigenschaften des Substrates abhängig anzusehen sind« (l. c., p. 349). Übrigens sagt auch Lundegardh, Boden und Klima, 1925, p. 299: »Kalkpflanzen können auch bei Abwesenheit größerer Kalkmengen auf Böden gedeihen, die allgemein nährstoffreich sind oder neutrale bis basische Reaktion haben.« Für Kalkpflanzen auf Basalt erscheint ja diese Argumentation ohne weiters einleuchtend. Denn bessere, mineralkräftigere Verwitterungsböden als die aus diesem Gestein hervorgegangenen, gibt es ja wohl überhaupt nicht. In dieser Hinsicht ist ja Basaltboden geradezu der prädestinierte Boden für anspruchsvolle Arten und der schärfste Gegensatz zum Serpentin, der die nährstoffärmsten Böden liefert, welche eben deswegen, wie ich seinerzeit betont habe, in erster Linie oligotrophen Arten zugänglich sind. Die über Serpentin gleichfalls zahlreich auftretenden Kalkpflanzen, beziehungsweise thermophilen Arten kann man natürlich nicht als eutroph im Sinne von Firbas bezeichnen, wobei überhaupt zu bedenken ist, daß es ja auch, wenn auch weit weniger, thermophile Kieselpflanzen gibt. Es bleibt in diesem Fall eben doch nichts anderes übrig, als zur Erklärung dieser Tatsache in erster Linie auf die beiden, so heterogenen Substraten in gleicher Weise eigene, hohe Bodenwärme zurückzugreifen (wofern man nicht etwa an eine teilweise Vertretung der Ca-Ionen im Serpentin durch Mg-Ionen denkt).

Wenn man die Flora des Kalkes als artenreich und individuenarm, jene des Urgesteins als artenarm und individuenreich charakterisiert hat, so muß man jene des Basaltes als arten- und individuenreich, bei besonderer Üppigkeit des Wuchses bezeichnen. Auf Basaltboden dominiert die geschlossene Formation der Vegetation, mit einem hohen Grade der Konkurrenz — auf Serpentin die offene, mit minimaler Konkurrenz! Ich habe die Tatsache, daß Basalt im allgemeinen nicht formativ wirkt und im besonderen keine »Serpentinfarne«, wohl aber deren Stammformen trägt, bereits im ersten Teil dieser Arbeit erwähnt (l. c., p. 570, 580/581) und möchte auf letzteres hier noch einmal zurückkommen. Nach Novak (**43**) wäre die Erklärung sehr einfach. Für ihn ist der Basalt eben ein Gestein, das weder selbst, noch in seinem Verwitterungsboden jemals die für die Bildung der Serpentinfarne nötige Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ aufweist, sondern vielmehr die Relation $\frac{MgO}{CaO} < 1$! Die nicht allgemeine Gültigkeit dieser Behauptung habe ich bereits früher dargetan. Speziell in an

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Olivinbomben reichen Basalttuffen, beziehungsweise deren Verwitterungsböden ist das Zustandekommen der Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ lokal leicht möglich. Wenn trotzdem dort, wo letztere Relation mit großer Wahrscheinlichkeit besteht, nur die unveränderten Stammformen der beiden Serpentinfarne und nicht letztere selbst vorkommen, beziehungsweise auch sonst auf Basalt fehlen, so erscheint mir in erster Linie der absolute Nährstoffreichtum des Basaltbodens und der hohe Grad von Konkurrenz ein Hindernis für die beiden »oligotrophen« Serpentinfarne, wie überhaupt für eine formative Wirkung, zu sein. Die Menge und Verteilung der Nährstoffe im Basaltboden ist eine außerordentlich günstige, vielleicht optimale und erfordert als solche keine besondere Anpassung von seiten der Pflanze; im Serpentinboden sind zum mindesten einige Nährstoffe, wie P, K, N, in sehr geringer Menge (vielleicht eben noch im Minimum) und ein Nährstoff, das Mg, in sehr großer Menge enthalten. Beides erfordert eine spezielle Anpassung.

