

## Die Bedeutung der jährlichen Klimaschwankungen und des Reliefs für die Bodenbildung.

(Vorläufige Übersicht.)

Von **Paul Kessler** in Tübingen.

In den meisten Fällen sind die Böden etwas *Werdendes*, sie haben eine gewisse Richtung der Entwicklung, die aber nur dann zum Ziel gelangen kann, wenn sich die Entstehungsbedingungen der Böden nicht ändern und wenn sie nicht durch Wegführung der obersten Schicht oder Anflagerung neuer Schichten an der Erreichung dieses Endziels gehindert werden. Böden, die noch deutlich im Übergangsstadium stehen, bei denen das Muttergestein noch eine hervorragende Rolle spielt, nennen wir mit GLINKA *endodynamomorph*, Böden, die sich der Erreichung eines bestimmten, vom Muttergestein im wesentlichen unabhängigen Zustands nähern, oder ihn erreicht haben, heißen *ektodynamomorph*.

Seit langer Zeit, namentlich seit den Arbeiten HILGARD'S und RAMANN'S sind sich alle Bodenkundler darüber einig, daß das Klima der wichtigste der Faktoren der Bodenbildung ist, doch herrschen Zweifel darüber, ob der jährliche Wechsel des Klimas von besonderer Bedeutung ist, wie es namentlich PASSARGE betont<sup>1</sup>, oder ob die Durchschnittswerte des Klimas, wie R. LANG es will, allein von ausschlaggebender Bedeutung sind. Temperatur, Niederschläge und Verdunstung sind nach RAMANN die Großwerte der Bodenbildung. LANG glaubt diese alle drei in ihrer Beziehung auf die Bodenbildung in seinem Regenfaktor fassen zu können, den er dadurch erhält, daß er die Millimeterzahl der mittleren jährlichen Niederschläge durch die Zahl der Celsiusgrade der mittleren Jahrestemperatur dividiert mit der Modifikation, daß nur die Mittelwerte der Monate mit positiver Temperatur gerechnet werden. Dabei muß er einige für die Verdunstung wichtige Faktoren unberücksichtigt lassen, so Luftdruck und mittlere Windstärke und ebenso muß er von der der Wirklichkeit nicht entsprechenden Annahme ausgehen, daß der Dampfdruck der Temperatur proportional sei.

Im folgenden soll nun unter der Annahme, die Fehler durch Nichtberücksichtigung dieser Werte seien gering (auf die Größe der Fehler soll hier nicht eingegangen werden), untersucht werden, ob die jahreszeitlichen Schwankungen für die Bodenbildung belanglos sind oder nicht.

<sup>1</sup> Aus Arbeiten HILGARD'S, GLINKA'S, des Grafen zu LEININGEN, H. FISCHER'S, BLANCK'S, OHLY'S und vieler anderer geht hervor, daß sie dem Klimawechsel eine bedeutende Rolle zuerkennen, doch hat sich bisher niemand so deutlich darüber ausgesprochen wie RAMANN und besonders PASSARGE. Eine Zusammenstellung der Tatsachen stand bisher aus.

Die Einteilung der Klimazonen, wie PENCK sie gegeben hat, in nivale, humide, aride und pluviale Gürtel genügt für unsere Zwecke nicht, aus dem Folgenden geht hervor, daß wir eher eine Einteilung vornehmen müssen, die der von KOPPEN gegebenen und von PASSARGE etwas modifizierten sehr nahe kommt.

Die Faktoren der Verwitterung lassen sich einteilen in mechanische und chemische. Aus der mechanischen Gesteinszersetzung allein können nie, namentlich wenn Abtragung oder Auflagerung eine größere Rolle spielt, rein ektodynamomorphe Böden entstehen, doch sind bestimmte Arten der Gesteinszerstörung immerhin für bestimmte Klimate derart charakteristisch, es sei an die Wüstenböden, an arktische Polygonböden, an den Löß erinnert, daß hier wenigstens ein Überblick über die mechanischen Kräfte gerechtfertigt und nötig erscheint.

