

Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa *)

VON DIETER ORTLAM, Hannover **)

Mit 29 Abbildungen und 3 Tabellen

Zusammenfassung

In der Permo-Trias von Mitteleuropa werden insgesamt 8 Violette Horizonte (VH 0, VH 1, VH 2, VH 3, VH 4, VH 5, VH 6 und VH A) als fossile, autochthone Bodenkomplexe erkannt. Die Kriterien für eine Bodenbildung werden zusammengestellt. Die Bedeutung der Violetten Horizonte für paläoklimatische, paläogeographische und stratigraphische Aussagen wird dargelegt. Für die Grenzziehung Saxonien/Thuringien, Unterer/Mittlerer Buntsandstein und Mittlerer/Oberer Buntsandstein werden für Teilbereiche Mitteleuropas neue Vorschläge unterbreitet. Ein Vergleich der Wirbeltierfaunen des Violetten Horizontes 5 im Schwarzwald mit den Schichten der Grenzbitumenzone im Tessin (Südschweiz) macht es wahrscheinlich, daß der Obere Buntsandstein in das Anis und tiefere Teile des Muschelkalkes in das Ladin der Tethysgliederung gestellt werden müssen.

Abstract

In the central European Permo-Triassic, eight Violet Horizons (VH 0, VH 1, VH 2, VH 3, VH 4, VH 5, VH 6, and VH A) are recognized as fossil autochthonous soil complexes. The criteria for soil formation and the significance of the Violet Horizons for paleoclimate, paleogeography, and stratigraphy are presented. New proposals are made for the drawing of the Saxonian to Thuringian, Lower to Middle Bunter, and Middle to Upper Bunter boundaries in areas of central Europe. Comparison of the vertebrate fauna of Violet Horizon 5 with the strata of the "Grenzbitumen-Zone" (boundary Bituminous Zone) in the Tessin region (southern Switzerland) indicates a probable correlation of the Upper Bunter with the Anisian and the lower parts of the Muschelkalk with the Ladinian of the Tethys classification.

Résumé

Dans le Permo-Trias de l'Europe Centrale, huit Horizons Violetes (VH 0, VH 1, VH 2, VH 3, VH 4, VH 5, VH 6 et VH A) sont reconnus comme des complexes de sols fossiles et autochtones. Les critères de formation de sol en sont énumérés. L'auteur expose la signification des Horizons Violetes en temps que l'émoignages paléoclimatiques, paléogéographiques et stratigraphiques. La détermination des limites Saxonien/Thuringien, Grès Bigarré inférieur/moyen et Grès Bigarré moyen/supérieur, fait l'objet de propositions nouvelles pour des diverses régions de l'Europe Centrale. Une comparaison des faunes de vertébrés de l'Horizon Violet 5 dans la Forêt Noire et des couches de la zone-limite-bitumineuse (« Grenzbitumenzone ») dans le Tessin (Suisse méridionale) rend probable l'attribution du Grès Bigarré supérieur à l'Anisien, et de la partie inférieure du Muschelkalk au Ladinien de la subdivision téthysienne.

Краткое содержание

В качестве ископаемых автохтонных почвенных комплексов в пермo-триасском периоде средней Европы выделяют 8 Фиолетовых горизонтов

*) Fassung eines am 2. März 1974 auf der 64. Jahrestagung der Geologischen Vereinigung in Bochum gehaltenen Vortrages.

**) Anschrift des Verfassers: Dr. D. ORTLAM, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Außenstelle Bremen, 28 Bremen, Werderstr. 101.

(ФГ 0, ФГ 1, ФГ 2, ФГ 3, ФГ 4, ФГ 5, ФГ 6, ФГ А). Приведен целый ряд критериев, которые разрешают охарактеризовать почвообразовательные процессы в эту эпоху. Подчеркивается значение Фиолетовых горизонтов при заключении о палеоклимате, палеогеографии и стратиграфии. В отдельных районах Средней Европы предлагается новая схема проведения границ между отдельными ярусами, именно: саксонский ярус (тюрингский ярус, нижний) средний пестрый песчаник и средний/верхней пестры песчаник. На основании сравнения фауны позвоночных Фиолетового горизонта 5 в Шварцвальде со слоями пограничной битумной зоны в Тессине, южная Швейцария, Верхний пестрый песчаник предложили отнести к анизийскому ярусу, а залегающие ниже свиты раковинного известняка, после расчленения Тетиса, — к ладинскому ярусу.

1. Einleitung

In der historischen Entwicklung paläopedologischer Forschungen in der Permo-Trias von Mitteleuropa lassen sich insgesamt drei Erkenntnisphasen ausscheiden: die erste Phase begann vor nunmehr 110 Jahren, als F. v. SANDBERGER (1864) im Gebiet SE von Karlsruhe auf Blatt Ettlingen den von ihm dort entdeckten Karneol-Horizont zur stratigraphischen Abgrenzung zwischen Mittlerem (sm) und Oberem Buntsandstein (so) benutzte. Die Idee wurde in der Folgezeit von H. v. ECK (1875, 1883, 1884 a, 1884 b) aufgegriffen, um im gesamten Bereich Schwarzwald—Odenwald den Mittleren vom Oberen Buntsandstein abzutrennen. Von anderen Autoren der weiter nördlich angrenzenden Gebiete (z. B. O. GRUPE, 1914) wurde der Karneol-Horizont ebenfalls zur Abgrenzung von sm und so herangezogen.

Die zweite Phase setzte genau ein halbes Jahrhundert später ein, als es K. SCHNARRENBERGER (1914) bei der Kartierung des Blattes Königsbach östlich von Karlsruhe zum ersten Mal gelang, aufgrund von genauen Beobachtungen eine erste Aussage zur Genese des Karneol-Horizontes zu machen. Er schrieb (S. 27, unten): „Es scheint alles darauf hinzudeuten, daß der Karneol-Horizont die horizontale Oberfläche der Lithosphäre gebildet hat.“ Er sprach damit den Karneol-Horizont zum ersten Mal als *fossile Landoberfläche* an. Dieser Gedanke fiel in der nachfolgenden Zeit auf fruchtbaren Boden, indem die genetische und stratigraphische Bedeutung sowohl für den Karneol-Horizont an der Oberfläche des Oberrotliegenden (A. STRIGEL, 1922) als auch für den Karneol-Horizont an der Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein (E. HILDEBRAND, 1924; E. M. MÜLLER, 1954; E. M. MÜLLER & E. SCHRÖDER, 1960) in Süddeutschland volle Würdigung fand. In überzeugender Weise gelang es damals E. HILDEBRAND (1929), die bis dahin stratigraphisch indifferente Stellung des Karneol-Horizontes dahingehend zu entscheiden, daß der Karneol-Horizont als fossile Landoberfläche genetisch eng mit dem darunterliegenden Mittleren Buntsandstein verknüpft sei und somit als natürlicher Abschluß des Mittleren Buntsandsteins aufzufassen ist.

Es dauerte fast wieder ein halbes Jahrhundert, bis die dritte Erkenntnisphase paläopedologischer Forschungen einsetzte: E. M. MÜLLER (1954) und J. PERRIAUX (1961) untersuchten im saar-lothringischen Raum bzw. in den Vogesen zwei Horizonte, die sie als *fossile autochthone Böden* einstufen konnten, nachdem bereits F. TRUSHEIM (1937) der lokale Nachweis von Wurzelböden im Plattensandstein (so) Mainfrankens gelang. Durch die sich zeitlich daran anschließenden Arbeiten des Autors im Gebiet Schwarzwald—Odenwald (D. ORTLAM, 1963 bis 1971) konnten insgesamt sieben fossile autochthone