Braun-Blanquet (4, 154) zitiert in seiner Arbeit das verbesserte Relativitätsgesetz von Mitscherlich-Lundegardh: »Die relative Wirkung eines Faktors ist um so größer, je mehr sich dieser Faktor im Minimum gegenüber den anderen Faktoren befindet.« Es ist also sehr gut denkbar, daß gerade dieses Moment bei der formativen Wirkung des Serpentins eine nicht minder wichtige Rolle spielt, wie die Anreicherung von MgO im Boden! Daß die verminderte Konkurrenz auf Serpentin der Artbildung günstig, die hohe Konkurrenz auf Basalt ihr abträglich ist, ist von vornherein klar; muß doch, wie Schroeter, Pflanzenleben der Alpen (IV, 1926, p. 1206) sagt, »die werdende Art einem Lebensort angepaßt sein, wo sie den Mitbewohnern gewachsen ist.«

Gams (Über Reliktföhrenwälder und das Dolomitphänomen, Sonderabdruck aus Rübel, Ergebnisse der internationalen pflanzengeographischen Exkursion durch die Tschechoslowakei und Polen, 1928, Zürich, Veröffentl. d. geobot. Institutes, 6. Heft) tritt übrigens neuestens gleich mir gegen die einseitige Auffassung Novak's auf, wenn er sagt: Die Annahme einer direkten Modifikation durch die Unterlage, beziehungsweise einer direkten Wirkung des Magnesiums auf die Serpentinpflanzen reicht zur Erklärung der Verbreitungstatsachen nicht aus (p. 29). Ferner: Die angebliche Konstanz des Verhältnisses $\frac{Ca}{Mg}$ scheint weder für die Serpentine und Dolomite, noch für die einzelnen Pflanzen zu bestehen. Jedenfalls hat Dolomit und Serpentin Eigenschaften, teils chemischer, teils physikalischer Natur, welche eine große Zahl von Konkurrenten ausschließen und damit diese Böden zur Konservierung anderwärts unter den heutigen Verhältnissen nicht mehr existenzfähiger Pflanzen geeignet machen, gleichviel, ob diese Pflanzen einen größeren Gehalt an MgO fordern oder nicht, wenn sie ihn nur vertragen (p. 30). Auch die Angabe

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Novak's, daß die epipetrische Serpentinflora keine Endemen aufweise, weil in ihrem Primärboden eben die notwendige Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ noch nicht verwirklicht sei, ist seither widerlegt durch Suza und Novaček, nach welchen am Serpentin von Mohelno bereits eine Reihe anscheinend endemische Moose (*Aporella moravica* Podp.), Flechten *(Lecanora serpentinicola)* und Cyanophyceen bekannt geworden sind (Zitat in Gams, l. c., p. 29).

Kehren wir nun wieder zum Basalte zurück! Wie schon früher erwähnt, tritt infolge der geschilderten günstigen Eigenschaften die Versauerung des Basaltbodens, die Erreichung des Podsol-Klimaxstadiums erst spät ein. Erst dann gewinnen azidophytische, oligotrophe Arten in der Vegetation die Oberhand. Als Vegetationsklimax tritt wohl, die entsprechenden klimatischen und Geländeverhältnisse vorausgesetzt, überall der Wald, speziell Laubwald, auf. Über mildem Humus ist es wohl überall die Rotbuche *(Fagus silvatica)*, meist gemischt mit *Carpinus betulus*, welche für Basalte und Basalttuffe bezeichnend ist (so in Oststeiermark, Westungarn, in Hessen, am Rollberg usw.), am Ätna ein *Castanetum*, wogegen für den Serpentin der Kiefernwald *(Pinus silvestris)* charakteristisch ist.