An der mechanischen Gesteinszerstörung und der Aufarbeitung des Bodens sowie der Sortierung der Bodenbestandteile beteiligen sich vor allem:

1. Frostsprengung.
2. Insolation.
3. Die Schwerkraft ohne Hilfe bewegender Medien.
4. Riesendes und fließendes Wasser.
5. Gletscher.
6. Solifluktion und Gekriech.
7. Wind und windbewegter Sand.
8. Pflanzen und Tiere (Wurzelsprengung, wühlende und grabende Tiere, Insekten, Herdentiere usw.).
9. Der Mensch.

Diese Dinge sind zu bekannt und ihre Beziehungen zum Klima und jährlichen Klimawechsel sind zu klar, um hier näher auf sie einzugehen. Hingewiesen sei nur darauf, daß das Relief der Landschaft auch auf die Art der Gesteinszerstörung von hervorragendem Einfluß ist, ebenso wie auf die Art des Transportes, erwähnt sei auch, daß z. B. bei Transport durch fließendes Wasser nicht die Durchschnittswassermengen maßgebend sind, sondern die Hochwasser, ebenso daß es bei Frost nicht die Menge der Frosttage ausmacht, sondern die Häufigkeit des Gefrierens und Tauens, z. T. auch die Intensität des Frostes, daß es also auch hier auf die Verteilung der klimatischen Werte im Jahr ankommt.

Weniger bekannt ist die Wirkungsweise der meisten Agenzien, die chemisch auf das Gestein einwirken. Hier können im wesentlichen nur die berücksichtigt werden, die unmittelbar auf das Gestein von außen einwirken, also nicht die, die erst durch chemische Umsetzung innerhalb des Gesteins neu entstehen, die also, da vorwiegend von der Art des Gesteins abhängig, endodynamisch sind. Die hier allein behandelten Agenzien decken sich

also im wesentlichen, doch nicht vollkommen mit der „einfachen Verwitterung“ J. ROTH'S.

Wasser hat bei niederer Temperatur größere Moleküle als bei höherer, doch teilen sich bei Temperaturzunahme die größeren Moleküle nicht gleichmäßig schnell in kleinere auf, das Wasser in flüssigem Zustand ist also eine Mischung verschieden großer Moleküle, je heißer es ist, um so größer ist die Zahl der kleineren Moleküle. Es ist zu vermuten, daß daher chemische wie Adsorptionsverbindungen, die bei höher temperiertem Wasser entstehen, wenn sie Wasser aufnehmen, kleinere Moleküle aufnehmen als die bei niederer Temperatur entstehenden. In der Tat bilden sich unter heißem Klima z. B. wasserärmere Eisenoxydhydrate und Eisenoxydgele als unter kälteren, was sich durch die Farbenabstufungen Rot-Gelb-Braun geltend macht<sup>1</sup>, Roterden, Gelberden und Braunerden. Es ist dabei nicht gleichgültig, zu welcher Jahreszeit die Niederschläge vorwiegend fallen. Bei gleichen Durchschnittsjahreswerten der Temperatur entstehen bei vorwiegend winterlicher Durchfeuchtung des Bodens Verbindungen mit größeren Wassermengen.

Das Wasser ist ferner stets gespalten in OH'- und H'-Ionen. Weiter kann sich OH' dissoziieren in O" und H'. Beide Arten der Spaltung sind bei reinem Wasser sehr gering. Nach KREMANN und anderen ist die Spaltung von der Temperatur abhängig. Das Verhältnis von Temperatur und Konzentration der H'- und der OH'-Ionen beträgt:

Temperatur	Konzentration	$\times 10^7$
0	0,36	= 1
10	0,57	= 1,58
18	0,80	= 2,22
26	1,10	= 3,0
50	2,44	= 7,2