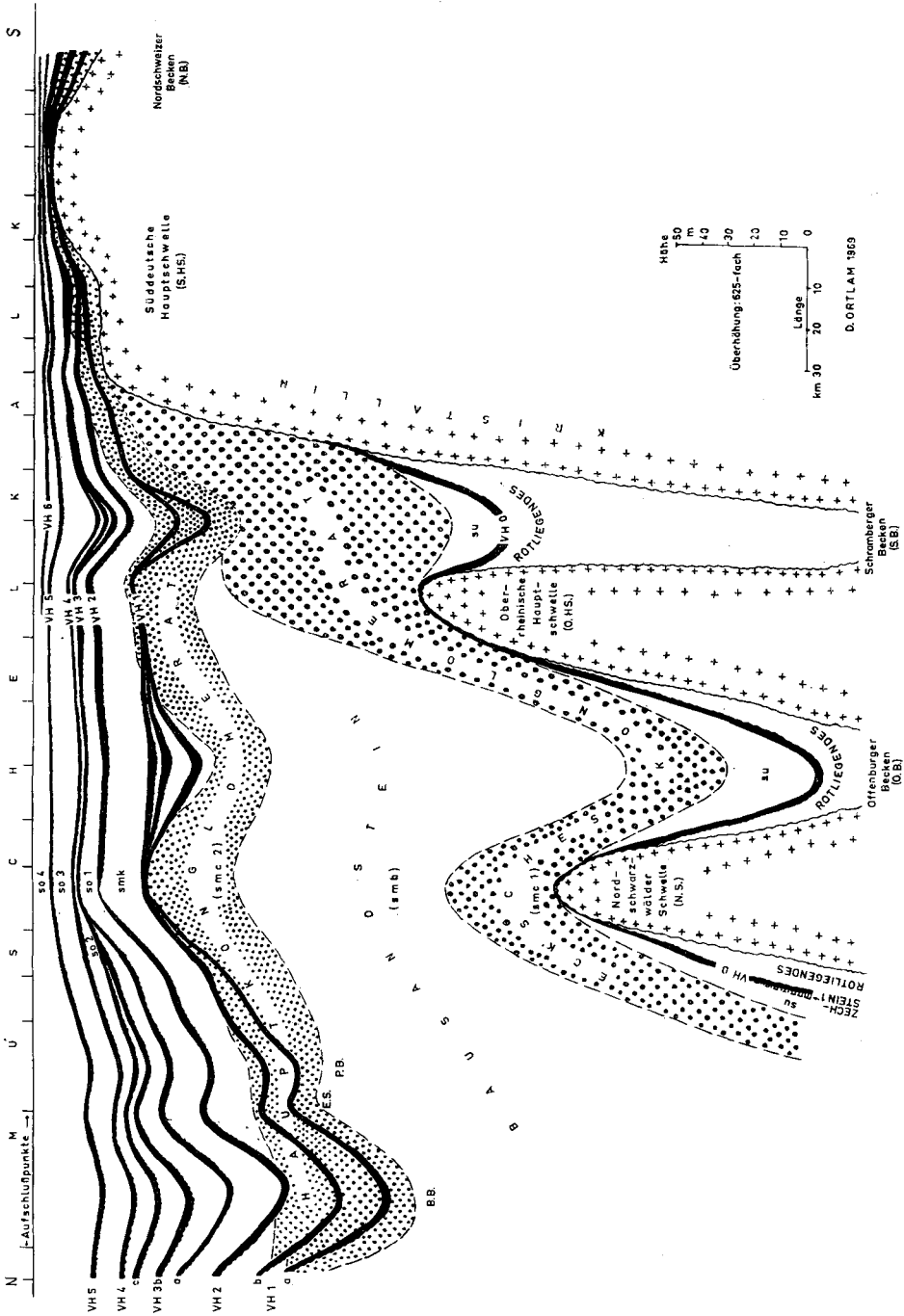


Abb. 1. Profilschnitt durch das höhere Perm und den Buntsandstein zwischen der Nordschweiz im Süden und dem südlichen Odenwald im Norden, nach D. ORTLAM (1970 c).

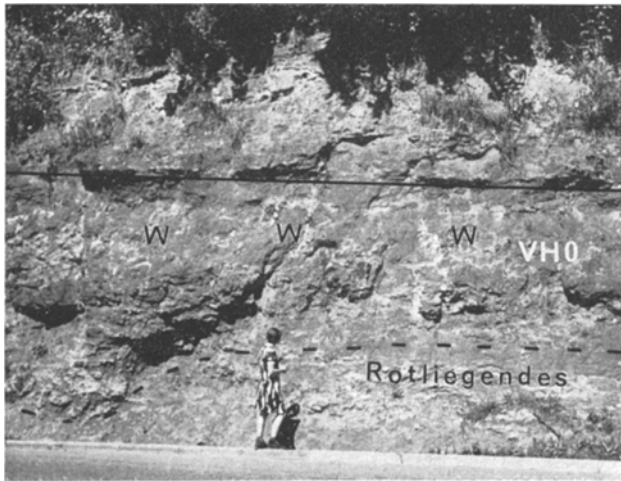


Abb. 2. Verzweigte Equisetiten-Wurzelröhren (W) im Violetten Horizont 0 (VH 0), Top Rotliegendes, Straßenanschnitt zwischen Schramberg und Schramberg-Sulgen (mittlerer Schwarzwald).

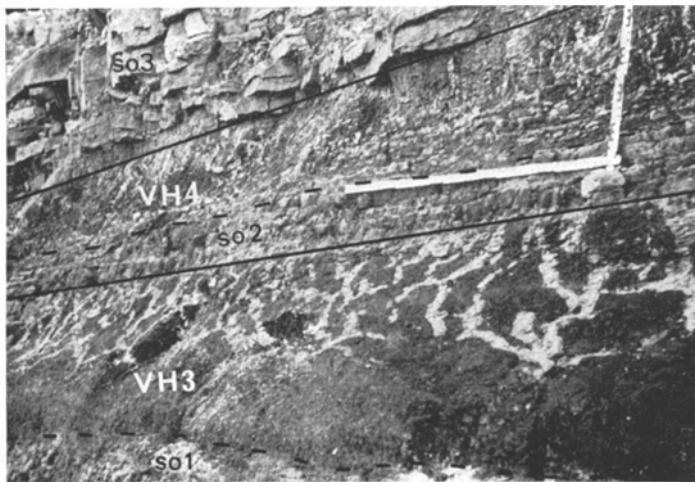


Abb. 3. Verzweigte Equisetiten-Wurzelröhren im Violetten Horizont 3 (VH 3) und Violetten Horizont 4 (VH 4); so 1 = Untere Sandsteine, so 2 = Mittlere Sandsteine, so 3 = Obere Sandsteine, Oberer Buntsandstein. Temporärer Aufschluß am Eggberg N Säckingen (südlicher Schwarzwald) ¹⁾.

Bodenkomplexe erkannt und stratigraphisch ausgewertet werden (Abb. 1). Die Zahl der fossilen Böden liegt jedoch weitaus höher, da sich einzelne Bodenkomplexe durch Sedimentation im Bereich von Beckengebieten mehrfach aufsplintern. So lassen sich im ehemaligen Kraichgau-Becken (= Pforzheimer

¹⁾ Für die Überlassung der Aufnahme danke ich Herrn Prof. Dr. E. BECKSMANN (Freiburg/Brsg.).

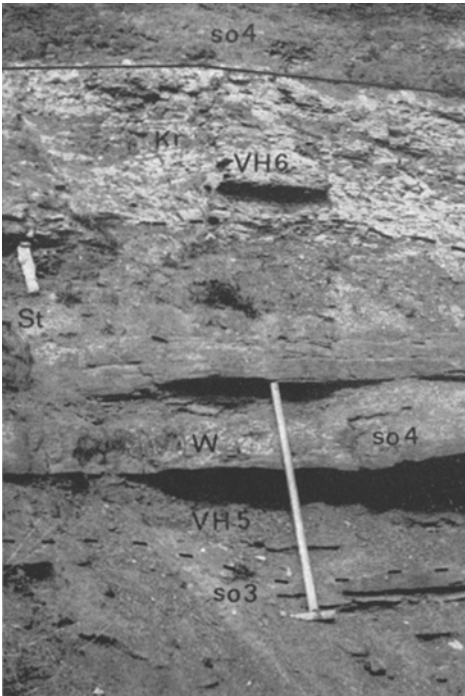


Abb. 4

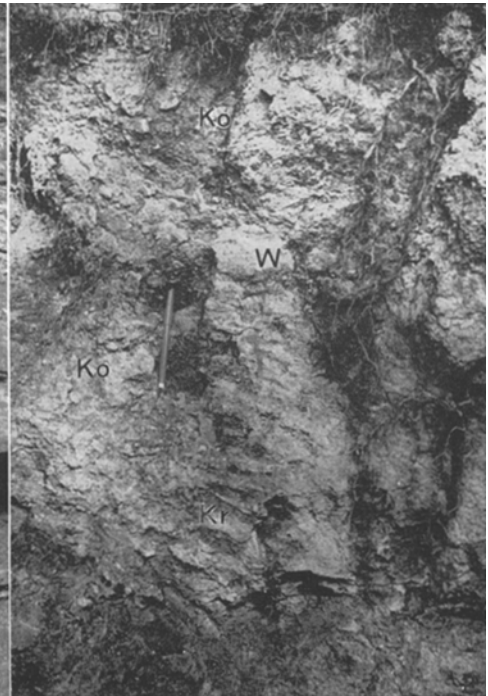


Abb. 5

Abb. 4. Verzweigte Coniferen-Wurzelröhren (W) und -Stammstück (St, in Steinkernerhaltung) im bodenkundlichen C-Horizont unter dem Violetten Horizont 6 (VH 6), unterer Teil der „Röttone“ (so 4); Kr = Karbonatkrusten, VH 5 = Violetter Horizont 5, so 3 = Obere Sandsteine, Oberer Buntsandstein. Steinbruch E Fischbach (mittlerer Schwarzwald), Hammerstiel = 1 m.

Abb. 5. Verzweigte Equisetiten-Wurzelröhre (unter dem „W“ und rechts vom Stift) sowie Karbonat-Krusten (Kr) und -Konkretionen (Ko) im Violetten Horizont 1 und 2 (VH 1 + 2), Mittlerer Buntsandstein. Weganschnitt NW Schattenmühle, Wutachschlucht (südlicher Schwarzwald), Stift = 15 cm.

