

## II. Besprechungen.

### Bodenkundliche Probleme in ihrer Bedeutung für die Geologie.

Von **Herm. Fischer** (München).

Erweiterte Darstellung nach einem Vortrag am 19. Mai 1914 in der Ortsgruppe der Geologischen Vereinigung zu München.

#### Literatur.

- I. K. ANDRÉE, Die paläogeographische Bedeutung sedimentpetrographischer Studien. *PETERM. Mitt.* 59, 1913, S. 117.
- II. J. VAN BAREN, Roter Geschiebelehm. *Intern. Mitt. f. Bodenkunde* I, 1912, S. 355.
- III. M. BAUER, *Neues Jahrb. f. Min. usw.*, 1898, II, S. 163—219, bzw. *Sitzungsber. d. Ges. z. Beförderung der ges. Naturw. zu Marburg*, 1897.
- IV. G. BERENDT, Zur Geognosie der Altmark. *Jahrb. d. preuß. geol. Landesanstalt*, 1886, S. 106.
- V. E. BLANČEK, Beiträge zur regionalen Verwitterung in der Vorzeit. *Mitt. d. Landw. Inst. d. K. Univ. Breslau*, VI. Bd., 1913, S. 619.
- VI. B. FACH, Chemische Untersuchungen über Roterden und Bohnerztone. *Inaug.-Diss. Freiburg i./Br.*, 1908.
- VII. HERM. FISCHER, 1. Beziehungen zwischen Bodenbildung und Klima. *Naturw. Wochenschrift*, 1913, Nr. 48, S. 763ff.  
2. Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. *Geognostische Jahresh.*, 1908.
- VIII. C. GAGEL, 1. Neue Beobachtungen über Störungen im Lüneburger Turon. *Zts. d. D. geol. Ges.*, 1905, S. 165 u. 271.  
2. Über das Alter des Diluvialtorfes bei Lütjen-Cornholt. *Zentralbl. f. Min. usw.*, 1910, S. 97.  
3. Beiträge zur Kenntnis des Untergrundes von Lüneburg. *Jahrb. d. kgl. preuß. geol. Landesanstalt für das Jahr 1909*, S. 165.
- IX. R. GRADMANN, Das Pflanzenleben der Schwäbischen Alb. 2. Aufl., 1900, I. Teil, S. 254—401.
- X. E. W. HILGARD, Über den Einfluß des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bodens. Heidelberg, 1893.
- XI. A. JENTSCH, 1. Neue Gesteinsaufschlüsse in Ost- und Westpreußen. *Jahrb. d. preuß. geol. Landesanstalt*, Bd. 17, 1896, S. 112.  
2. Bd. 17, 1896, S. 1—125 ff., S. 53—59.
- XII. E. KAYSER, *Lehrbuch der Geologie*. I. Bd., S. 122.
- XIII. W. KOEHNE, Entwurf für die Erläuterungen der geologisch-bodenkundlichen Karte von Blatt Gauting. München, 1911, als Manuskript gedruckt, S. 10, 11, 12 u. 13.
- XIV. W. KOEPPEN, Versuch einer Klassifikation der Klimate. Leipzig, 1901.
- XV. G. KRAUS, Boden und Klima auf kleinstem Raum. Jena, 1911.
- XVI. P. KRUSCH, Beitrag zur Geologie des Beckens von Münster usw. *Ztschr. d. Deutsch. geol. Ges.*, 1909, S. 230—282, S. 277 u. 281.

- XVII. R. LANG, I. Der mittlere Keuper im südlichen Württemberg. Inaug.-Diss., Tübingen, 1909.
2. Über die Bildung von Bodentypen. Geol. Rundschau, Bd. VI, 1913, S. 242.
- XVIII. K. OLBRICHT, I. Über einige ältere Verwitterungserscheinungen in der Lüneburger Heide. Zentralbl. f. Min. usw., 1911, S. 507.
2. Neuere Beobachtungen in den diluvialen Schichten von Lüneburg. Zentralblatt f. Min. usw., 1910, S. 609.
3. Das Diluvium in der Umgebung von Hannover. Globus XCVIII, 190, S. 277 u. Neue Beobachtungen im Diluvium der Umgebung von Hannover. Zentralbl. f. Min. usw., 1913, S. 51.
- XIX. PENCK und BRÜCKNER, Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig, 1901.
- XX. E. RAMANN, Bodenkunde. 3. Aufl. Berlin, 1911.
- XXI. A. SCHULZ, Die Geschichte der phanerogamen Flora und Pflanzendecke Mitteldeutschlands. Ber. d. Ver. z. Erforschung der heimischen Pflanzenwelt in Halle a. d. Saale, I. Bd., 1914.
- XXII. R. SCHWARZ, Chem. Untersuchungen über Bohnerztone und afrikanische Erden. Inaug.-Diss., Freiburg i./Br., 1910.
- XXIII. H. STREMMER, I. Laterit und Terra rossa als illuviale Horizonte humoser Waldböden. Geol. Rundschau, 1914, S. 480—499.
2. Die Verbreitung der klimatischen Bodenformen in Deutschland. Branca-Festschrift. Berlin, Gebr. BORNTRAEGER, 1914, S. 15—75.
3. Aus der Heimat.  
Die Böden der pontischen Pflanzengemeinschaften Deutschlands, 1914, Nr. 4, S. 97—104.
- XXIV. THUGUTT, Neues Jahrb. f. Min. usw. Beil. Bd. 1895, S. 621.
- XXV. JOH. WALTHER, I. Die Geschichte der Erde und des Lebens. Leipzig, 1908.
2. Das Gesetz der Wüstenbildung. Leipzig, 1912.
- XXVI. K. WEIGER, Beitrag zur Kenntnis der Spaltenausfüllungen im weißen Jura usw. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württemberg. Jahrg. 64, 1908, S. 187.
- XXVII. F. WEIGERS, Neue Beiträge zur Geologie der Altmark. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanstalt, 1907, S. 276.
- XXVIII. E. WÜST, Studien über Diskordanzen im östlichen Harzvorlande Zentralbl. f. Min. usw. 1907, S. 83.

Vorbemerkung : Der im folgenden mitgeteilte Vortrag beschäftigt sich im wesentlichen mit der Bodenkunde in ihrer Beziehung zur Paläogeographie und Paläoklimatologie. Die wichtige Frage der Bodenbildung konnte nur gestreift werden. Über dieses Thema sind in den verschiedenen Jahrgängen der Geologischen Rundschau so zahlreiche Abhandlungen erschienen, daß an dieser Stelle vieles bereits Mitgeteilte nur wiederholt werden konnte. Es sei deshalb auf die wichtigen Arbeiten besonders hingewiesen. Nach klimatischer Einteilung der geschilderten Bodenformen vom Äquator bis zu den Polen kommen in Betracht

I. für pluviokalide Böden:

- a) Laterit von W. MEIGEN. 2. Bd. 1911. S. 197.
- b) Roterden, Eisensteine, Bohnerze, Bauxit im Tertiär in Überreste tertiärer Verwitterungsrinden in Deutschland von H. STREMMER. 1. Bd. 1910. S. 337.