Interessant sind die aus Eiche, Hainbuche, Esche und Linde gebildeten Haldenhaine der Mila, die, wie Klika (l. c., p. 533/534) meint, wohl einmal von hochstämmigen Eichenwäldern verdrängt werden dürften, lokal aber auch selbst Klimaxformationen sein können. Entgegen der Ansicht Ramanns (**48**, 95), daß der Basaltboden der Eiche und Birke sowie den Nadelhölzern weniger zusage, steht die Tatsache, daß nach Firbas (l. c., p. 352) Fichte und Tanne der Rotbuche auf Basalt reichlich beigemischt sind. Jedenfalls befindet sich aber *Fagus silvatica* auf Basalt oder Basalttuff unter optimalen Ernährungsverhältnissen. Unter solchen Umständen kann aber, nach Wiesner (Der Lichtgenuß der Pflanzen, 1907, p. 154), das Minimum ihres Lichtgenusses sich ganz bedeutend erniedrigen. Damit wird aber wieder das Aufkommen anderer, speziell solcher Holzarten, die ein höher gelegenes Minumum besitzen, wesentlich erschwert. Solche sind aber z. B. Eiche und vor allem Birke (welch letztere auch oligotroph ist), wogegen die Minima von Fichte und Tanne das Minimum der Rotbuche sogar noch unterschreiten können. Die Bodenvegetation dieser Buchenwälder auf Basalt ist besonders reich an typischen »Buchenbegleitern«, welche mit besonderer Stabilität und Zähigkeit diesen Platz behaupten und sich mindestens als »Assoziationsrelikte« auch dann noch vorfinden, wenn an Stelle von *Fagus silvatica* etwa *Carpinus betulus* oder eine andere Holzart getreten ist (vgl. Gáyer, **16**, 86). Wo es nicht zur Waldbildung kommt, wie an Felsen, können fallweise die dort oft sehr früh zu beobachtenden Initialstadien von Blütenpflanzen, wie *Festuca glauca* oder *Teucrium chamaedrys* (beide thermophile Kalkpflanzen!) auch Endstadien darstellen (Klika, l. c., p. 511, 516). Waldfrei

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gebliebene Basaltkuppen, wie z. B. jene des Kaiserstuhls und andere, die zum Teil eine nicht unbeträchtlich höhere mittlere Jahrestemperatur als die Umgebung aufweisen, bieten dann »Steppenpflanzen« Ansiedlungsmöglichkeiten (vgl. Litzelmann, Die Orchideen des Kaiserstuhls. Der Naturforscher, 1927/28, Heft 3, p. 113!). Die eigentlichen pannonischen Elemente aber sind, wie schon erwähnt, in erster Linie von den Niederschlagsverhältnissen abhängig und einen zu hohen Wert derselben vermag auch die Wärme des Basaltbodens nicht auszugleichen! In ähnlicher Weise ist ja auch das Vorkommen von subalpinen und alpinen Arten auf Basalt in erster Linie klimatisch bedingt. So z. B. das Vorkommen der früher erwähnten *Woodsia alpina* zusammen mit *Arabis alpina, Saxifraga nivalis, Primula minima* am Basalte der kleinen Schneegrube (zirka 1200 *m*, perhumides Klima!). Treten sie in niederen Lagen auf Basalt auf, so ist es dann meist die kühlere, feuchte Nordseite desselben. Dort sind auch (wegen der geringeren, absorptiven Sättigung der oberen Bodenschichten), Kieselpflanzen, beziehungsweise Azidophyten oder oligotrophe Elemente häufiger. So sehen wir am Basalte (inklusive der Tuffe), der mit seinem reichen Nährstoffgehalt den geringsten, wie den höchsten Ansprüchen genügt, dessen hohe Wärme thermophilen Pflanzen es gestattet, ihre Nord- oder obere Grenze beträchtlich vorzuschieben, der bei entsprechender Exposition oder Höhenlage aber auch subalpine oder alpine Arten beherbergt, dessen freie Felsen oft den größtmöglichen Lichtgenuß verbürgen, dessen Waldesinnere anderseits oft sehr tief gelegene Lichtgenußminima aufweist, eine Pflanzendecke, die einem Mosaik gleicht, zusammengesetzt aus den verschiedenartigsten Elementen, unter denen Kalk- und Kieselpflanzen, bodenvage Arten, thermophile Elemente, xerotherme wie Glazialrelikte, baltische, illyrische, pannonische, mediterrane, subalpine und alpine Elemente oft in bunter Mischung vertreten sind, aber doch einer speziellen, persönlichen Note, nur ihm eigener »Charakterpflanzen« (wie sie im Sinne einer formativen Wirkung etwa der Serpentin aufweist) entbehrend. Mit Recht sagt in dieser Hinsicht Borbas (**3**, 261, 262), daß alle Pflanzen des Basaltes auch auf anderen Böden wachsen, beziehungsweise von dorther stammen, und daß die Zusammensetzung der Vegetation auf Basalt mehr von der Exposition (besonders Südlage), der allgemeinen geographischen Lage und von Änderungen im Boden abhängig sei, als von der chemischen Zusammensetzung des Gesteins. Unbestritten ist aber, daß, wie schon Borbas (l. c.) hervorhebt und meine sowie Drude's und Koegeler's Untersuchungen ergeben haben, manche Arten, die aus der Umgebung auf den Basalt oder Basalttuff übergehen, dort »bezeichnend«, beziehungsweise »bestandesbildend« werden können, während sie sonst vielfach selten oder an Kalksubstrat gebunden sind. In diesen Fällen spielen sicherlich die Wärme und der hohe Nährstoffgehalt des Basaltes eine besonders wichtige Rolle. Nicht wenige auf Basalt oder Basalttuff vorgefundene Arten sind endlich Kulturflüchtlinge oder eingeschleppt (besonders auf oder in der Nähe von Burgen!). Gewisse