Becken, P. B., Ettlinger Schwelle, E. S., und Bruchsaler Becken, B. B., D. ORTLAM, 1970 c) bis zu 9 Bodenkomplexe übereinander nachweisen (Abb. 1). Vom Autor wurden diese fossilen Bodenkomplexe in Anlehnung an ihre graublauen bis rotvioletten Farbabstufungen als **Violette Horizonte** (D. ORTLAM, 1963, 1965, 1966) bezeichnet, um damit eine möglichst neutrale, aber doch treffende Benennung zu erreichen. Dieser Gedanke fand in der Folgezeit zunehmend Eingang in die Literatur (W. A. SCHNITZER, 1968; G. DIEDERICH & M. LAEMMLEN, 1968).

2. Inhalt fossiler Bodenkomplexe

Fossile, autochthone Böden der Permo-Trias von Mitteleuropa zeichnen sich durch folgende Merkmale gegenüber den Sedimentationszyklen aus:²⁾

²⁾ Von den folgenden 18 Punkten sind die Punkte 1, 3 bis 15 und 18 in D. ORTLAM (1967) abgehandelt.



Abb. 6. Krusten von Karneol, Kieselsäure (weiße Schlieren, Kr) und Karbonat (schwarze Schlieren, Kr) sowie Karbonat-Konkretionen (schwarze Flecken, Ko) im Violetten (Karneol-) Horizont 2 b (VH 2 b) über der Solling-Folge, Mittlerer Buntsandstein. Sandgrube Wienberg NE Eschwege (Nordhessen), Hammerstiel = 1 m.

1. Die geringe Mächtigkeit von durchschnittlich 2 m (D. ORTLAM, 1970 c). Höhere Werte bis zu 15 m werden in Beckenbereichen erreicht, wo die Bodenbildung durch schwache Sedimentation beeinflusst wurde.
2. Die weite horizontale Verbreitung z. B. VH 2 über 1000 km, Abb. 1, 20 und 27).
3. Die kräftigen graublauen bis rotvioletten Farben, die von der Basis zum Dach zunehmend intensiver werden.
4. Der kontinuierliche Übergang (Abb. 2, 3, 4 und 14) aus dem Liegenden.
5. Die scharf und eben gezogene Obergrenze (Abb. 2, 3, 4 und 22).
6. Die von der Basis zum Dach zunehmende Gefügelosigkeit (Abb. 2, 3 und 4) (D. ORTLAM, 1967, Taf. 47, Fig. 2 und 3).
7. Die bodenkundliche Einstufung in ein A-B-C-Profil.
8. Das Auftreten von Krusten in Form von Karbonaten (Abb. 5, z. T. weggelöst, Abb. 6), Gips (meist weggelöst, bei großer Überdeckung erhalten, Abb. 7), Eisen-Mangan-Oxidhydraten und Kieselsäure (VH 0, VH 2, D. ORTLAM, 1970 b, Taf. 4, Fig. 4) im bodenkundlichen B-Horizont.
9. Das Auftreten von Krusten in Form von Karbonaten (Abb. 4, 5, 8 und 13, z. T. weggelöst, Abb. 6), Gips (meist weggelöst, bei großer Überdeckung erhalten), Eisen-Mangan-Oxidhydraten und Kieselsäure (VH 0, Abb. 9; VH 2, Abb. 6 und 10, und lokal VH 1) im bodenkundlichen B-Horizont.
10. Die Verwitterung der Feldspäte im A- und B-Horizont im Gegensatz zum bodenkundlichen C-Horizont.
11. Die Vergrößerung (bis 3fach) des Ton-Schluff-Anteiles durch die Verwitterung der Feldspäte im A- und B-Horizont im Vergleich zum C-Horizont.
12. Der stark verringerte Gehalt an Schwermineralien im A- und B-Horizont im Vergleich zum C-Horizont.

13. Das Auftreten von stark korrodierten Quarzkörnern im A- und B-Horizont im Gegensatz zum C-Horizont.
14. Neubildung von Brookit, Anatas und mikroskopisch kleinen Quarzkristallen (J. PERRIAUX, 1961) sowie von Doppelkopfquarzen (bis 1 cm Länge) im B-Horizont (D. ORTLAM, 1969).
15. Die Anreicherung um ein Mehrfaches an Ca, Fe, Mn, Cr, Zr und Ti vorwiegend im B-Horizont.
16. Die starke Durchwurzelung der Böden, die vom A-Horizont bis in den C-Horizont hineinreicht. Es treten dabei Wurzeln von Coniferen (Abb. 4, 11, 12 und 14) und von Equisetiten (Abb. 2, 3 und 5) auf, die oft als Osteokolle vorliegen.
17. Das Auftreten von Opalphytolithen im A- und B-Horizont als kieselige Überreste der Equisetiten.
18. Das vermehrte Auftreten von hellem Glimmer im A- und B-Horizont, das auf eine stark verlangsamte Sedimentation bzw. im Idealfall auf eine Sedimentationsruhe hindeutet.

Der vorstehend aufgeführte Formenschatz dieser fossilen Bodenkomplexe erlaubt — zusammen mit dem häufigen Auftreten von Wirbeltierresten (*Macrocnemus*, *Tanystropheus* u. a., D. ORTLAM, 1967) in Bonebed-Lagen in und über den Violetten Horizonten — Rückschlüsse auf die paläoklimatischen Verhältnisse im höheren Oberrotliegenden und Buntsandstein zu ziehen: es herrschte ein subtropisch-humides bis semiarides Klima vor, eine Auffassung, die im Gegensatz zu den weniger zutreffenden Aussagen von W. HOPPE (1972) steht, der den Thüringischen Buntsandstein noch als eine Wüstenbildung auffaßt. Eine Bodenbildung war während der gesamten Buntsandsteinzeit klimatisch möglich, jedoch wurde diese durch mehr oder weniger starke Sedimentation unterdrückt bzw. stark verdünnt (D. ORTLAM, 1967). Anzeichen für Bodenbildungen in Form von Karbonat-Krusten und -Konkretionen sind im ganzen Mittleren und besonders im Unteren Buntsandstein Süddeutschlands weit verbreitet. Es drängt sich dabei der Verdacht auf, daß die fossilen Bodenkomplexe mehr als 80% der Bildungszeit des Buntsandsteins repräsentieren, während auf die Sedimentationszyklen weniger als 20% der Bildungszeit entfallen dürften. Dieser Verdacht wird z. B. durch die Tatsache untermauert, daß die in Südniedersachsen bis zu 200 m mächtige Solling-Folge in Süddeutschland vollständig durch den 2—3 m mächtigen Violetten (Karneol-) Horizont 2 (VH 2) vertreten wird (Abb. 20). Es liegt hier also ein Mächtigkeitsverhältnis von 100 : 1 vor.

Die Verkittung der fossilen Bodenkomplexe erfolgte durch Karbonat-, Sulfat- und — untergeordnet — Kieselsäureausscheidungen, die sowohl durch ascendente als auch durch descendente Wässer im A- und B-Horizont ausgeschieden wurden. Der ursprüngliche Gehalt an Gips-Anhydrit und Karbonaten läßt sich vor allem bei großer Überdeckung (> 100 m) und in tiefen Bohrungen noch feststellen, da dort der Buntsandstein von den vadosen Wässern unbeeinflusst blieb (Abb. 7).

Die diagenetische Verfestigung der Violetten Horizonte war bereits so weit fortgeschritten, daß man in den „Dolomit“-Brekzienlagen über den VHs bereits graublaue, eckige Sandsteingerölle als Aufarbeitungsprodukt des A- und B-Horizontes des darunterliegenden Bodenkomplexes beobachten kann. Diese Verhältnisse sind vor allem über dem VH 1 und dem VH 2 des Pforzheimer (P. B.) und



Abb. 8

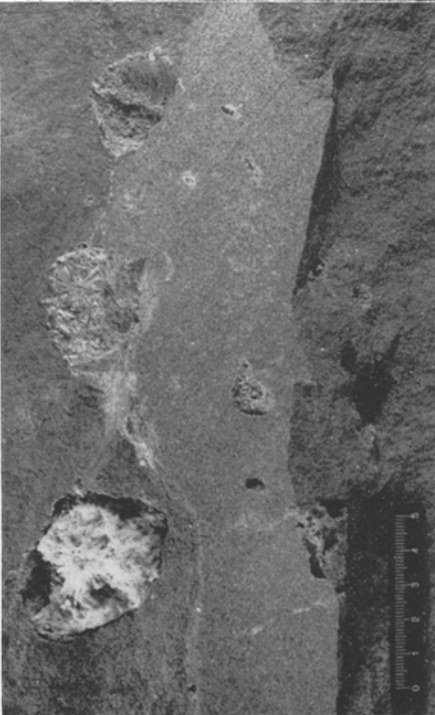


Abb. 7



Abb. 10



Abb. 9

Legenden zu Abb. 7, 8, 9, 10 auf Seite 859

Abb. 12



Abb. 11



Abb. 14



Abb. 13



Offenburger Beckens (O. B.) im Nordschwarzwald (Abb. 1) zu sehen. Das aufgearbeitete Material stammt dabei sowohl aus dem VH 1 und dem VH 2 der Vogesen als auch aus der Scheitelzone der Nordschwarzwälder Schwelle (D. ORTLAM, 1967, Taf. 47, Fig. 1).