- c) Laterit und Terra rossa als illuviale Horizonte humoser Waldböden von H. STREMMER. 5. Bd. 1915. S. 480.
- d) Laterit, Roterden, Gelberden und Humusböden der Tropen in »Über die Bildung von Bodentypen« von RICHARD LANG. 6. Bd. 1915. S. 242ff.
- e) Ein Beitrag zur Entstehung der Mediterran-Roterde vom Standpunkt kolloidchemischer Bodenforschung und klimatischer Bodenzonenlehre von E. BLANCK. 7. Bd. 1916. S. 57.

## II. für aride Böden:

- a) Die Wirkungen des Windes und seine Bedeutung für den Ackerbau von K. STAMM. 3. Bd. 1912. S. 360.
- b) s. RICHARD LANG. 6. Bd. 1915. S. 245; ebenda auch für semi-aride Böden (Schwarzerde) S. 252.

## III. für humide Böden:

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Braunerden</li> <li>2. Podsolböden (Bleicherden)</li> <li>3. Rohhumusböden</li> </ul> | } | s. RICHARD LANG, 6. Bd. 1915,<br>S. 250. |
|---|---|--|

Eine zusammenfassende Arbeit über alle klimatischen Bodenformen gab HERMANN L. F. MEYER (Gießen), Geol. Rundschau, 7. Bd. 1916, S. 193 in seiner umfangreichen Arbeit über »Klimazonen der Verwitterung und ihre Bedeutung für die jüngste geologische Geschichte Deutschlands«.

Die Bedeutung der Kolloidchemie für die Frage der Bodenbildung ist von E. BLANCK in Geol. Rundschau, 6. Bd. 1915, S. 405 in einer Besprechung über »Die neue kolloidchemische Forschungsrichtung in der Bodenkunde in ihrer Beziehung zur Geologie« behandelt worden.

Die Beziehungen zwischen Geologie und Bodenkunde sind so vielseitig und eng miteinander verknüpft, daß man in Theorie und Praxis verschiedentlich geneigt ist, die Bodenkunde einfach als Spezialgebiet der Geologie zu behandeln. Die Einseitigkeit dieses Vorgehens wird dem ohne weiteres einleuchten, der sich für das Gesamtgebiet der Bodenkunde interessiert, und er wird der Ansicht unserer bedeutendsten Bodenkundler zustimmen müssen, daß die Bodenkunde zweifellos eine Wissenschaft für sich ist, wenn sie auch als angewandtes Fach als Grenzwissenschaft zwischen Geographie, Geologie, Petrographie und Mineralogie einerseits und Pflanzenphysiologie, Agrikulturphysik und Agrikulturchemie andererseits zu besonderer Würdigung gelangt ist. Je nachdem Vertreter der genannten Schwesterswissenschaften sich mit Bodenkunde beschäftigen, werden sie ihr Fach naturgemäß in seinen Beziehungen zur Bodenkunde besonders betonen, und das ist auch wohl verständlich und berechtigt, denn gerade auf den Grenzgebieten der Wissenschaften haben wir noch besonders wertvolle Forschungsergebnisse zu erwarten.

Wenn im folgenden bodenkundliche Probleme in ihrer Bedeutung für die Geologie näher erörtert werden sollen, so ist anzunehmen, daß den Geologen vor allen ein Problem der Bodenkunde interessieren wird, nämlich die Frage der Bodenbildung.

Vom geologischen Standpunkt aus betrachtet, kann der Boden als ein Gestein sedimentärer Natur betrachtet werden, dessen Bildung in die Gegenwart hereinragt und in ihr noch fort dauert. Mit der Frage nach seiner Entstehung würde sich also die Petrographie zu befassen haben. Das geologisch geschulte Auge erkannte bald die Beziehungen zwischen Boden und Gesteinsuntergrund, und heimische Geologen alten Schlags fanden gewisse Gesetzmäßigkeiten in diesen Beziehungen in regionaler Ausdehnung über das gesamte mitteleuropäische Gebiet, Gesetzmäßigkeiten, auf Grund deren ein Einteilungsprinzip der Böden nach dem Ursprungsgestein geschaffen wurde. Man unterschied also nach dem Gestein z. B. zwischen Granit-, Gneis-, Schieferböden, Basaltböden, Sandstein-, Kalk-, Tonböden usw. oder nach der Formation z. B. zwischen Buntsandstein-, Muschelkalk- und Keuperböden, Böden des Diluviums und Alluviums. Es schien keinem Zweifel zu unterliegen, daß die Bodenbildung eine Funktion der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Gesteins sei und die Feststellung der Beziehungen zwischen Boden und Muttergestein genügende Sicherheit zur systematischen Ausscheidung von Bodentypen geben könnte. Daß diese auf engbegrenztem Gebiete gewonnenen Anschauungen irrtümlich waren, ergaben erst die Feststellungen ausländischer Forscher (HILGARD für Nordamerika, DOKUTSCHAJEW für Rußland). Sie wiesen überzeugend nach, daß die Bodenbildung eine Funktion des Klimas ist. Es ist wohl das unbestrittene Verdienst des deutschen Bodenkundlers E. RAMANN, die neuen Anschauungen zum erstenmal auf mitteleuropäische Verhältnisse übertragen zu haben.

Die Erkenntnis über den Zusammenhang zwischen Klima und Bodenbildung wird wesentlich erleichtert, wenn man von einer Klimakarte der gesamten Erdoberfläche ausgeht, in der die mittleren jährlichen Regenmengen und die Jahresisothermen eingetragen sind. Man ersieht aus dieser Karte die zonare Verteilung der Klimaarten über die Erdoberfläche. Die gleiche zonare Verteilung mit einigen Abweichungen, die durch Wind- und Meeresströmungen hervorgerufen werden, erhalten wir auch, wenn wir die bekannten Bodentypen der Erde in ein gleichartiges Kartennetz eintragen. Ich habe diesen Versuch bereits im Jahre 1913 gemacht und darüber in der Naturwissenschaftlichen Wochenschrift 1913, S. 763 berichtet (VII).

Die Aufeinanderfolge der Bodenzonen von Pol zu Äquator ergibt dann folgende drei Hauptbodenarten:

1. Humide Böden<sup>1)</sup>, d. h. solche Böden, welche sich bei mittleren

<sup>1)</sup> Nach RAMANN (XX, S. 523) ist für die humiden Gebiete charakteristisch, daß die Niederschläge die Verdunstung überwiegen. Da letztere wieder von der

bis geringen jährlichen Niederschlagsmengen und gemäßigten bis niedrigen Jahrestemperaturen bilden.

2. Aride Böden, d. h. Böden, welche der Wüsten- und Steppenzone der nördlichen und südlichen Hemisphäre angehören. Ihre Bildung wird durch hohe Temperaturen und geringe Niederschlagsmengen bedingt.

3. Pluviokalide Böden. Die Ausscheidung dieser dritten Hauptbodenart wird veranlaßt durch die Beobachtung der namentlich in der äquatorialen Zone herrschenden hohen Temperaturen und großen Niederschlagsmengen, welche die Entstehung des Laterits ermöglichen.

Das Vorkommen des Laterits auf den verschiedensten Gesteinsunterlagen war der beste Beweis, daß die Bodenbildung prinzipiell von dem Muttergestein unabhängig ist und nur auf klimatische Einflüsse zurückgeführt werden kann. Untersuchungen über die Verbreitung des Laterits haben nun gezeigt, daß dieses Endglied der pluvio-kaliden Verwitterungsvorgänge keineswegs über die tropischen Breiten regional verbreitet ist. Viel häufiger finden sich die Roterden, Böden, welche die Lateritbildung gewissermaßen im Keime zeigen. Diese spielt sich bekanntlich in zwei Stadien ab, von welchen das erste, die Kaolinisierung, bereits bei geringerer Wärme und Feuchtigkeit vor sich geht. Durch Massenwirkung der beiden genannten Faktoren wird aber der Ton selbst noch hydrolytisch in Tonerdehydrat und Kieselsäure aufgespalten, welche letztere bei alkalischer Bodenreaktion in löslicher Form in den Untergrund wandert.