Widersprüche in den bisherigen Befunden, z. B. wieso es kommt, daß in der von Moosen und Flechten gebildeten Initialvegetation auf Basaltrohboden die kieselholden Arten überwiegen und typische Kalkophyten fehlen, während z. B. unter den Blütenpflanzen schon in diesem Initialstadium Kalkpflanzen nicht selten sind (*Festuca glauca! Teucrium chamaedrys* u. a.!), werden vielleicht ihre Aufklärung finden, wenn die Amplitüde ihrer Anpassung an pH-Werte genauer als bisher bekannt wird. Hat doch Gams (l. c., p. 16) darauf hingewiesen, daß viele Arten neben einer Hauptamplitüde noch eine Nebenamplitüde besitzen, z. B. *Erica carnea* (Hauptamplitüde $= 6 \cdot 2$ bis $7 \cdot 2$, Nebenamplitüde $= 5 \cdot 2$ bis $5 \cdot 4$). Auch die Änderung der Elektrolytenkonzentration im Basaltboden, beziehungsweise seine Empfindlichkeit gegen Temperatur und Befeuchtung wird noch näher zu untersuchen sein.

III. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Auf Grund unserer derzeitigen Kenntnisse über die chemische und physikalische Konstitution der Basalte und Basalttuffe im allgemeinen, über ihre Verwitterung und Bodenbildung, den pH-Wert und die Elektrolytenkonzentration ihrer Primär- und Sekundärböden wird die Auswirkung dieser einzelnen Faktoren auf die Vegetation — unter besonderer Berücksichtigung der oststeirischen Verhältnisse — untersucht, wobei es sich zeigte, daß schon ein kleiner — durch die jeweilige Farnflorula gegebener — Teilausschnitt aus der Gesamtvegetation mit großer Treue die Standortsökologie widerspiegelt.

2. In Übereinstimmung mit Firbas wird der Ansicht Raum gegeben, daß es vor allem der hohe, allgemeine Nährstoffgehalt des Basaltes und der Basalttuffe ist, der einen besonders für »eutrophe« Pflanzen außerordentlich günstigen Bodentypus schafft, dessen absorptive Sättigung und alkalische Reaktion (im Sekundärboden) lange erhalten bleibt, dessen Elektrolytenkonzentration — nach Furlani — sich wahrscheinlich wenig ändert (»schwach anastatisch«), dessen endgültige Versauerung nur sehr langsam sich vollzieht. Dieser relativen Stabilität des Bodenchemismus entspricht eine ebensolche Stabilität, beziehungsweise lange Dauer einzelner Pflanzenverbände, beziehungsweise Pflanzensukzessionen auf diesem Substrat. Neben den chemischen Eigenschaften sind die thermischen Verhältnisse des Basaltes inklusive der Basalttuffe und der hohe Grad von Konkurrenz von größter Bedeutung für die Pflanzenwelt. Letzterer im Vereine mit dem allgemeinen Nährstoffreichtum ist es vor allem, der eine ausgesprochen formative Wirkung auf die Vegetation — im Gegensatz zum Serpentinboden! — unmöglich macht. Für die Ansiedlung pannonischer, subalpiner und alpiner Arten auf Basalt oder Basalttuff sind in erster Linie die klimatischen Verhältnisse des jeweiligen Standortes ausschlaggebend.

Das Literaturverzeichnis (für alle drei Teile) ist dem ersten Teile dieser Abhandlungen beigegeben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1933

Band/Volume: 142

Autor(en)/Author(s): Lämmermayr Ludwig

Artikel/Article: Vergleichende Studien über die Pflanzendecke oststeirischer Basalte und Basalttuffe. III. Teil. 1-17