Die Dissoziation steigt also mit erhöhter Temperatur sehr bedeutend an. Sie wird ferner erhöht durch ultraviolette Strahlen und wesentlich mehr noch durch Anwesenheit von Elektrolyten. Beide Faktoren (Sonnenstrahlen, Salpetersäure als Gewitterbildung) sind in den heißen Klimaten wesentlich stärker vorhanden als in den kälteren. Außerdem ist in den Tropen die Niederschlagsmenge wesentlich größer als in den anderen Klimazonen, so daß hier die Zersetzung der Silikate in der von VAGELER angezeigten Weise durch Hydrolyse und Bildung von Hydrosolen des Al-Oxyds, des Fe-Oxyds und der Kieselsäure vor sich gehen kann, wobei die verschiedenen Sole verschieden leicht in Gele übergehen, und daher Kieselsäure weggeführt wird, während Al und Fe erhalten bleiben.

<sup>1</sup> Schon hier sei bemerkt, daß die braune Farbe von Eisenverbindungen auch auf andere Weise zuwege kommen kann.

Es entsteht so durch die rasche Fällung des Fe und des Al die Grundsubstanz des Laterits mit unveränderter Struktur des Muttergesteins, hauptsächlich aus Gelen von ungefährer Zusammensetzung des  $Al(OH)_3$  bestehend, mit roter Färbung durch kolloidales Eisenoxyd. Durch vollkommene Auswaschung der Elektrolyte können dann schließlich auch die Sesquioxyde beweglich werden, worauf noch zurückzukommen ist. Doch ist zu bemerken, daß es sich hier, ebenso wie bei der Entstehung von Hydrosilikaten durch Hydrolyse, vorläufig noch um hypothetische Annahmen handelt. Selbstverständlich können auch andere Verwitterungsarten eingreifen und werden es auch stets, je nach den klimatischen Verhältnissen in verschiedenem Maß, es werden Übergänge zu anderen Verwitterungsböden bestehen. Das Vorkommen von aus reinem kolloidalen oder sekundär kristallin gewordenem  $Al(OH)_3$  bestehendem Boden ist nicht zu erwarten. Daß Wasser auf viele Mineralien auch in undissoziiertem Zustand einzuwirken vermag und sehr viele von ihnen lösen kann, ist bekannt. JAKOB hat jüngst wieder gezeigt, daß Wasser sogar in Silikate als  $H_2O$  eintreten kann.

Der Salpetersäure hat man lange eine wichtige Rolle bei der Entstehung des Laterits zugesprochen, ob so ganz mit Unrecht, wie neuerdings vielfach angenommen wird, erscheint mir noch zweifelhaft. Ihre Menge, die zum großen Teil abhängig ist vom Auftreten der Gewitter, ist in den Tropen am stärksten und nimmt nach den Polen wie allgemein nach den niederschlagsärmeren Gegenden ab. Neben Salpetersäure und salpetriger Säure kommt auch Ammoniak bezw. seine Verbindungen in den Niederschlägen vor.

Die übrigen anorganischen Hauptagenzien der Verwitterung sind Kohlensäure, die im Boden allerdings zum größten Teil von der Zersetzung organischer Reste herrührt und der STREMMER die Bildung des Kaolins zuschreibt, sowie der hauptsächlich aus der Atmosphäre stammende Sauerstoff. Darstellungen der hauptsächlichlichen Wirkungsweise beider findet man in allen Lehrbüchern der allgemeinen Geologie und der Bodenkunde, doch sind die mit beiden verknüpften Fragen noch weit davon entfernt, gelöst zu sein. Insbesondere findet man nirgends die Frage erörtert, ob sie in heißem oder kühlem Klima stärker zu Geltung kommen. Experimentelle Untersuchungen hierüber wie über andere Fragen der Verwitterung sind im Tübinger bodenkundlichen Laboratorium im Gang oder sollen demnächst darüber angestellt werden. Auf die Bedeutung der Kohlensäure für die Wanderungen von Minerallösungen im Boden ist noch zurückzukommen.