Die Roterden nun sind nicht nur regional weit verbreitet, ihre Bildung kann zweifellos auch bis in die ältesten erdgeschichtlichen Perioden zurückverfolgt werden. Mit Recht sagt E. BLANCK (V) in einer Studie über die regionale Verwitterung der Vorzeit, daß rot gefärbte Böden, also die Roterden, dem humiden Gebiete zuzuweisen sind, soweit sie nicht durch Abkunft von eisenreichen Gesteinen ihre Färbung erhalten haben, bzw. daß zur Zeit ihrer Bildung ein humides Klima geherrscht haben muß.

Wenn wir also eine Bodenart auf klimatischer Grundlage diagnostizieren, so brauchen wir nur über ihr geologisches Alter klar zu werden, um gleichzeitig auch Auskunft über das Klima der Zeit der Bodenbildung zu erhalten. Mit anderen Worten gesagt, es vermag die Bodenkunde auch zur Lösung paläoklimatischer Fragen beizutragen.

Im allgemeinen wird man wohl darüber einig sein, daß alle Sedimente der Vorzeit einstmals als Böden existiert haben. Vielfach haben

---

Temperatur und dem in der Luft vorhandenen Wasserdampf abhängig ist, so kann bei niedrigerer Temperatur und relativ hoher Wasserdampfspannung, wie dies in arktischen Gegenden der Fall ist, humides Klima herrschen, während andererseits bei steigender Temperatur schon sehr hohe Niederschlagsmengen notwendig sind, um dem Klima humiden Charakter zu geben.

sie ja auch noch heute die Charakteristika ihrer Bildung als Böden. Und doch ist der Schluß aus der Natur eines Sediments auf das Klima der Vorzeit nur mit Skeptizismus zu machen, da wir zwischen Boden auf primärer und sekundärer und weiterhin zwischen Gestein auf primärer und sekundärer Lagerstätte unterscheiden müssen.

Nach den obigen Darlegungen sind rote Sedimente, die weit verbreitet bis ins frühe Paläozoikum auftreten, als Aufarbeitungsprodukte eines pluviokaliden Klimas anzusehen. In den seltensten Fällen können wir aber, wie es KRUSCH (XVI) für Sedimente der Karbonzeit gelang, den Nachweis führen, daß die fossilen Zeugen der Paläoklimatologie auf primärer Lagerstätte vorhanden sind. Es können von solchen Gesichtspunkten aus betrachtet die roten Sedimente der Buntsandsteinperiode sehr wohl, wie dies J. WALTHER (XXV, 1) annimmt, als aride Böden subaerisch gebildet sein. Nur das eine ist bodenkundlich sicher, daß das Material als Aufbereitungsprodukt pluviokaliden Klimas anzusehen ist und die Buntsandsteinsedimente zum größten Teil Böden auf sekundärer Lagerstätte waren<sup>1)</sup>. Wenn wir die primären Lagerstätten über den während der Karbonzeit tief verwitterten Urgesteinen des varistischen Gebirges suchen, so muß hier die Beweisführung nicht durch die Bodenkunde, sondern durch die Geologie erbracht werden.

Andererseits wird aber wieder die Bodenkunde den alten Streit, ob der mitteldeutsche Hauptbuntsandstein als Wüstenbildung oder

<sup>1)</sup> JOH. WALTHER (XXV, 1, S. 255) beschreibt aus der Umgebung von Khar-tum Hügel, die aus dem Nilschlamm hervorragen und oftmals mit kleinen Sandwehen bedeckt sind, die durch ihre hochrote Farbe anzeigen, daß sie in der pluvialen Tropenzone entstanden sind.

Nach meinen Analysen (XXV, S. 255) bestehen diese pluviokaliden Böden auf sekundärer Lagerstätte aus fast reinem Quarzsand, der durch zarte Hüllen eines Eisenoxydhydrates braunrot gefärbt ist. Dieses dürfte wasserärmer sein als unser Brauneisen (nicht Hämatit, wie versehentlich bei WALTHER steht! Der Ref.) Hämatit selbst ist nur in geringer Menge vorhanden.

WALTHER schreibt weiter: »Solche rote Sande sind im Inneren von Arabien weitverbreitet und bilden hier die großen Dünengebiete der Nefud.« Nach der Analyse von PHILLIPPS enthalten sie nur 0,28% Eisenoxyd. »Wenn man erwägt, daß der Eisengehalt des Quarzsandes immer noch höher ist als derjenige der Rinde, so hat die Vorstellung nichts Befremdendes, daß auch letzterer ursprünglich im Sand enthalten gewesen sein kann und durch dieselben Vorgänge an die Oberfläche heraufgedrungen ist, durch welche die braune Schutzrinde an der Außenseite von Wüstenkieseln und Steinen entsteht.«

Nach WALTHER würden also auch im ariden Gebiet rotgefärbte Böden auf primärer Lagerstätte entstehen können. Vergleicht man aber ihren quantitativen Gehalt an Eisenoxydhydraten mit dem, wie wir ihn aus Analysen von Gesteinen des Rotliegenden, Buntsandsteins und Keupers kennen, so ergibt sich sofort die außerordentlich große Differenz bezüglich der Quantität an solchen Verbindungen. Bei Röttschiefer steigt der  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Gehalt gemeinhin bis 40%, bei Sandsteinen des Buntsandsteingebietes bis 4%. Diese an hochoxydierten Eisenoxydhydraten reichen Produkte müssen primär durch Gesteinszersetzung im pluviokaliden Klima entstanden sein (vergl. dazu auch KRUSCH (XVI)).

nicht als solche anzusehen ist, mit entscheiden können. Vier Fragen vor allem wird der Bodenkundler aufwerfen müssen, wenn der Standpunkt des äolischen Transportes im ariden Klima vertreten wird:

1. Warum trat keine oder geringe Windseigerung im Hauptbuntsandstein ein?

2. Warum fehlt gewöhnlich der Kalkgehalt, der für Wüstensande typisch ist?

3. Sprechen die bunten Mergel — die allerdings mehr für den Keuper charakteristisch sind — nicht für eine abwechselnde Regen- und Trockenzeit?

4. Warum sind ursprünglich im Material des Buntsandsteins zweifellos reichlich vorhanden gewesene Amphibolite fast durchweg völlig zersetzt?

In großer vertikaler und horizontaler Verbreitung finden wir Buntsandsteine mit einem Bindemittel, das wir seiner ganzen Natur nach als primär mit den Sandkörnern abgelagert betrachten müssen. Dabei ist wohl an die Diagenese gedacht, der dieses Bindemittel späterhin verfallen ist und die in vielen Fällen zu einer Quarzitisierung der betreffenden Sandsteine geführt hat. Nicht in letzter Linie bodenkundliche Erwägungen lehnen für die Buntsandsteinperiode in Mitteldeutschland ein Meer ab. Gleichwohl dürfte eben wegen der hier augenscheinlich gleichzeitigen Sedimentierung von grobem und feinem Material an rein subaerische Auflagerungen nicht zu denken sein.