3. Bedeutung fossiler Bodenkomplexe

Die Bedeutung von Paläoböden ist vor allem darin zu sehen, daß ihre Oberflächen als hervorragende stratigraphische Zeitmarken Verwendung finden können und bereits gefunden haben. Als Beispiel sei die Konstruktion von zwei Streichkurvenkarten im Gebiet Kraichgau—Nordschwarzwald (35 Meßtischblätter = 3600 km²) angeführt, die auf die vorher durchgehend kartierte Oberfläche des VH 2 (= Grenze sm/so) bezogen wurde (D. ORTLAM, 1970 a, Taf. 59, und 1974, Abb. 1).

Aber nicht nur im Bereich des Oberrotliegenden und des höheren Buntsandsteins besitzen die VHs eine große stratigraphische Bedeutung, sondern auch im oberen Mittel-Keuper von Franken. K. REUL (1953) wies bei der Beschreibung des Blattes Thurnau bereits auf Karbonat-Krusten am Dach des Blasensandsteins und im Arkosesandstein des mittleren Burgsandsteins hin. Diese Krusten- und Konkretionsbildungen (Abb. 13) deuten auf Bodenbildungen hin, die im Arkosesandstein (A-Horizont) besonders ausgeprägt sind. Es konnten dort echte, fossile Bodenkomplexe mit violetten Farben und dichotom verzweigenden Coniferenwurzeln beobachtet werden (Abb. 14). Aufgrund der weiten Verbreitung des

Abb. 7. Gipskonkretionen an der Basis des Violetten Horizontes 5 (VH 5), Oberer Buntsandstein. Steinbruch Rath, Pfalzgrafenweiler (nördlicher Schwarzwald), cm-Maßstab.

Abb. 8. Karbonat-Krusten im Violetten Horizont 1 und 2 (VH 1 + 2), Mittlerer Buntsandstein. Schelmenhalde, obere Wutachschlucht (südlicher Schwarzwald). Hammerstiel = 60 cm.

Abb. 9. Rotbraune Karneol-Krusten (Kr) und Wurzelröhren (W) im Violetten Horizont 0 (VH 0), Top Rotliegendes. Kimbachtal S Schramberg (mittlerer Schwarzwald). Hammerstiel = 1 m.

Abb. 10. Horizontale (hKr) und schräge bis vertikale (vKr) Kieselsäure- und Karneol-Krusten im Violetten Horizont 1 und 2 (VH 1 + 2), Mittlerer Buntsandstein. Straßenanschnitt S Schattenmühle, Wutachschlucht (südlicher Schwarzwald). Stift = 15 cm.

Abb. 11. Verzweigte Coniferen-Wurzelröhren (W) im Violetten Horizont 1 und 2 (VH 1 + 2), smc 2 = „Hauptkonglomerat“, Mittlerer Buntsandstein. Weganschnitt NW Schattenmühle, Wutachschlucht (südlicher Schwarzwald). Stift = 15 cm.

Abb. 12. Verzweigte Coniferen-Wurzelröhren (ausgelaugte Karbonat-Osteokolle) und deren Querschnitte (W) im Violetten (Karneol-) Horizont 2 b (VH 2 b), über der Soling-Folge, Mittlerer Buntsandstein. Sandgrube Wienberg NE Eschwege (Nordhessen). Hammerstiel = 1 m.

Abb. 13. Karbonat-Krusten und -Konkretionen (Ko) im Violetten Horizont A (VH A), Arkosesandstein, mittlerer Burgsandstein, Mittel-Keuper. Straßenanschnitt W Theisau (Oberfranken). Hammerstiel = 1 m.

Abb. 14. Verzweigte Coniferen-Wurzelröhren (W) im Violetten Horizont A (VH A) mit Großrippeln (R) darüber, Arkosesandstein, mittlerer Burgsandstein, Mittelkeuper. Straßenanschnitt W Theisau (Oberfranken). Hammerstiel = 70 cm.

Horizontes A im Arkosesandstein auf mindestens 4 Meßtischblättern im Raum Oberfranken (H. GUDDEN, 1955; W. HEGENBERGER, 1968; R. K. F. MEYER, G. VIOHL & H. ZORN, 1972, und K. REUL, 1953) und der Deutung des Horizontes A als fossiler, autochthoner Bodenkomplex, läßt sich ein weiterer Violetter Horizont, der Violette Horizont A (VH A, hiermit), im oberen Mittel-Keuper definieren, dessen Oberfläche kartierbar ist und als stratigraphische Grenze herangezogen werden kann. Als Locus typicus könnten die Aufschlüsse W und E von Theisau (Bl. Burgkunstadt) dienen. Die Fazies des Violetten Horizontes A (VH A) und

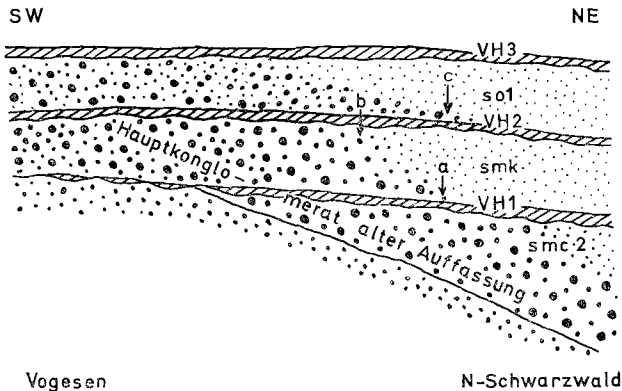


Abb. 15. Schematischer SW-NE-Schnitt im höheren Buntsandstein zwischen Nordvogesen und Nordschwarzwald. Lage verschiedener VHs zum Hauptkonglomerat alter Auffassung und zum Zwischenschichten-Konglomerat (so 1) der Vogesen.

des darunter und darüber liegenden Buntsandsteins entspricht den Verhältnissen im höheren Buntsandstein, so daß die klimatischen Bedingungen im Buntsandstein ebenfalls als subtropisch-humid bis semiarid eingestuft werden können.

Die stratigraphische Zuverlässigkeit der Oberfläche von autochthonen VHs ist meist höher einzustufen als lithostratigraphische Korrelationen, wie dies auch international bekannt und gebräuchlich ist. Diese Gegebenheiten lassen sich an einem schematischen SW-NE-Schnitt zwischen Nordvogesen und Nordschwarzwald dokumentieren (D. ORTLAM, 1967), wo der VH 1, der VH 2 und der VH 3 die Faziesgrenzen verschieden alter Schwemmfächer des Hauptkonglomerates alter Auffassung diachron durchschneiden (Abb. 15). Bei der Kartierung des VH 2, des VH 1 (teilweise) und des VH 3 (teilweise) im nördlichen Schwarzwald und bei sich daran anschließenden Geländebegehungen im mittleren Schwarzwald konnten diese Gegebenheiten (D. ORTLAM, 1968, 1969) regional und vertikal genau abgegrenzt werden. Dabei überlappen sich die verschiedenen Schwemmfächer lokal im Profil übereinander (Abb. 15). Die Reichweite nach Nordosten des grobkörnig-geröllführenden Schwemmfächers im Abschnitt der Kieseligen Sandsteine (smk) läßt sich aus den Darstellungen in Abb. 16 entnehmen, diejenige im Abschnitt der Unteren Sandsteine (so 1) ist aus Abb. 17 zu ersehen. Es ist bemerkenswert, daß die grobkörnig-geröllführende Schwemmfächerzunge des Zwischenschichten-Konglomerates der Vogesen (= Untere Sandsteine, so 1, des Schwarzwaldes) den Bereich des Oberrheingrabens überschreitet und im Raum