Eine zweite Gruppe von Wirkungen geht von den Organismen und Organismenresten im Boden aus. Die Menge von Resten höher organisierter Pflanzen im Boden ist einmal abhängig von der Menge des Pflanzenwuchses, zweitens von seiner Zerstörung. Es ist bekannt, daß das Maß der pflanzlichen Massenentwicklung bestimmt

wird durch das Gesetz vom Minimum; d. h. der Faktor, der nicht in genügender Menge vorhanden ist, bestimmt auch unter sonst optimalen Verhältnissen die Produktion, fehlt er, so ist Pflanzenleben unmöglich. (Natürlich kann auch ein Übermaß jedes einzelnen Faktors schaden.) Die einzelnen Faktoren können sich auch gegenseitig beeinflussen, sie greifen harmonisch ineinander, wodurch aber die Gültigkeit des Gesetzes nicht gestört wird, ebenso ist das Optimum für verschiedene Pflanzen verschieden (z. B. Kalkholde und Kalkscheune). Die einzelnen Faktoren mit ihrem Durchschnittsoptimum sind nach RUSSEL: Temperatur (+ 20), Belichtung ( $\frac{1}{2}$  des normalen Tageslichts meist ausreichend), Wasser (Bedürfnis von verschiedenen Umständen abhängig, daher auch bei derselben Art sehr verschieden), mineralische Nährstoffe und Stickstoff im Boden, Kohlensäure und Sauerstoff der Luft, geeignete physikalische Beschaffenheit des Bodens.

Von diesen Faktoren sind Temperatur, Belichtung und Wasser primär vom Klima abhängig, wobei der jahreszeitliche Wechsel der Temperatur und die Verteilung der Niederschläge eine hervorragende Rolle spielen. Die genügende Anwesenheit von N ist sekundäre Folge des Klimas, die Anwesenheit von Nährsalzen wird ebenfalls z. T. durch das Klima infolge der Zirkulation des Wassers bedingt. O und CO<sub>2</sub> sind unter normalen Verhältnissen stets genügend in der Luft enthalten, während die Anwesenheit des O im Boden wiederum hauptsächlich von dem seinerseits von Klima und Relief beeinflussten Wassergehalt abhängt.

Die Zersetzung der pflanzlichen Reste kann je nach dem Zutritt von Wasser einerseits und Sauerstoff andererseits vor sich gehen als Verwesung, Vermoderung, Vertorfung oder Fäulnis, wobei an den verschiedenen Vorgängen wesentlich verschiedene Organismen beteiligt sind. Prinzipiell kann zwischen aeroben und anaeroben Organismen unterschieden werden, d. h. solchen, die den zur Lebens-tätigkeit nötigen Sauerstoff aus der Luft und solchen, die den Sauerstoff aus organischen oder anorganischen Verbindungen entnehmen, doch ist die Trennung vielfach nicht vollkommen scharf durchführbar. Ganz allgemein können Organismen unterschieden werden, die am Kreislauf des Kohlenstoffs, des Sauerstoffs, des Wasserstoffs, des Schwefels, des Phosphors oder des Eisens im Boden beteiligt sind, und in jeder dieser Gruppen gibt es aufbauende und abbauende Organismen. Alle bedürfen des Wassers bis zu einem gewissen Grade, bei völligem Mangel findet kein Leben statt, bei zuviel Wasser aber hört die Tätigkeit der aeroben Organismen auf; wo also das Jahr in Regen- und Trockenzeiten gegliedert ist, ruht während der Trockenzeit die Lebens-tätigkeit oder ist mindestens stark gehemmt. Das ist der Fall in der tropischen Trockenperiode der Savanne, ist auch der Fall in den russischen Steppen, wo zwar die Sommerniederschläge die des

Winters überwiegen, aber bei der großen Hitze, der starken Verdunstung und geringen Durchlässigkeit des Bodens seine sommerliche Durchfeuchtung nur sehr gering ist. Hier wirkt ferner der strenge Winter auf Unterbindung der Zersetzung, so daß sich Humus im Boden infolge des eigentümlichen Klimas anhäuft, trotzdem eine Zeit des Jahres über sehr lebhaft Zersetzungstätigkeit herrscht. In den Tropen und bereits im Mediterrangebiet dagegen häuft sich im allgemeinen selten Humus an, da hier die winterliche Lebensruhe fehlt und meist bereits in der Regenzeit und im Übergang zur Trockenzeit aller Humus zersetzt wird.