Man hat so einen Mittelweg gesucht und ist für die randlichen Gebiete des mitteldeutschen Buntsandsteinterritoriums zu der Anschauung gekommen, daß hier Einschwemmungen vorliegen. Für die mehr zentralen Gebiete kämen Verfrachtungen und Umlagerungen durch Wind in Betracht, während die Sedimentation selbst jedoch in einem organismenarmen Binnensee oder Haff vor sich gegangen wäre.

Auch die geringe regionale Verbreitung von kohlen saurem Kalk gerade in den Schichten des Buntsandsteins, die für Wüstenbildungen angesehen wurden, spricht gegen diese Annahme. Bereits der Bodenkundler E. W. HILGARD (X) weist darauf hin, daß die Böden der ariden Region als solche weit reicher an Kalk sind als die der humiden. Ich selbst fand bei einer vergleichenden Untersuchung der von J. WALTHER gesammelten Wüstensande (XXV, 2) einen erheblichen Gehalt von kohlen saurem Kalk für diese ariden Böden geradezu als typisches Merkmal. An eine Auswaschung des Kalkes ist im Wüstengebiet nicht zu denken. Im Gegenteil würden, wie wir später sehen werden, durch vorübergehende Lösung des kohlen sauren Kalkes beim Verdunsten des als Lösungsmittel dienenden Regenwassers örtliche Kalkkonkretionen entstehen müssen, die ohne weiteres in die Augen fallen. Freilich kennen wir solche Karbonatkonkretionen aus dem Röt in großer Verbreitung. Aber hier verrät schon der dolomitische Charakter dieser Knollen, daß eine rein chemische Ausscheidung aus konzentriertem

Meerwasser vorliegt, entstanden unter Verhältnissen, wie sie für die Dolomitbildung günstig sind. Eher wäre der Einwand gerechtfertigt, daß das gesamte Ursprungsmaterial des Buntsandsteins (Urgestein des varistischen Gebirges!) so kalkarm gewesen ist, daß auch kein Kalk in die ariden Wüstenböden eingeweht werden konnte.

Aus Farbe und rhythmischer Folge der bunten Letten und Mergel, wie wir sie aus dem Gipskeuper in typischster Ausbildung kennen, wurde bereits von verschiedenen Forschern, z. B. von R. LANG (XVII, 1), der Schluß auf paläoklimatische Erscheinungen während der Bildungszeit dieser ehemaligen Böden gezogen. Also auch hier wieder Ergebnisse der Bodenkunde für ein Gebiet der Geologie, die Paläoklimatologie! Gerade die Regelmäßigkeit in der Ablösung der roten und grünen Schichten weist auf Jahreszeiteneinflüsse hin, auf den Wechsel zwischen trockenen und feuchten Perioden.

Nach den vorangehenden Darlegungen ist die Materialbildung der roten Mergel nur im pluviokaliden Klima denkbar. Die Ablagerung der Mergel kann aber sowohl unter wie über Wasser stattgefunden haben. Die Reduktion des Eisenoxyds zu Eisenoxydul und damit die Entstehung der grünen Mergel steht zunächst in keinem Zusammenhang mit der reichlicheren Wasserzufuhr. Untermeerisch abgelagerte rote Sedimente sind seit langem wohl bekannt. Erst mit dem Auftreten von Organismen in den Böden aber werden die Bedingungen geschaffen, welche die Reduktion der Eisenoxyde ermöglichen. Das wirksame Prinzip ist hier die Tätigkeit der Bakterien, die ihr Sauerstoffbedürfnis durch Sauerstoffaufnahme aus den verschiedensten sauerstoffhaltigen organischen und anorganischen Verbindungen decken können. Die rein chemische Wirkung reduzierender Stoffe, wie Schwefelwasserstoff, Humussäuren usw., wirkt wohl auch mit, tritt aber an Bedeutung hinter der Bakterientätigkeit zurück. Geradezu ein Schulbeispiel für abwechselnde Oxydations- und Reduktionserscheinungen bieten unsere kalkreichen Teichböden. Sind sie während des Sommers in Nutzung, also mit Wasser bedeckt, so verwandeln sie sich unter dem Einfluß der starken Sauerstoffzehrung im Boden in echte Grauerden. Wenn dann bei der Abfischung im Herbst das Wasser abgelassen wird, so tritt unter kräftiger Aufnahme von Luft-sauerstoff die Rückverwandlung in Braunerde ein, d. h. die Eisenoxydulverbindungen im Boden werden zu Eisenoxydhydrat verwandelt, wobei dem kohlensauren Kalk eine Rolle als Fällungsmittel der primär gebildeten Eisenoxydverbindungen zukommt.

Was wir hier an den kalkreichen Teichböden lokal vor unseren Augen sich entwickeln sehen, sind Erscheinungen, die regional typisch sind für das humide Gebiet. In den kälteren Regionen findet unter Humusbedeckung überwiegende Reduktion im Boden statt und damit Lösung und Auswäsung der Erdalkalien, Sesquioxyde und Phosphorsäure. In den wärmeren Regionen findet energischere Zersetzung des

Humus statt, die Reduktion im Boden gewinnt nicht die Oberhand über die Oxydation, und die Auswaschung kann sich infolgedessen nur auf die leichter löslichen Salze (Sulfate und Karbonate eingeschlossen) erstrecken.

Erscheinungen der Reduktion und Oxydation im Boden in ihrem Einfluß auf den Bodencharakter, die sich beim Teichboden aus der Nutzungsart, bei den Grauerden und Braunerden aus lokalen Differenzen im humiden Klima ergeben, dürften bei den bunten Mergeln des Keupers, wie gesagt, auf gesetzmäßig sich ablösende, schroffe klimatische Veränderungen zurückzuführen sein. Doch wird hier auch die Art und Stärke der Sedimentation mitgespielt haben; denn analoge Bildungen der Jetztzeit, wie sie den bunten Mergeln des Keupers zu vergleichen wären, sind mir nicht bekannt. Starke klimatische Differenzen dagegen können heute noch z. B. in den Steppengebieten beobachtet werden, ohne daß dadurch eine entsprechende rhythmische Ausbildung des Bodenprofils bedingt wird.

Zusammenfassend möchte ich für die Bodenbildung während der Ablagerungszeit der bunten Mergel im Keuper eine gesetzmäßig sich ablösende Folge von aridem und humidem Klima annehmen. Eine starke Akkumulation der Sedimente scheint verhindert zu haben, daß die Reduktion des Aufschüttungsmaterials auf die unter anderen klimatischen Verhältnissen abgelagerten tieferen Schichten sich erstrecken konnte. Über die Natur der reduzierenden Organismen oder organischen Stoffe, die die grünen Mergel gebildet haben könnte, ist noch kaum etwas bekannt. Es würde aber an sich schon eine Infiltration mit Humuslösungen, wie sie im pluviokaliden Gebiet zeitweilig in großer Masse in die Flüsse gelangen, genügen, um im kalkreichen Sediment bei stärkerer Wärmewirkung kräftige bakterielle Reduktionen auszulösen.