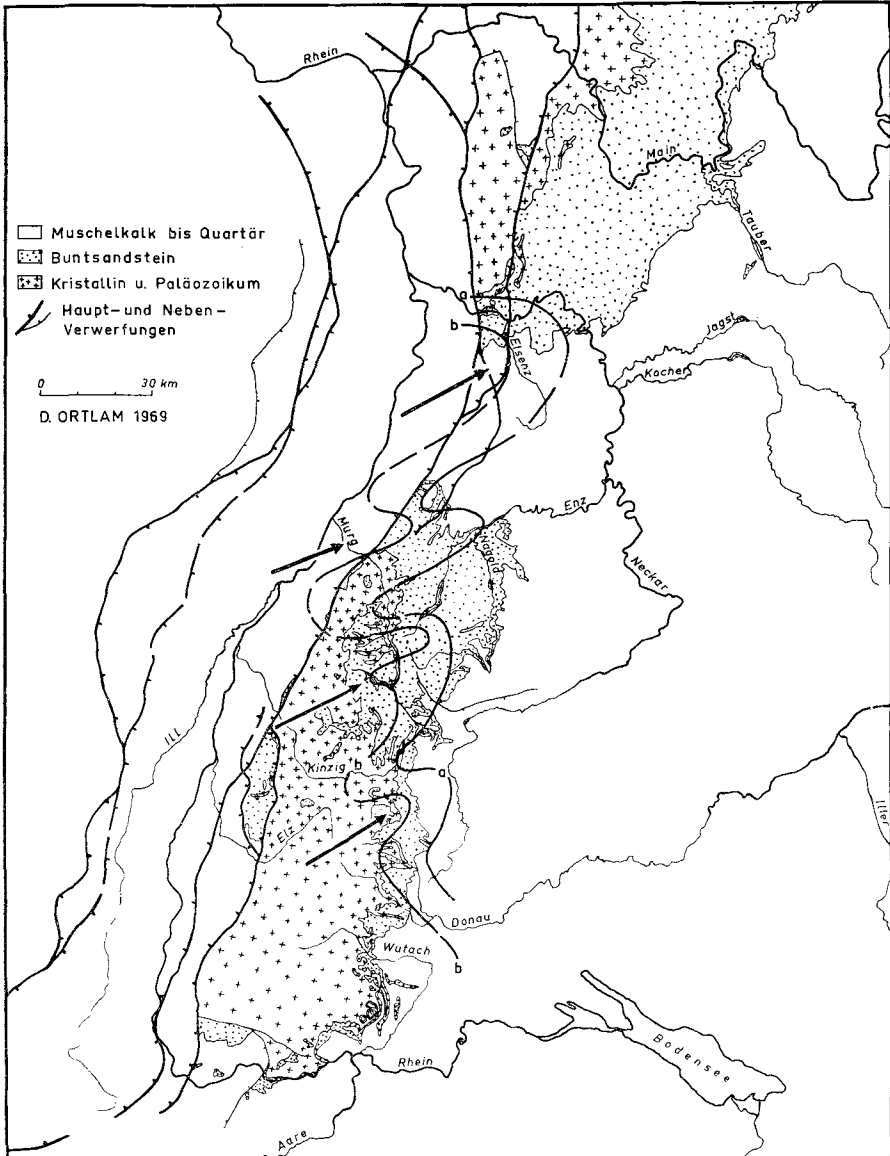


Abb. 16. Nordöstliche Ausdehnung des grobkörnig geröllführenden Schwemmfächers (Linie a und b, vgl. Abb. 15) der Kieseligen Sandsteine (smk) zwischen Schwarzwald und Odenwald.

Schwarzwald/Odenwald besonders in den variszisch streichenden Beckengebieten weit nach NE vorstößt (Abb. 17). Hieraus läßt sich eine generelle Schüttung von SW nach NE ableiten.

Bei der Kartierung des VH 2 im Schwarzwald und südlichen Odenwald wurde

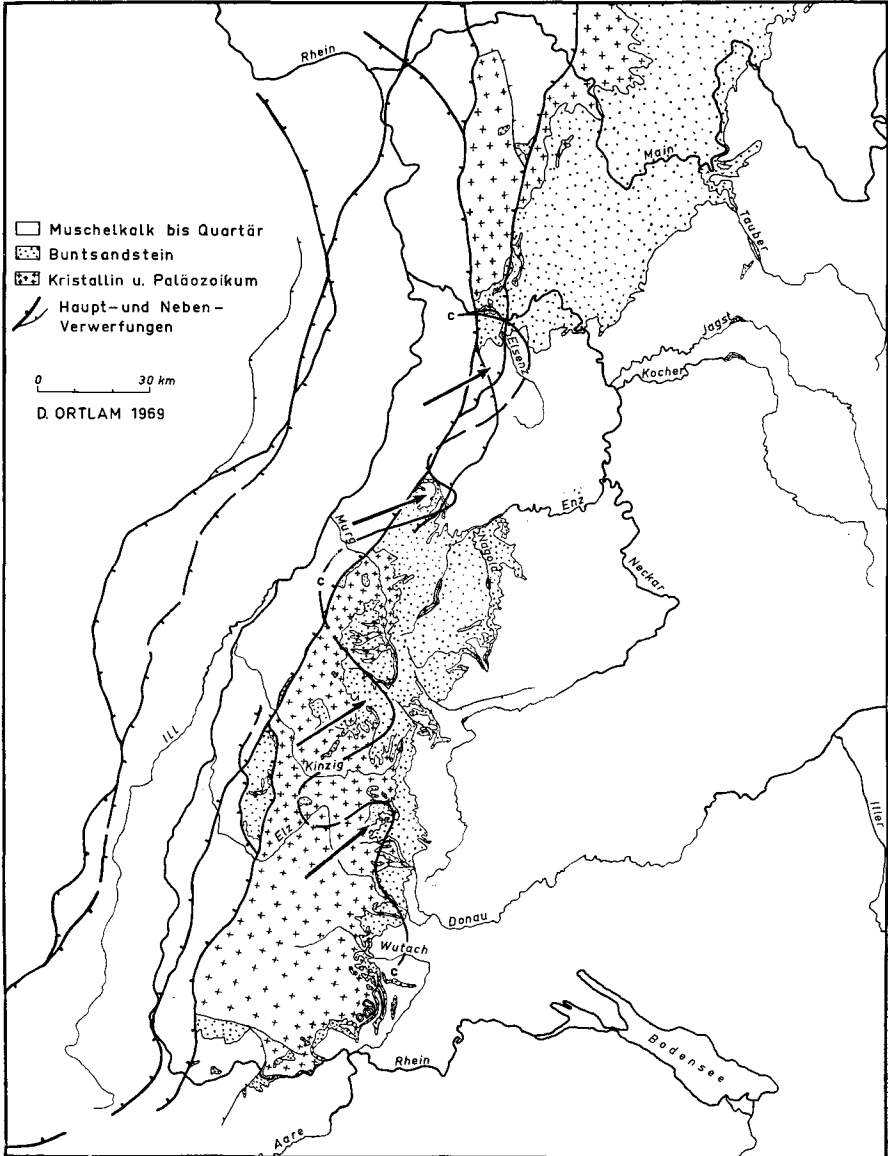


Abb. 17. Nordöstliche Ausdehnung des grobkörnig-geröllführenden Schwemmfächers (Linie c, vgl. Abb. 15) der Unteren Sandsteine (so 1) zwischen Schwarzwald und Odenwald.

auf die Verbreitung der Karneol- und Kieselsäurekrusten im VH 2 geachtet. Bei der Zusammenstellung der Vorkommen (Abb. 18) zeigte sich ein direkter Zusammenhang zu den variszisch streichenden Becken- und Schwellenachsen. Das primäre Fehlen der Kieselsäure-Krusten im Bereich der Schwellen und Teilen