Es ist bekannt, daß der Wald ganz anders auf die Bodenbildung wirkt als die Bewachsung mit niedrigen Pflanzen. Einmal wird das zum Stoffwechsel der Pflanzen nötige Wasser den tieferen Bodenschichten entzogen, dann entsteht der Humus vorwiegend durch Laub- und Astfall, häuft sich also auf der Oberfläche an, während er in Steppe, Savanne, Wiese und Feld hauptsächlich aus den Wurzeln der Ein- und Mehrjährigen entsteht und daher von vornherein eine Mischung mit den mineralischen Bestandteilen des Bodens besteht, die im Wald erst durch die hier meistens auch knapper vertretenen Würmer, Insekten und bodenbewohnenden Wirbeltiere sich vollziehen muß. Schließlich wird durch die Transpiration der Bäume im Verein mit der schützenden Streudecke die Verdunstung der oberen Bodenschichten herabgesetzt, die Temperaturunterschiede im Boden daher gemäßigt. Infolgedessen entstehen unter Wald stets Bodenbildungen, die einer gleichmäßig über das Jahr verteilten Feuchtigkeit entsprechen als sie das Luftklima aufweist. Es braucht aber kaum erwähnt zu werden, daß auch die Bewachsung selbst vom regionalen Klima aufs innigste abhängig ist, doch kann lokal ein Ausgleich durch den vom Relief  $\pm$  abhängigen Grundwasserstand erreicht werden. Durch letzteren werden auch die Umsetzungsvorgänge im Boden, liegt er sehr hoch, aufs stärkste beeinflußt, namentlich insoweit sie von Lebensvorgängen der Mikroorganismen abhängen.

Außer von Temperatur, Wasser und Sauerstoff sind die Mikroorganismen insbesondere abhängig von den anwesenden Nährstoffen, zu denen auch die anorganischen Nährsalze gehören. Namentlich Kalk wirkt fördernd auf die Tätigkeit der Humus abbauenden Bakterien ein. Daher erklärt es sich, daß auf Kalk die Bodenbildung meist der einer trockeneren Zone entspricht, während umgekehrt auf sehr kalkarmen Gesteinen an unzersetztem Humus reichere Böden sich bilden. So geht die Roterde auf kalkreichen Gesteinen weiter nach N als auf kalkarmen.

Eine besondere Bedeutung erhält der Humus dadurch, daß er Reduktionsvorgänge veranlaßt. In der Bleicherdeschicht (A) der Podsolböden wird keineswegs alles Eisen ausgelaugt, sondern das dunkle Oxyd wird zu hellem Oxydul reduziert und nur ein Teil

wird teils durch Schutzkolloidwirkung des Humns, teils durch Einwirkung der  $\text{CO}_2$  in den Untergrund geführt, wo er sich wieder in der Ortstein- oder Branderdeschicht (B) als Gel niederschlägt. Geglühlter Bleichsand wird daher meist rot und die verschiedenen Analysen des Bleichsands zeigen meist noch einen nicht unbedeutlichen Eisengehalt, der manchmal sogar den des Muttergesteins übertrifft. Aus dem Humns entstehen nach älteren, neuerdings namentlich wieder von ODEX verteidigten Anschauungen Humus-säuren, die je nach ihrer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften haben sollen. Von vielen anderen Forschern wird dagegen nach dem Vorgang von BAUMANN und GULLY die ganze Wirkung des Humns auf kolloidale Eigenschaften zurückgeführt. Humus-lösungen gehen sehr leicht kolloidale Verbindungen ein: sind nicht genügend Basen vorhanden, um den Humns zu fällen, so wirkt er als Schutzkolloid und veranlaßt so die Wanderung von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , sowie anderer Bodenbestandteile.