Als vierten Punkt, der mit aus bodenkundlichen Erwägungen zur Entscheidung über die aride oder humide Entstehungsart eines Sediments beitragen kann, habe ich auf S. 351 die Feststellung des Zersetzungsgrades der Amphibolite in den Sedimenten angeführt. Gut erhaltene Amphibolite im Sediment dürften geradezu als ein Indikator für seine Entstehung unter aridem Klima anzusehen sein, denn bei der ganzen Art ihres chemischen Aufbaus und ihres kristallinen Gefüges sind die Amphibolite der hydrolytischen Wirkung des Wassers besonders stark ausgesetzt. In Schlämmrückständen des Lößes, eines zweifellos ariden Produktes, habe ich allenthalben gut erhaltene grüne Hornblende gefunden. Niemals aber fand ich sie in Schlämmrückständen von Eifler Devongesteinen und fränkischem Muschelkalk. Auch die Sandsteine der Trias zeigten, soweit ich solche untersuchte, nur an stark verwitterten Resten die ehemalige Anwesenheit von Amphiboliten im Boden (VII, 2, S. 4). Meiner Erwägung nach würde die Feststellung von unverwitterten oder wenig verwitterten Amphiboliten in älteren Sedi-

menten ein beweiskräftiges Moment für ihre Entstehung unter ehemals ariden Verhältnissen geben können. Allerdings ist auch die Möglichkeit im Auge zu behalten, daß ehemals in den alten Schichtgesteinen vorhanden gewesene Amphibolite späterhin durch die Diagenese vollständig zerstört wurden.

Wichtige Feststellungen über klimatische Differenzen der Tertiärzeit sind als ein weiteres Ergebnis jener Forschungsmethode zu betrachten, welche die Gesteins- und Bodenbildung in ihrem genetischen Zusammenhang betrachtet. Über dieses Kapitel sind bereits von BLANCK (V) so eingehende Mitteilungen gemacht worden, daß ich mich hier mit einer kurzen Aufzählung der Literatur in Beziehung zu meinem Thema begnügen kann. Im Anschluß an die Darlegungen BLANCKS würden sich im Tertiär echte pluviokalide Bildungen nachweisen lassen können. Hierher zu rechnen sind:

1. die Bohnerzbildungen in Spalten der weißen Jura-kalke auf der Schwäbischen Alb, welche nach K. WEIGER (XXVI) zunächst auf die starke Verwitterung der Kalke im feuchtwarmen Klima zurückzuführen sind. Die Verwitterungsrückstände sind in die Klüfte des Kalkes zusammenschwemmt worden, und hier sind durch chemische Abscheidung von Eisen- und Kalkkarbonat jene oolithischen Bildungen entstanden, die wir als Bohnerze bezeichnen. Daß die Bohnerzbildung im Tertiär ein Phänomen von regionaler Verbreitung ist und viele Ähnlichkeit hat mit der Roterdenbildung, wie wir sie z. B. heute an den Mittelmeerküsten beobachten, wurde von den Schülern W. MEIGENS, B. FACH (VI) und R. SCHWARZ (XXII) nachgewiesen.

2. Als eine Bildung pluviokaliden Klimas ist wohl auch der von JENTSCH (XI, 2) beschriebene Posener Septarienton (Flammenton) anzusehen, zumal da schon seine weite Verbreitung für eine regionale Klimawirkung spricht.

3. Einen ausgesprochen lateritischen Charakter haben schließlich jene von M. BAUER (III) beschriebenen Verwitterungsprodukte von Basalt und Dolerit, die als Bauxit aus dem Vogelsgebirge bekannt wurden. Auch die intensiv rote Verwitterung von Basalttuffen, wie sie z. B. an der Nordwand des Pferdekopfes in der Rhön zu beobachten ist, möchte hier auf Bodenbildung unter ehemals pluviokaliden Verhältnissen schließen lassen. Doch müssen nach THUGUTT (XXIV) alle diese Feststellungen noch weiter kritisch gesichtet werden, da auch heute noch in unseren Breiten solche Verwitterungsvorgänge, wie sie aus dem Vogelsgebirge und der Rhön geschildert wurden, vor sich gehen sollen<sup>1</sup>).

Einen wesentlich anderen Bodencharakter, der sich heute noch in der Natur des Sediments verrät, scheinen jene Verwitterungsrinden

<sup>1</sup>) Weitere Literaturangaben über tertiäre Roterden s. bei STREMME I. Bd. der Geologischen Rundschau 1910, S. 338, und bei HERMANN L. F. MEYER ebenda 7. Bd., 1916, S. 227.

auf der alttertiären Landoberfläche in Thüringen zu haben, die ihr Entdecker, E. WÜST (XXVIII) selbst als Grauerden, also nach der oben mitgeteilten Bodenklassifikation als ehemalige Böden eines humiden Klimas bezeichnet.

Klimatische Differenzen, die in den Bodenbildungen der Tertiärzeit bereits angedeutet zu sein scheinen, können aus den Diluvialablagerungen bereits in der denkbar größten Mannigfaltigkeit geschlossen werden. Im Diluvium finden sich in unseren Breiten ehemalige Böden aus dem humiden und ariden, ja möglicherweise sogar aus dem pluviokaliden Klima. Diese Tatsache ist für die Paläoklimatologie des Diluviums von der denkbar größten Bedeutung. BLANCK (V) hat sich in seiner mehrfach genannten Arbeit besonders mit den pluviokaliden Bildungen des Diluviums beschäftigt und konnte eine recht ansehnliche Literatur über dieses Thema zusammenstellen. Ich glaube aber, daß bei kritischerer Untersuchung der bekanntgegebenen rotgefärbten Ablagerungen im Diluvium der sichere Nachweis einer echten Klimabildung des Diluviums in den wenigsten Fällen erbracht werden kann. Wer die große Verbreitung von rotem Urgesteins- und Schichtengesteinsmaterial in den glazialen Ablagerungen des Nordens in Erwägung zieht, dem wird das Auftreten einer roten Fazies in Diluvialsedimenten eher als reines Verwitterungsprodukt roter Gesteine auf sekundärer Lagerstätte erscheinen. Den im unteren Diluvium des Wehlauer Kreises auftretenden, von A. JENTSCH (XI, 1) als »Wehlauer Ton« beschriebenen roten Tonmergel schildert der Autor selbst als ein aus »Abschlammassen von Landstrecken« entstandenes Sediment. Es würde also auch hier wieder ein pluviokalider, vielleicht tertiärer Boden auf sekundärer Lagerstätte vorliegen. Der Kalkgehalt des Tones kann meiner Meinung nach nicht als Gegenbeweis für die allothigene Bildung des roten Produktes angeführt werden, nachdem kalkhaltige rote Böden, wie die roten Mergel im Keuper, sehr wohl, besonders durch äolischen Transport auf sekundärer Lagerstätte entstehen können. Wie Kälte, Druck und Feuchtigkeit oder Trockenheit allein einen ziegelroten fetten Tonmergel entstehen lassen können, müßte JENTSCH erst auf experimentellem Wege erhärten.

Ähnlich wie die Entstehung des Wehlauer Tons möchte ich auch die Entstehung von rotem »Geschiebe«-Mergel aus der Altmark erklären, den G. BERENDT (IV) als unterdiluviales Gebilde näher schildert, während F. WEIGERS (XXVII) der Ansicht ist, daß hier ein Gestein tertiären Alters vorliegt.