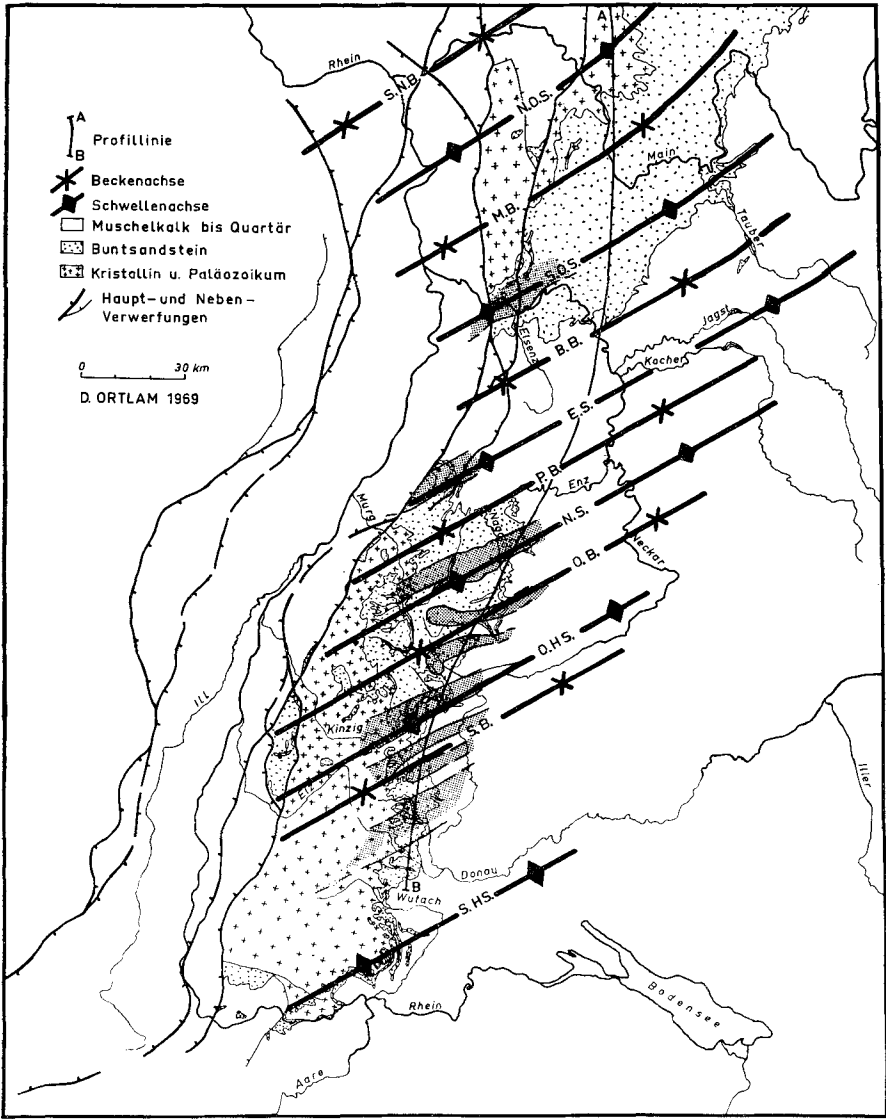


Abb. 18. Verbreitung der Becken- und Schwellengebiete sowie der Bereiche (gerastert), in denen keine Kieselsäure primär im Violetten (Karneol-) Horizont 2 (VH 2) ausgeschieden wurde. S. H.S. = Süddeutsche Hauptschwelle, S. B. = Schramberger Becken, O. H.S. = Oberrheinische Hauptschwelle, O. B. = Offenburger Becken, N. S. = Nordschwarzwälder Schwelle, P. B. = Pforzheimer Becken, E. S. = Ettlinger Schwelle, B. B. = Bruchsaler Becken, S.O.S. = Süd-Odenwald-Schwelle, M. B. = Mannheimer Becken, N.O.S. = Nord-Odenwald-Schwelle, S.N.B. = Saar-Nahe-Becken.

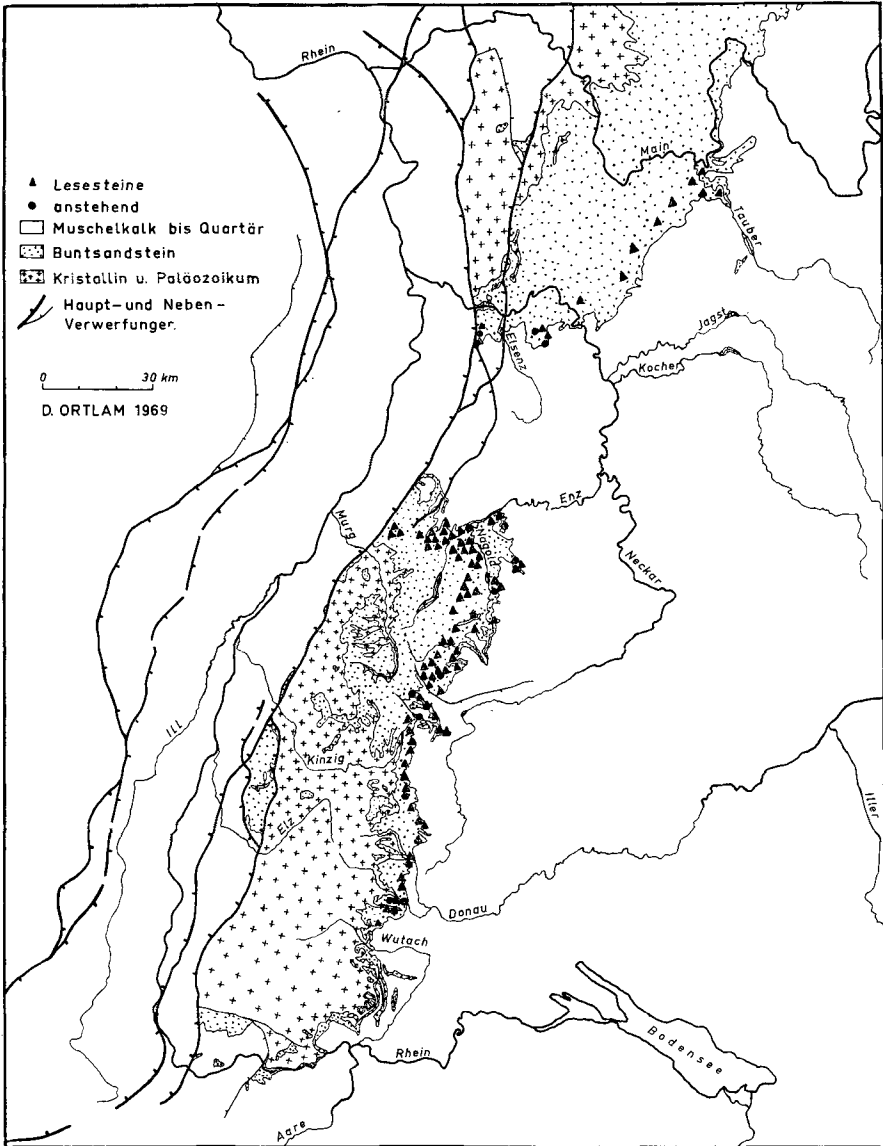


Abb. 19. Verbreitung der *Corophioides*-Bank (mit Spreitenbauten von *Corophioides luniformis* [BLANCK.] auf der Oberseite) südlich des Mains.

der Schwellenhänge (D. ORTLAM, 1968, 1969) kann nur auf paläohydrologische Verhältnisse und deren Auswirkung auf Verdunstung und Pflanzenbewuchs zurückgeführt werden. Durch die damaligen, leicht erhöhten Flurabstände des Grundwasserspiegels im Bereich der Schwellen war eine

Solling Echfeld Eschwege Eiterfeld Rhön Spessart Miltenberg Odenwald — S c h w a r z w a l d

N S

HINZE 1957 HINZE 1967 KRÄMER & KUYZ 1969 MOTZKA & LEPPER 1970 LEPPER 1970 LAEMMLER 1967 HOPPE 1936-39 D O R T L A M 1 9 6 5 — 1 9 7 0
 KRÄMER 1951 HERRMANN 1952 DIEDERICH 1959 LAEMMLER 1967 DIEDERICH 1966 DIEDERICH 1966 KLEMM 1926

MUSCHELKALK

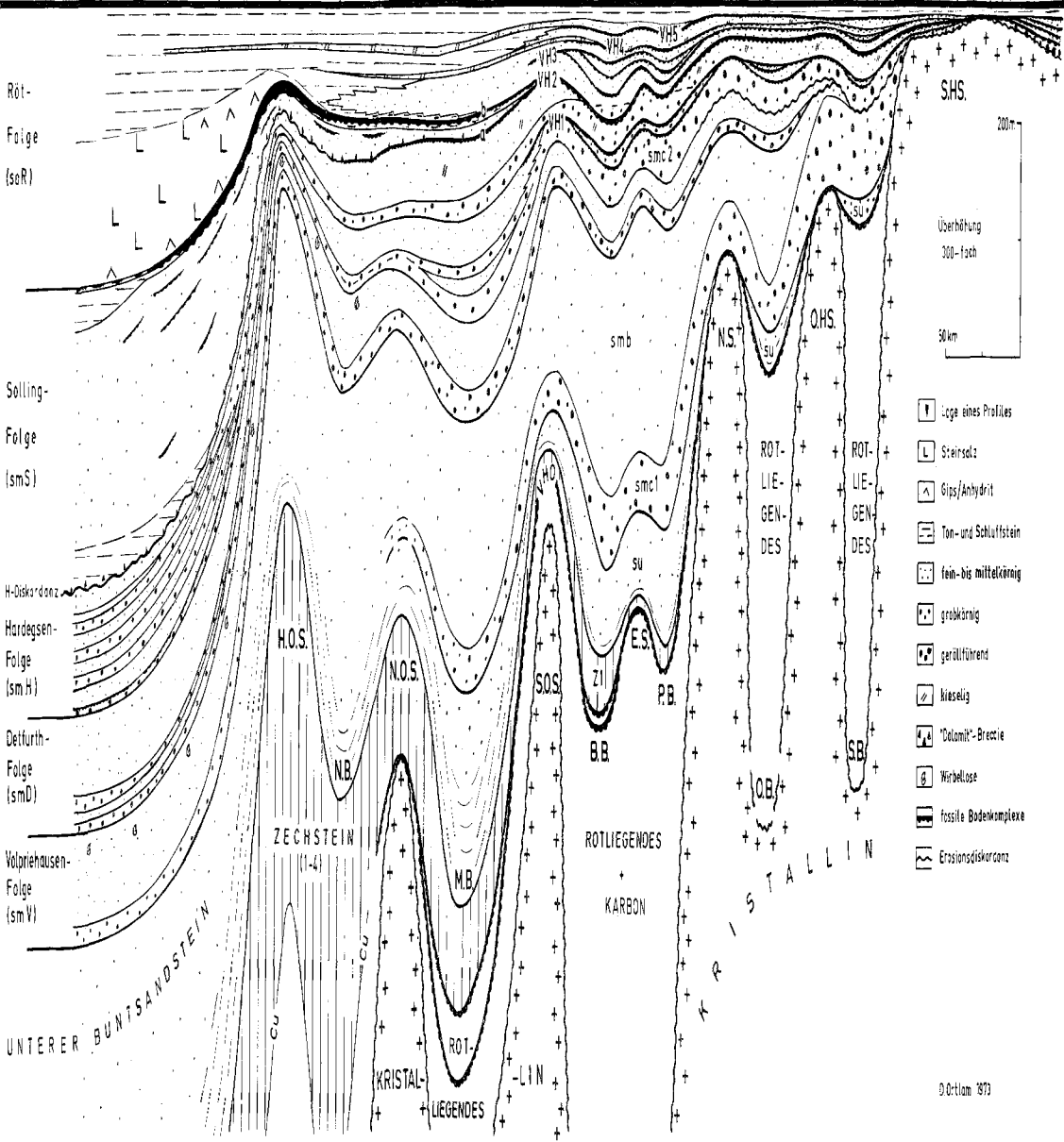


Abb. 20. Profilschnitt (vgl. Abb. 23) durch das höhere Perm und den Buntsandstein zwischen Nordrhön und Süd-Niederrhön (H.O.S. = Hunsrück-Oberharz-Schwelle, vgl. Abb. 18).