Anfällung der Gele geschieht einmal durch Zusammentreffen mit Elektrolyten, dann aber sowohl durch Eintrocknen wie Gefrieren. In beiden letzteren Fällen erhellt von vornherein die Bedeutung des jahreszeitlichen Klimawechsels, sowohl bei reversiblen wie bei irreversiblen Gelen. Die Krümelung des Bodens bei Frost wird ebenfalls z. T. kolloidchemischen Vorgängen zugeschrieben; es mögen diese Andeutungen genügen, für einen kurzen Überblick sei auf die Arbeit von WIEGNER verwiesen. Für vorliegende Arbeit von besonderem Interesse sind besonders die Koagulationen, die durch  $\text{CaCO}_3$  eintreten.

Da, wie bereits angedeutet, voraussichtlich niemals ein einziger der die Gesteinszersetzung bewirkenden Faktoren allein tätig ist, erhebt sich noch die Frage, wie das gegenseitige Verhältnis der Faktoren ist, wie sie neben und miteinander arbeiten oder sich anheben.

Es ist von vornherein klar, daß mechanische Zerstörung, da sie ja die Angriffsflächen vergrößert, jeder Art der chemischen Zerstörung vorarbeitet bzw. sie unterstützt, es handelt sich also nur um das Verhältnis der chemischen Agenzien zueinander: erwähnt sei jedoch, daß in den Gebieten, in denen die mechanische Zerstörung am größten, im allgemeinen die chemische am geringsten ist und umgekehrt. Leider ist m. W. das gegenseitige Verhältnis der chemischen Agenzien bei der Verwitterung praktisch noch kaum untersucht und überhaupt die Frage bisher fast völlig vernachlässigt. Bekannt ist im wesentlichen das Verhältnis von  $\text{CO}_2$  und O in bezug auf das Eisen. Bei Zutritt von wassergelöstem O zu Eisencarbonat entsteht Eisenhydroxyd, ein Vorgang, der sowohl bei der Ortsteinbildung wie bei der Bildung von Gleichhorizonten eine hervorragende Bedeutung hat, leidlich bekannt ist auch das Verhältnis der Mikroorganismen zu  $\text{CO}_2$ , indem manche Bakterien ihre

Zersetzung unter Freiwerden von O zu bewirken vermögen, die Bedeutung dieses Vorgangs für die Bodenbildung ist aber meines Wissens noch nicht untersucht, ebensowenig wie die Bedeutung der Kohleensäureabsonderung aus den Wurzelhaaren; auch die Wirkung der Stickstoff und Stickstoffverbindungen verarbeitenden Bakterien ist wohl in ihrem Verhältnis zur Pflanze ziemlich gut bekannt, die Untersuchungen wie die Gesteinszersetzung dadurch beeinflußt wird, stehen noch aus. Erst recht viele Fragen knüpfen sich an das Verhältnis der Wirkung der chemischen bodenbildenden Agentien zur kolloidchemischen sowohl der mineralischen wie der organogenen. Auch da sind wir auch nur über die Anfänge noch nicht hinaus. Bevor jedoch auf diese Verhältnisse zurückgekommen sei, sei auf die für die Bodenbildung meist nicht genügend berücksichtigten Grundwasserverhältnisse hingewiesen.

Wir sind aus unserem Klima, in dem die stärksten Niederschläge in die Zeit der größten Wärme fallen, und damit zugleich (zumeist) in die Zeit der stärksten Verdunstung, gewöhnt, den Grundwasserstand als ziemlich feststehend zu betrachten. Schwankungen von einigen Metern sind bereits Seltenheiten. Ganz anders in den tropischen Gebieten mit ihrem Wechsel von Regenzeit und Trockenperiode. Aus einigen Gegenden Kameruns schildert GUILLEMAIN anschaulich, wie in der Regenzeit alles überschwemmt ist, in der Trockenzeit dagegen das Wasser aus 20 und mehr Meter Tiefe heraufgeholt werden muß. Da in den betreffenden Gebieten die Oberfläche eben und das Gestein, Laterit, gleichmäßig verbreitet ist, entstehen keine Grundwasserströme, sondern äußerst langsam abfließende Grundwasserseen, wie das ja auch sonst in ebenen Gebieten mit gleichmäßigem Gestein der Fall ist. Im Gegensatz zu anderen Gebieten liegt aber hier während der Trockenzeit der Grundwasserspiegel so tief, daß trotz der großen Wärme und der Trockenheit der Luft ein stärkerer kapillarer<sup>1</sup> Aufstieg zur Oberfläche nicht stattfindet, vielmehr fließen die im Grundwasser gelösten, aus dem angewaschenen Boden stammenden Salze trotz des minimalen Gefälles unterirdisch ab, z. B. da, ehe die Salze wieder an die Oberfläche gelangen könnten, eine neue Regenzeit einsetzt. Die Folge ist die allmähliche völlige Auswaschung des Bodens, in dem nur Aluminiumhydrat, wasserarmes Eisenoxyd und