Beweiskräftiger für das Auftreten pluviokalider Bodenbildung im Diluvium sind jene rot gefärbten Verwitterungsrinden zwischen echt glazialen Ablagerungen. Bekannt wurden solche

1. durch J. VAN BAREN (II) aus dem niederländischen Diluvium. In der westlich der Yssel gelegenen Altmoränenlandschaft Veluwe ist Geschiebelehm in der Interglazialzeit zu einem steinroten, sandigen

Lehm verwittert. Für die authigene Verwitterung spricht die starke Verwitterung der in den Geschieben enthaltenen eisenführenden Mineralien, wie Augit, Hornblende und Granat. Gleiche Erscheinungen finden sich jedoch nicht in dem grauen Geschiebelehm, der als das Ursprungsmaterial des roten Geschiebelehmes zu betrachten ist. Ähnliche Vorkommnisse wie aus der Veluwe erwähnt J. VAN BAREN (l. c.) auch aus der Nähe von Dorpat, Riga und Wilna, ferner von der Ostküste Englands und aus Missouri, Jowa, Kanada und Nebraska.

2. K. OLBRICHT (XVIII, 1, 2) berichtet über das Vorkommen von roten, interglazialen Verwitterungsrinden von den verschiedensten Stellen der Lüneburger Heide. Nachdem auch C. GAGEL (VIII, 1, 3) in dieser Gegend ähnliche Erscheinungen beobachtet hat, kann man wohl behaupten, daß hier nicht lokale Erscheinungen, sondern eine regionale pluviokalide Bodenbildung der Glazialzeit vorliegt. Diese würde sich nach weiteren Forschungen GAGELS (VIII, 2) auch auf das Gebiet von Schleswig-Holstein erstreckt haben, während sie OLBRICHT (XVIII, 3) späterhin auch noch in der Umgegend von Hannover beobachtet hat.

3. Im süddeutschen Diluvium fielen rote Verwitterungsrinden der glazialen Ablagerungen bereits A. PENCK und E. BRÜCKNER (XIX, S. 67) auf. Besondere Beachtung wurde diesen Erscheinungen jedoch erst von W. KOEHNE (XIII) gelegentlich der Aufnahme von Blatt Gauting und Baierbrunn der geologischen Spezialkarte von Bayern geschenkt. E. BLANCK (V) hat nun in Anschluß an KOEHNES Untersuchungen die verdienstvolle Aufgabe übernommen, den Übergang von unverwittertem Diluvialkies in roten Lehm und weiterhin in gelben Lehm und in die Ackerkrume analytisch darzustellen. Bei der Betrachtung der hier einschlägigen Gesamtanalysen läßt sich in vielen Fällen für den roten Lehm eine auffallende Vermehrung von Eisenoxyd und Tonerde gegenüber der Kieselsäure erkennen. Es ist das jene Erscheinung, die für beginnende Lateritisierung eines Gesteins charakteristisch ist. Der gelbe Lehm, den wir bodenkundlich als Braunerde der humiden Gebiete ansehen können, hat gegenüber dem offenbar im pluviokaliden Gebiet entstandenen roten Lehm durchweg mehr Kieselsäure und weniger Eisenoxyd und Tonerde. BLANCK hat auch versucht, nach Angaben von J. VAN BAREN bzw. G. H. LEOPOLD den in konzentrierter Salzsäure löslichen Anteil der oben genannten Bodenarten zu bestimmen, dabei aber weniger klare Unterschiede in dem Molekularverhältnis von Kieselsäure : Tonerde bei roten und gelben Lehmen erhalten. Trotzdem glaube ich, daß von BLANCK für die roten Verwitterungsrinden aus süddeutschen Glazialablagerungen der Beweis erbracht worden ist, daß hier pluviokalide Bodenbildung wenigstens im Keime vorliegt. Die Bedeutung eines ursprünglichen Kalkgehaltes der Rotlehme für die Ausfällung der roten Eisenoxydhydrate ist mit BLANCK besonders hervorzuheben, und es ist dem Autor in jeder

Beziehung recht zu geben, wenn er am Schluß seiner mehrfach zitierten Abhandlung zusammenfassend sagt: »Die rotgefärbten Verwitterungsbildungen der Diluvialzeit gehören den sogenannten Interglazialzeiten und nur untergeordnet der Postwürmeiszeit an, sie scheinen aber unter den Bedingungen des damals herrschenden Klimas nur dann zur Ausbildung gelangt zu sein, wenn die Ablagerungen, aus denen sie hervorgingen, besonders kalkreich waren. D. h. mit anderen Worten, die Bedingungen für die Entstehung der interglazialen Roterden dürften ähnliche gewesen sein, wie diejenigen der rezenten mediterranen Roterden.«

4. Als ein schlagender Beweis für die Ausbildung von Klimazonen während der Interglazialzeiten dürfte die tiefgründige pluviokalide Bodenbildung anzusehen sein, wie sie in dem Ferretto von der Südseite der Alpen bekannt ist. BLANCK (V) möchte den Ferretto mit dem Deckenschotter parallelisieren. Bei letzterem beträgt die Verwitterung bis zu 10 m, während sie beim Ferretto 80 m erreicht. Schon aus dieser Mächtigkeitsdifferenz allein erkennen wir den grundlegenden Unterschied in der Verwitterungsintensität südlich und nördlich der Alpen bereits während der Diluvialzeit. Die Stärke der Verwitterung spricht sich aber nicht nur in der Mächtigkeit des Ferretto, sondern auch in der eingreifenden chemischen Umwandlung des Ursprungsgesteines aus. Nach PENCK ist »aller Kalk gelöst, aller Feldspat kaolinisiert, alles Hydratisierbare hydratisiert«. Mag auch das Ursprungsmaterial des Ferretto aus den denkbar härtesten Gesteinstrümmern sich zusammengesetzt haben, heute ist es so durch und durch verwittert, daß ein Messer die noch in den Umrissen erkennbaren Gneis- und Granitgerölle zu durchschneiden vermag.

Den humiden und pluviokaliden Böden des Diluviums stehen die ariden Böden dieser Formation gegenüber, von denen zwei typische Vertreter sich als sogenannte Reliktböden bis in unsere Tage erhalten haben, der Löß und die Schwarzerde.

Über den Löß als äolisches Aufbereitungsprodukt der glazialen Schuttmassen haben sich auch die Bodenkundler ausgesprochen. Sie rechnen ihn zu den semiariden Böden und schließen aus seinem Vorkommen auf relativ trockenes Klima, wie es der Ausbildung von Steppen günstig ist. Für ein besonderes Charakteristikum des Lößes wurde von jeher sein Kalkgehalt angesehen. Dieser ist naturgemäß einer Auslaugung durch Regen unterworfen, und heute noch sehen wir vielfach echten Löß in Lehm übergehen. Zur Zeit der Lößbildung waren die Verhältnisse aber sicher anders gelegen.