aszendente Ausscheidung von Kieselsäurekrusten im VH 2, d. h. im Boden, nicht mehr gegeben, da der Kapillarsaum bereits unterhalb des Bodens abriß. Die Lösung der Kieselsäure erfolgte im Boden (Verwitterung der Feldspäte und starke Korrosion der Quarzkörner). Durch Sickerwässer wurde sie deszendente in das darunterliegende Substrat befördert und kieselte es je nach Lösung der Kieselsäure mehr oder weniger stark ein (= Kieselige Sandsteine, smk). Folgende Gesetzmäßigkeit läßt sich dabei beobachten: Sind Kieselsäurekrusten im VH 2 primär ausgeschieden, dann sind die darunterliegenden Kieseligen Sandsteine nicht oder nur wenig eingekieselt (Aszendenz überwog). Fehlen die Kieselsäurekrusten im VH 2 primär, so sind die Kieseligen Sandsteine stark bis gering eingekieselt (Deszendenz überwog).

Der Auffassung von G. DIEDERICH & M. LAEMMLEN (1968, S. 90), daß die fossilen Bodenkomplexe fazielle Einheiten seien und deren Oberflächen sich daher nicht für stratigraphische Korrelierungen heranziehen lassen, muß aus den oben genannten Gründen widersprochen werden. Auch E. BACKHAUS (1968, S. 72) ist der Ansicht, daß die Oberflächen der VHs keine Zeitmarken darstellen, da er größere Reliefunterschiede während der Bodenbildungen annimmt, woraus er relativ langsame Meeresingressionen ableitet. Die Reliefunterschiede waren jedoch zwischen dem Südschwarzwald und Niedersachsen im höheren Buntsandstein so gering (vgl. Abb. 20), daß über den Bodenkomplexen von Norden nach Süden möglicherweise vordringende Meeresingressionen relativ rasch in den heutigen Raum von Schwarzwald/Vogesen vorgedrungen wären. Diese Situation wird z. B. durch das Auftreten der Corophioides-Bank (= Grenzquarzit N des Mains) über dem VH 4 in Süddeutschland dokumentiert (Abb. 19). Ansonsten läßt sich eine relativ rasche und weitverbreitete Basalschüttung aus SW über den Violetten Horizonten beobachten. Die nur geringmächtige (bis zu 0,5 m) Basalschüttung setzt sich aus relativ grobem Material („Dolomit“-Brekzien, Ton-Schluffgallen, Mittel- bis Grobsand, z. T. mit Geröllen, zerschlagene Wirbeltierreste), im Gegensatz zu den darüberliegenden feinkörnigen Sedimentkörpern, zusammen. Man ist daher nicht gezwungen, nur an die stratigraphische Verwendung der Oberflächen von autochthonen Bodenkomplexen „zu glauben“ (G. DIEDERICH & M. LAEMMLEN, 1968, S. 96), sondern kann sie mit vorstehend genannten Argumenten auch beweisen.

Die Ausscheidung von roten Karneol- und/oder hellen Kieselsäurekrusten ist im wesentlichen eine Frage des Gehaltes an Eisenverbindungen im Substrat des Bodens. Besteht der bodenkundliche C-Horizont aus rotbraunen Sandsteinen mit relativ hohem Eisengehalten, so scheiden sich vorwiegend rote, blaue, grüne oder braune Karneol-Krusten aus; bilden jedoch weißgraue Sandsteine mit relativ niedrigen Eisengehalten den C-Horizont, so werden vorwiegend helle Kieselsäurekrusten ausgefällt, wie dies in weiten Teilen des südlichen und mittleren Schwarzwaldes beobachtet werden kann (Abb. 10). Diese Gegebenheiten stehen im Gegensatz zu der — keineswegs nachgewiesenen — Auffassung von G. DIEDERICH & M. LAEMMLEN (1968, S. 95), die rote Karneole für Ausscheidungen unter terrestrischen Bedingungen halten und helle (weiße bis gelbliche) Kieselsäureausscheidungen vornehmlich in den lagunären Faziesbereich einordnen wollen. Wie oben aber festgestellt wird, kommen im Schwarzwald vielfach beide Kieselsäurevarietäten im VH 2 des gleichen Aufschlusses vor. Auch im Bereich Nordhessen (Abb. 6) und Süd-Niedersachsen läßt sich dieser Sachverhalt be-

obachten. Außerdem sind die roten Karneol-Krusten vorwiegend im mittleren und nördlichen Schwarzwald sowie im Odenwald verbreitet, während helle Kieselsäurekrusten im südlichen Schwarzwald überwiegen. Eine Lagunenfazies nach G. DIEDERICH & M. LAEMMLEN (1968) müßte aber eher im Norden des Buntsandstein-Beckens angenommen werden als im Süden.

In der bisherigen Literatur wurden zu stratigraphischen Vergleichen im Buntsandstein zwischen Nord- und Süddeutschland vorwiegend tabellarische Zusammenstellungen und schematische Profilschnitte (G. GUNZERT, 1958; A. HERRMANN, 1962; G. DIEDERICH & M. LAEMMLEN, 1968) herangezogen, die die geologische Wirklichkeit nur in beschränktem Umfang wiedergeben und außerdem in gewissem Umfang „manipuliert“ werden können, falls sie nicht mit mächtigkeitsgetreuen Profilschnitten kombiniert werden. Es wurde nun zum ersten Mal der Versuch unternommen, einen mächtigkeitsgetreuen Profilschnitt zwischen der Nordschweiz im Süden und Süd-Niedersachsen im Norden (Abb. 20, Profilinie Abb. 23) mit Hilfe von Mächtigkeitsangaben aus der Literatur zu erarbeiten. Um die geringmächtigen Violetten Horizonte noch darstellen zu können, mußte der Profilschnitt in 300facher Überhöhung gezeichnet werden, wobei die Grenze Buntsandstein/Muschelkalk als ebene Linie gezogen wurde. Über dem Kristallin befindet sich im Grenzbereich Oberrotliegendes/Zechstein der Violette Horizont 0 (VH 0, D. ORTLAM, 1970 c), der von A. STRIGEL (1922) als Karneol-Dolomit-Horizont im Raum Schramberg erkannt und als fossile Landoberfläche beschrieben wurde. Ursprünglich wurde dieser VH 0 als terrestrische Vertretung des Zechsteins im Schwarzwald angesehen (M. BRÄUHÄUSER, 1909, H. L. F. MEYER, 1911) und wird als solche heute noch gedeutet (H. FALKE, 1972, S. 96). Es wird dabei jedoch nicht berücksichtigt, daß bereits M. BRÄUHÄUSER (1910, S. 26) darauf hinwies, daß der Karneol-Dolomit-Horizont im Gebiet von Heidelberg und im Odenwald unter dem eigentlichen Zechsteindolomit liegt und nicht mit ihm zu verwechseln sei, eine Ansicht, die auch von H. THÜRACH (1918, S. 45) vertreten wird. Schließlich weist H. L. F. MEYER (1911) auf die Dolomitbänder am Top des Oberrotliegenden (unter dem Zechstein!) in der Wetterau hin. Dem Verfasser ist außerdem eine Lokalität (nordöstlich von Hanau) in der südöstlichen Wetterau bekannt, wo ebenfalls am Top des Oberrotliegenden und unter dem Zechstein ein Karneol-Dolomit-Horizont mit rotbraunen Karneol-Krusten ausgebildet ist. Ein Karneol-Dolomit-Horizont läßt sich ebenfalls in den Kraichgau-Bohrungen Neibsheim und Dürrmenz-Mühlacker (O. FRAAS, 1859) unter Zechsteindolomiten nachweisen. Diese Karneol-Dolomit-Horizonte stellen den Violetten Horizont 0 (VH 0) im Raum Schwarzwald—Odenwald—Wetterau dar. Er kann sich in variszisch streichenden (SW—NE) Beckengebieten lokal in zwei oder mehrere Abschnitte (Abb. 20) aufspalten (z. B. bei Heidelberg im Mannheimer Becken, M. B.), da hier die Bodenbildung durch Sedimentation entlang der Beckenachse kurzfristig unterbrochen wurde. Die Oberfläche des VH 0 bietet sich zur stratigraphischen Abgrenzung von Saxonien und Thuringien in Süddeutschland an, da der VH 0 auch in den Vogesen (H. FALKE, 1972) und im saar-pfälzischen Raum (E. M. MÜLLER & B. F. KLINKHAMMER, 1963) z. T. flächenhaft nachgewiesen werden kann. Es ist außerdem noch bemerkenswert, daß der Kupfer-Schiefer an der Basis des Zechsteins sich direkt über dem VH 0 befindet (Abb. 20). Es liegt nahe, anzunehmen, daß die Schwermetallgehalte des Kupfer-Schiefers (u. a. Cu, Zn, Pb, U) aus abgetragenen und gelösten Teilen des