<sup>1</sup> Man hat vielfach angenommen, daß die Kapillarität weniger wichtig für den Aufstieg des Wassers sei als die äußerst feine Wasserhülle, die die Bodenteilchen umgibt. VERSLUYS hat neuerdings darauf hingewiesen, daß durch diese Hülle keine Zirkulation von Wasser stattfindet und ihre einzige Bedeutung für den Wasseraufstieg darin liegt, daß im befeuchteten Boden die kapillaren Wirkungen stärker sind als in vollkommen trockenen. Die Tatsache, daß also der Aufstieg allein nach den bekannten Gesetzen von der Porengröße abhängig ist, ist zum Verständnis vieler Bodenbildungen des Wechselklimas von großer Bedeutung.

unlösliche Kieselsäure zurückbleibt. In den ebenen ariden Gebieten dagegen, in den Regen äußerst selten fällt, verdunstet dieser wieder zum großen Teil sofort, ein anderer Teil sammelt sich zwar auch als Grundwasser, steigt aber, da kein neuer Nachfluß erfolgt, zur Oberfläche und bringt entweder die Salze hierhin oder sie werden vorher bereits niedergeschlagen. Ist der Boden so grobporig, daß ein kapillarer Aufstieg nicht wieder möglich ist, so sammeln sich die Salze im Untergrund und werden bei der Verdunstung des Wassers dort niedergeschlagen. Auch hier spielt natürlich einerseits die Tiefenlage einer undurchlässigen Schicht eine Rolle, andererseits aber auch die jeweils fallende Niederschlagsmenge. Ist sie nicht groß genug, um tief in den Boden einzudringen, so wird sie wieder, wenn die Korngröße bzw. die Porengröße es gestattet, in ihrer Gesamtheit an die Oberfläche steigen und alle Salze wieder in die Höhe bringen<sup>1</sup>. Auf keinen Fall aber werden die Salze aus dem Gebiet weggeführt, es sei denn äolisch. In den hügeligen und zerschnittenen ariden Gebieten und denen mit dazu geeigneter Tektonik sammeln sich dagegen die Salze in den Niederungen bzw. in den tektonisch tiefsten Stellen über der undurchlässigen Unterlage. Ist die Gegend nicht vollarid, sondern fallen eine kurze Zeit des Jahres über regelmäßige Niederschläge, so werden natürlich zuerst die leicht löslichen Salze entfernt, während die schwerer löslichen im Boden auf- und abwandern. RAMANN hat darauf aufmerksam gemacht, daß viele Arten von Bodenhorizonten, die man früher als Niederschlag aus absteigendem Wasser ansah, durch aufsteigendes Wasser entstehen. Verschiedenes spielt hier mit; außer der Austrocknung und Abscheidung des Gelösten als Kristalloid oder Kolloid ist am wichtigsten die reichlichere Anwesenheit von  $\text{CO}_2$  in den tieferen Bodenschichten, wodurch die Carbonate, namentlich von Ca und Mg in leicht lösliche saure Carbonate verwandelt werden. Beim Aufsteigen in höhere, an  $\text{CO}_2$  ärmere Bodenschichten wird die  $\text{CO}_2$  wieder abgegeben und die Carbonate fallen wieder aus. Ich glaube allerdings nicht, daß der Vorgang so einfach ist, namentlich bei den Lößkindeln, die RAMANN anführt, dürfte, worauf die Verlehmungszonen deuten, der Kalk von oben stammen, in die Tiefe gewandert und dann erst wieder beim Aufstieg abgeschieden sein<sup>2</sup>. Die Kalkkrusten, wie sie in vielen semiariden Gebieten vorkommen, dürften auf dieselbe Weise entstehen, während bei den öfters im semiariden