Nach HILGARD (X, S. 36 ff.) dringt das Regenwasser in ariden Gegenden selten in größere Tiefen. »Es benetzt den Boden auf etwa 1 bis 1,5 m, und aus dieser Tiefe steigt dann das Wasser kapillar wieder aufwärts und verdunstet an der Oberfläche.« Infolgedessen bilden sich weiße oder graue Konkretionen von unreinem Kalkkarbonat im

Untergrund, welche vermischt mit der diffundierten Tonsubstanz oft zu einer Tuffmasse erhärten, welche dem Durchgang des Wassers und der Pflanzenwurzeln ein wesentliches Hindernis bietet bzw. denselben ganz verhindert. »Solcher verhärteter Untergrund ist den Landwirten der ariden Region überall wohl bekannt. Er findet sich von den Felsengebirgen bis zur pazifischen Küste (vulgo hardpan) und im nordwestlichen Indien vom Ganges bis zum Indus, wo er als »Kankar« der Bebauung an sich äußerst fruchtbarer Landstrecken oft schwer zu überwindende Schwierigkeiten bereitet.«

Die über dem Kalktuff stattfindende Bildung alkalischer Laugen »erklärt sich aus der jährlichen Bewegung des Bodenwassers besonders da, wo das Grundwasser bis auf geringe Tiefe unter der Oberfläche gestiegen ist«. Wenn es die wasserdichte Tuffschicht erreicht, fließt es über die Ränder derselben und laugt alle Alkalisalze nach der Mitte zu. Beim Fallen des Grundwassers bleibt die Lauge über der Tuffschicht wie in einer Schüssel zurück. Bei Verdunstung des Wassers entstehen Salzauswitterungen.

Diese Beobachtungen über Kalkkonkretionsbildungen im ariden Klima scheinen eine Lösung des Problems über die Entstehung der Lößkindel zu liefern. HILGARD hat solche Gebilde bereits in den Gebieten mit Sommerregen beobachtet. Mit seinen Schilderungen stimmt auch das reihenweise Auftreten der Lößkindel. Übrigens scheint auch von geologischer Seite (vergl. E. KAYSER, XII, S. 122) der Annahme der Lößkindelbildung als Kalkkonkretionen kein Widerspruch mehr zu begegnen. Nur der Vorgang der Bildung dürfte noch weiter aufzuklären sein. Zweifellos geht neben der Ausscheidung von Kalkkarbonat durch Verdunstung des Wassers in oben geschilderter Weise noch eine Aufnahme feinsten, eingeschlammter, kolloidaler Tonsubstanzen in die Konkretionen nebenher. Die Tatsache, daß die Lößkindel meist hohl sind und im Querschnitt dieser Hohlräume eine sekundäre Zerreißung der verhärtenden Masse deutlich verraten, läßt eine Schrumpfung der ursprünglich kolloidalen Grundmasse dieser Konkretionen annehmen. Manchmal lösen sich im Inneren der Konkretion infolge der Schrumpfung auch Teile der Masse los, und so entstehen Klappersteine, wie ich einen solchen in meiner Sammlung besitze.

Nicht zuletzt auf Grund bodenkundlicher und kolloidchemischer Forschungen dürfte somit die Frage nach der Entstehung der Lößkindel im Prinzip als gelöst zu betrachten sein, und andere Annahmen, wie z. B. die von W. FRANTZEN, daß die Lößkindel nichts anderes als verwitterte Kalkgerölle seien, sind als irrig zurückzuweisen.

Die Bodenbildung des Lößes kann aus den verschiedensten Gesteinsarten hervorgehen, wie neuerdings K. André (I) hervorhebt. Jedenfalls ist der Kalkgehalt nicht nur für den Löß an sich, sondern auch für seine Bildung im ariden Klima äußerst charakteristisch. Hier sind tatsächlich alle Bedingungen erfüllt, welche eine

sichere Diagnose aus dem Gestein auf das Klima zur Zeit seiner Entstehung zulassen.

Über die Auffassung der Schwarzerden als arider bzw. semiarider Böden haben sich neuerdings Zweifel erhoben. R. LANG (XVII, 2) stellt in einer Studie über die Bildung von Bodentypen diese von russischen Forschern und auch von E. RAMANN (XX, S. 539) als Steppenböden geschilderten Produkte eines bestimmten in unseren Breiten nicht mehr herrschenden Klimas zu den ausgesprochen humiden Böden, und zwar in der Aufeinanderfolge von Norden nach Süden zwischen die Rohhumus- und Bleicherdeböden und die Braunerden. Begründet wird diese Umstellung damit, daß in den Schwarzerdegebieten die Befuchtung die Verdunstung übertrifft und auch in dem Gebiete der typischen Schwarzerden, in Südrußland, zahlreiche Flüsse entspringen. RAMANN selbst wird für die neue Auffassung als Zeuge aufgerufen, nachdem er auf S. 542 seiner Bodenkunde folgenden für eine humide Bildung wenigstens der deutschen Schwarzerden sprechenden Wortlaut niedergelegt hat: »Merkwürdig ist die Erhaltung der Schwarzerde in den westlichen Gebieten bei Magdeburg und Braunschweig. Man kann nicht annehmen, daß es Reliktenböden der nachdiluvialen Steppezeit sind, denn die Humusstoffe dieser hervorragenden Ackerböden müßten längst wesentlich vermindert sein, wenn nicht die klimatischen und Bodenverhältnisse fortgesetzt ihre Neubildung begünstigten.« Es dürfte meiner Erwägung nach nicht angebracht sein, dieses eine von RAMANN als Sondererscheinung besprochene Vorkommen von Schwarzerde hinsichtlich seiner Bildungsweise zu verallgemeinern, zumal da noch keine experimentellen Beweise vorliegen, ob die in der Schwarzerde ausgefallten Humuskörper unter den vorliegenden klimatischen und petrographischen Verhältnissen und bei der Nutzungsart des Bodens so leicht einer Zerstörung anheimfallen können. Sehen wir also von dem einen Fall, in dem RAMANN einen veränderten Standpunkt einzunehmen scheint, ab, so dürften doch in allen anderen Fällen und gerade für die typischen Vorkommen der Schwarzerde die klimatischen Bedingungen ihrer Entstehung in Gebieten mit kalten Wintern und trockenen, heißen Sommern so klar definiert sein, daß eine veränderte Auffassung nur Verwirrung hervorbringen kann. Daß eine solche bezüglich der Bedeutung der Schwarzerden als Böden der pontischen Pflanzengemeinschaften schon in bedauerlicher Weise eingetreten ist, beweisen neuere Ausführungen von H. STREMMER (XXIII, 2, 3), die übrigens von R. LANG a. a. O., S. 255 einer wohlberechtigten Kritik unterzogen wurden. Man wird R. LANG entschieden recht geben müssen, wenn er sagt, daß die Bildung klimatischer Bodentypen sich keineswegs mit der Verbreitung gewisser Florenbezirke deckt. An sich ist die regionale Pflanzenverbreitung ebenso eine Funktion des Klimas wie die Bodenbildung, eine Tatsache, die auch von Pflanzengeographen wie W. KÖPPEN (XIV) in geistreicher Weise klargelegt

wurde. Wenn wir nun beobachten, daß Pflanzengenossenschaften unter verschiedenen klimatischen Bedingungen auf gleichem Boden auftreten, so können wir wohl in den meisten Fällen zu dem Schluß kommen, daß nur mehr petrographische Gleichheit der betreffenden Böden besteht, während vom Standpunkt klimatischer Bodenbildung aus betrachtet der eine Boden vermutlich als Reliktboden anzusehen ist. Dies gilt einmal, wie allbekannt ist, für den Löß, es gilt aber auch für die Schwarzerden, soweit sich ihr Verbreitungsgebiet nach Mitteldeutschland erstreckt. Beide Böden sind ursprünglich auch in Deutschland unter semiaridem Klima als Steppenböden gebildet worden, stehen aber heute unter humider Verwitterung<sup>1)</sup>. Die Bildungsbedingungen unserer Schwarzerde müssen ähnliche gewesen sein wie die des Tschernosem des asiatischen Rußlands (zit. n. STREMMER, XXIII, 3, S. 99):

Mittlere Jahrestemperatur  $0,5^{\circ}$ ,

Temperatur der Vegetationsperiode  $14,7^{\circ}$ ,

Jährlicher Niederschlag 321 mm,

Niederschlag während der Vegetationsperiode 220 mm.

Nach obigen Zahlen kann im Tschernosemgebiet nur während der kurzen Vegetationsperiode im Frühjahr annähernd humides Klima herrschen, während im übrigen Teil des Jahres arides Klima vorwaltet. Damit hängt zusammen die geringe Auswaschung der echten Schwarzerdenböden und die kurzfristige Verwesungsperiode der organischen Stoffe im Boden während des humiden Frühjahrs.

Ein weiteres Kriterium der Schwarzerden als semiarider Böden wird aber durch jene typischen Pflanzengenossenschaften geliefert, welche den klimatischen Bedingungen der Schwarzerdenbildung besonders angepaßt sind, nämlich durch die pontischen Pflanzengemeinschaften. Gemeinsam sind diesen an sich schon fremdartig anmutenden Pflanzen ausdauernde, gegen Austrocknung und Frost wenig empfindliche unterirdische Organe, wie stark verholzte Wurzelstöcke, tief sitzende Zwiebeln und Knollen. In diesen Reservestoffspeichern sind genügend Nährstoffe vorhanden, um während der kurzen feuchten Vegetationsperiode der pontischen Pflanzenwelt eine schnelle Entwicklung und kurze Blüte zu sichern.

Vom pflanzengeographischen Standpunkt aus betrachtet hat sich die pontische Flora unter ganz ähnlichen klimatischen Bedingungen

<sup>1)</sup> Beginnende Schwarzerdebildung haben wir nach H. PREUSS (Die pontischen Pflanzenbestände im Weichselgebiet. Beiträge zur Naturdenkmalpflege. Berlin 1912, S. 449) heute noch im Culmerland unter 400—500 mm durchschnittlicher jährlicher Regenmenge. Hier dringen die pontischen Pflanzengenossenschaften auch ins Kulturland vor. Die kultivierten Böden werden wieder durch die neue Pflanzenbesiedlung verdichtet, humose Stoffe werden chemisch ausgefällt, an Stelle des Waldes tritt »bedeutungslose Gebüschformation«. Die aride Bodenbildung gewinnt augenscheinlich die Oberhand über die humide, die herrschend war, solange als umfangreichere Waldbestände jene Gebiete bedeckten.

entwickelt wie die Schwarzerde, und insofern dürfte STREMMER recht haben, wenn er sich darauf beschränken würde, die Schwarzerde als Mutterboden der späterhin sich weiter ausbreitenden pontischen Pflanzen anzusehen. Mit der Frage der Wanderung von Pflanzengemeinschaften, die in bestimmt charakterisiertem Klima entstanden sind, hat sich besonders A. SCHULZ (XXI) beschäftigt. Dieser Forscher hat eine Gruppe von Arten ausgeschieden, »die hauptsächlich oder ausschließlich in solchen Gegenden wachsen, deren Sommermonate trockener und sämtlich oder wenigstens teilweise wärmer, deren Winter trockener und kälter sind als die der niedrigen Gegenden des zentralen Mitteldeutschlands« (XXI, S. 15.). An einer anderen Stelle sagt SCHULZ (a. a. O. S. 32): »Ich bin überzeugt, daß diese Glieder der zweiten Gruppe nicht imstande gewesen wären, damals ganz Deutschland zu durchwandern, wenn nicht weite zusammenhängende Striche Deutschlands bis nach seiner Westgrenze hin einen Landschaftscharakter gehabt hätten wie die Pußtengenden Ungarns oder die Steppengebiete Südwestrußlands vor dem Beginne einer intensiveren Kultur in ihnen.« Die von SCHULZ im einzelnen aufgeführten Arten sind mit pontischen Formen identisch. Es zeigt sich also, daß auch von seiten der Pflanzengeographen ein semiarider Boden für die Einwanderung pontischer Pflanzen nach Deutschland als notwendige Voraussetzung angenommen wird.

Wenn wir heute pontische Arten auf Böden finden, die mit Schwarzerden petrographisch nichts gemein haben, so beweist diese Erscheinung nur die Änderung des Klimas seit der Einwanderung der genannten Pflanzengenossenschaften. Das allmählich sich entwickelnde humide Klima zwang die pontischen Pflanzen, solche Böden und Standorte zu besiedeln, die ihren semiariden Ansprüchen noch am besten entsprechen. Hierher gehören vor allem die sonnigen, steilen Südhänge unserer Mittelgebirge in der Kalkformation. GRADMANN (IX) hat solche Standorte für die Schwäbische Alb eingehend geschildert. Sie treten natürlich ebensogut an anderen Stellen des Jura und besonders auch im Muschelkalkgebiete auf. G. KRAUS (XV) hat im unterfränkischen Wellenkalkgebiet Bodenverhältnisse eingehend beschrieben, die z. T. infolge Fehlens jeglichen Wasserhorizontes zur Austrocknung und starken Erwärmung hinneigen und infolgedessen den Xerophytismus begünstigen. Die gleichen Böden tragen aber auch die pontischen Pflanzengenossenschaften in Unterfranken. Schließlich genügt es für die Erhaltung solcher Pflanzen in Gebieten anderer Formationen wie des Diluviums und Alluviums bereits, wenn Kalkschotter- oder Kalktuffhügel aus dem Gelände sich einigermaßen erheben und so relativ trockenere Standorte schaffen. Diese sogenannten »pontischen Hügel« sind den Pflanzengeographen aus dem südöstlichen und nordöstlichen Deutschland wohl bekannt. Auch die Heideformation kann pontische Pflanzen tragen, sofern sie absorptiv gesättigte (kalkhaltige!) Böden von großer Durch-

## II. Besprechungen.

lässigkeit enthält, wie solche in idealer Weise z. B. auf der Garchinger Heide bei München vorhanden sind.

Ich glaube, rückblickend auf die Zahl der angeführten Beispiele, nunmehr genügendes Beweismaterial geliefert zu haben für die engen Beziehungen, welche sich namentlich in der Frage der Boden- und Sedimentklassifikation zwischen Bodenkunde und Geologie allmählich entwickelt haben. Der Geologe, der sich für die klimatische Einteilung der Böden interessiert, weil er durch ihre Kenntnis vertieftere Auffassungen über die Lithogenese der Sedimente gewinnt, wird sich überzeugen, daß die klimatische Bodeneinteilung durch Heranziehung der Forschungsergebnisse der verschiedensten Grenzwissenschaften zunächst scharf präzisiert werden muß, wenn sie für paläogeographische und petrographische Probleme fruchtbar gemacht werden soll. Die Wege zu finden und die gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse weiter auszubauen und nutzbar zu machen, scheint mir aber in Zukunft eine der wichtigsten Aufgaben der Bodenkunde zu sein, sofern sie bereit ist, ebenso wie die Geologie an der Erweiterung unseres Weltbildes mitzuarbeiten.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Fischer Hermann

Artikel/Article: [Bodenkundliche Probleme in ihrer Bedeutung für die Geologie 345-362](#)