<sup>1</sup> Daß aus der Zersetzung des Muttergesteins überhaupt Salze entstehen können, ist natürlich, findet keine Zufuhr von anderen Gebieten her statt, die Grundbedingung zur Entstehung salzhaltiger Böden.

<sup>2</sup> Sicher spielt aber auch einfaches Austrocknen eine Rolle, denn die Lößkindel, wie W. Graf zu LEININGEN aus ihren Sprüngen in einer oben erschienenen Arbeit schließt, sind als Gel ursprünglich entstanden.

Gebiet beobachteten Kieselkrusten wohl hauptsächlich Gelfällung durch Austrocknung in Betracht kommt. Die wechselnde Höhenlage dieser und ähnlicher Bildungen (z. B. Gipskrusten) erklärt sich aus der Wechselbeziehung zwischen Grundwasser und Verdunstung bezw. durch die Tiefe, in die das Wasser überhaupt bei dem Klima des betreffenden Orts überhaupt einsickern kann. Bei den bereits erwähnten Gleichhorizonten ist der Aufstieg, besonders entlang von Wurzelröhrchen, über dem Haupteisenhorizont wohl in jedem guten Anschluß zu beobachten. (Schluß folgt.)

## Die biologische Bedeutung der Mündungsverengung bei *Phragmoceras*.

Von H. Prell in Tübingen.

Mit 6 Textfiguren.

Bei einer erheblichen Anzahl paläozoischer Cephalopoden kommen eigenartige Verengungen der Schalenmündung vor, welche wegen ihres Aussehens vielfach geradezu als Visiere bezeichnet werden. In gleichmäßiger Wölbung neigen sich bei ihnen die Wände der äußeren Schale gegeneinander und lassen zwischen sich nur charakteristisch gestaltete, oft verzweigte und manchmal sehr enge Spalten frei. Insbesondere bei den Arten der Gattung *Phragmoceras* ist die Mannigfaltigkeit der Visierbildungen sehr groß und gestattet, in längeren Vergleichsreihen den Übergang von den einfacheren zu den komplizierteren Verhältnissen zu verfolgen.

Die ontogenetische Bedeutung der visierartigen Mündungsverengung bei den Phragmoceraten und verwandten Cephalopoden ist diejenige eines Entwicklungsabschlusses. Hat ein *Phragmoceras* erst einmal die Öffnung seiner Wohnkammer durch die Ausbildung lappenartig konvergierender Erweiterungen der Wände verengert, so hat er damit zugleich ein weiteres Größenwachstum aufgegeben. Ob und wie lange er dann noch ohne Größenzunahme fortleben konnte, muß dahingestellt bleiben. Man kann nur sagen, daß das Aufhören des Größenwachstums wahrscheinlich ungefähr mit dem Erreichen der Fortpflanzungsfähigkeit zusammenfällt, wie das auch von vielen Gastropoden bekannt ist, und daß das völlig erwachsene Tier vielleicht noch zu längerem Leben befähigt war.

Es lohnt sich nun wohl, auf die biologische Bedeutung der Mündungsverengung einen Blick zu werfen. Dabei sei aber weniger Wert auf die Feststellung gelegt, welche Aufgabe die Mündungsverengung hatte, denn daß sie eine Schutzeinrichtung ist, unterliegt wohl keinem Zweifel. Es soll vielmehr die Frage

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [1921](#)

Autor(en)/Author(s): Kessler Paul

Artikel/Article: [Die Bedeutung der jährlichen Klimaschwankungen und des Reliefs für die Bodenbildung. \(Vorläufige Übersicht.\) 294-303](#)