VH 0 im Bereich von Schwellengebieten (Süddeutsche Hauptschwelle, Oberrheinische Hauptschwelle, Nordschwarzwälder Schwelle, Ettlinger Schwelle, Süd- und Nord-Odenwald-Schwelle, Hunsrück-Oberharz-Schwelle) stammen können. Der VH 0 stellt einen Bodenkomplex vom Red-Bed-Typ dar, in dem eine erhebliche Anreicherung von Elementen gegenüber dem bodenkundlichen C-Horizont stattfand. Als Einzugsbereich des Kupfer-Schiefers kommt dabei der abgetragene und ausgelaugte VH 0 im gesamten Bereich der Böhmisches und Rheinischen Masse sowie der Süddeutschen Scholle.

Über dem VH 0 folgt der Zechstein (Abb. 20), der im Raum Odenwald/Schwarzwald faziell von Teilen des Unteren Buntsandsteins süddeutscher Auffassung vertreten wird (G. DIEDERICH, 1970, Tab. 1). Das im Bereich des Spessarts (G. DIEDERICH, 1966) nach Norden ausklingende Eckische Konglomerat (smc 1, jetzt suc 1, Tab. 1) sowie der darüberfolgende Hauptteil des Bausandsteins (smb, jetzt unterer Bausandstein, subu, und mittlerer Bausandstein, subm) muß nach den Parallelisierungen von G. DIEDERICH (1966) in den Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung gestellt werden (Tab. 1), da die Grenze su/sm von E. BEYRICH & H. ECK (1870) im südlichen Harzvorland (Bl. Nordhausen) erwähnt und danach von H. ECK (1872) auf Blatt Hayn zuerst auskartiert und definiert wurde.

Die Abgrenzung zur Volpriehausen-Folge (= Eichsfeld-Folge) des Mittleren

Tabelle 1. Korrelierung stratigraphischer Einheiten im Buntsandstein Deutschlands.

NIEDERSACHSEN BOIGK 1959, HERRMANN 1962 HINZE 1967		HESSEN LAEMMLER 1966, DIEDERICH 1966 HINZE 1967		ODENWALD-SCHWARZWALD DIEDERICH 1966, ORTLAM 1965-1971	Oberer A n i s	Ladin
RÖT-FOLGE	Röt 4 <i>Fränkischer Chirotheriensandstein = Pflanzenbank</i>	Röt 4	Röt 4	"Röttone" (so4)		
	Röt 3	RÖT-	Röt 3	Violetter Horizont 5 (VH5) Obere Sandsteine (so3)		
	Röt 2	FOLGE	Röt 2	Violetter Horizont 4 (VH4) Mittlere Sandsteine (so2)		
	Röt 1 <i>Thüringischer Chirotheriensandstein</i>		Röt 1	Violetter Horizont 3 (VH3) Untere Sandsteine (so1)		
Violetter Karneol-Horizont 2b		Violetter Karneol-Horizont 2a			M i t t l e r	S k y t h
SOLLING-FOLGE		SOLLING-FOLGE		Violetter Karneol-Horizont 2 (VH 2)		
H-Diskordanz		Violetter Karneol-Horizont 2a				
HARDEGSEN-FOLGE		SPESSART-FOLGE		Kieselige Sandsteine (smK)		
DETFURTH-FOLGE		RHÖN-FOLGE		Violetter Horizont 1 (VH1) "Hauptkonglomerat" (smc 2)		
VOLPRIEHAUSEN-FOLGE		EICHSFELD-FOLGE		oberer Bausandstein (smb)		
SALMÜNSTER-FOLGE		SALMÜNSTER-FOLGE		mittlerer Geröllhorizont (smcm)		
GELNHAUSEN-FOLGE		GELNHAUSEN-FOLGE ECK'sches Konglomerat (suc 1)		unterer Bausandstein (subu)		
BRÖCKELSCHIEFER-FOLGE		BRÖCKELSCHIEFER-FOLGE		Unterer Buntsandstein alter Auff. (teilweise)	U n t e r e r	

Buntsandsteins (Abb. 20) gelang mit Hilfe eines 4—8 m mächtigen Geröllhorizontes im höheren Teil des ehemaligen Bausandsteins (smb) im Gebiet Odenwald (G. DIEDERICH, 1966) und Schwarzwald. Dieser mittlere Geröllhorizont (smcm, Abb. 21 und Tab. 1) wurde bereits von K. EISSELE (1966) in Kernbohrungen des Raumes Freudenstadt (Nordschwarzwald) nachgewiesen und als Basisgeröllsandstein zur Abgrenzung des Mittleren vom Unteren Buntsandstein herangezogen. Im Gegensatz zur Darstellung von G. DIEDERICH (1966, Abb. 8) ist die Mächtigkeit des mittleren Geröllhorizontes (= Basisschüttung der Volpriehausen-Folge) im Bereich des nördlichen und dem Nordabschnitt des mittleren Schwarzwaldes wesentlich größer, und zwar 4—7 m (Abb. 20).

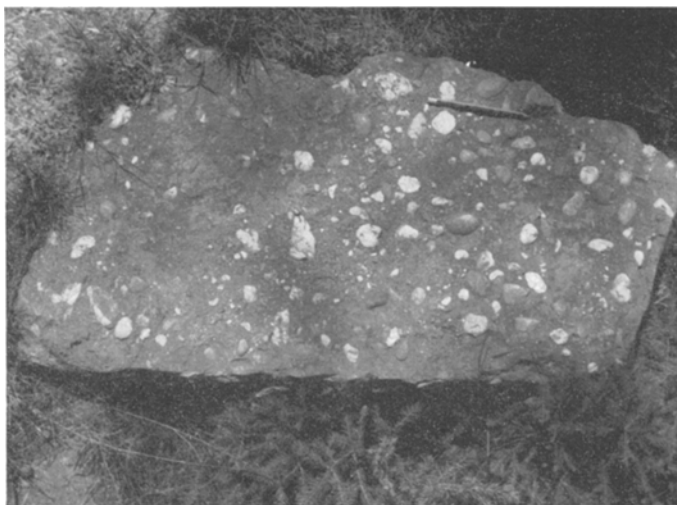


Abb. 21. Mittlerer Geröllhorizont (smcm) an der Basis des Mittleren Buntsandsteins, Pfälzer Kopf NW Baiersbronn (nördlicher Schwarzwald). Stift = 15 cm.

Das ehemalige Hauptkonglomerat (smc 2, VH 1 und smk, Tab. 1) umfaßt sowohl die Detfurth- (= Rhön-Folge) als auch die Hardeggen-Folge (= Spessart-Folge, Abb. 20). Am Dach der Detfurth-Folge ist der Violette Horizont 1 (VH 1, D. ORTLAM, 1967) ausgebildet. Seine Umlagerungsprodukte einschließlich Wirbeltierresten gelangten in die südniedersächsische Senke und bildeten dort das weitverbreitete Bodensediment der Violetten Zone (F. KRÄMER, 1961) an der Basis der Hardeggen-Folge.

Über der Hardeggen-Folge folgt der am weitesten verbreitete Bodenkomplex, der Violette (Karneol-) Horizont 2 (VH 2, D. ORTLAM 1967) der sich nach M. LAEMMLEN (1966 b), J. LEPPER (1970) und G. DIEDERICH & H. HICKETHIER (1971) im Bereich des Spessarts nach Norden in zwei Abschnitte aufspaltet (Abb. 20 und Tab. 1), wobei die gesamte Solling-Folge allmählich nach Norden eingeschaltet wird. Die Sedimentation der Solling-Folge kann daher nur aus westlichen und/oder östlichen Richtungen, aber keinesfalls aus südlichen Richtungen erfolgt sein. Der unter der Solling-Folge liegende Bodenkomplex, der

VH 2 a, wird nach Norden in zunehmendem Maße durch den Basalschüttungszyklus der Solling-Folge erodiert, umgelagert (= Untere Violette Zone nach G. DIEDERICH & H. HICKETHIER, 1971) und läuft in die H-Diskordanz (F. TRUSHEIM, 1963) nach Norden aus. Der obere, durchweg autochthone Bodenkomplex, der VH 2 b, stellt genetisch den natürlichen Abschluß der Solling-Folge dar: seine Oberfläche markiert, wie in Süddeutschland, die Grenze sm/so, wobei der darüberliegende, geringmächtige und geschichtete, sowie nach Norden auslau-

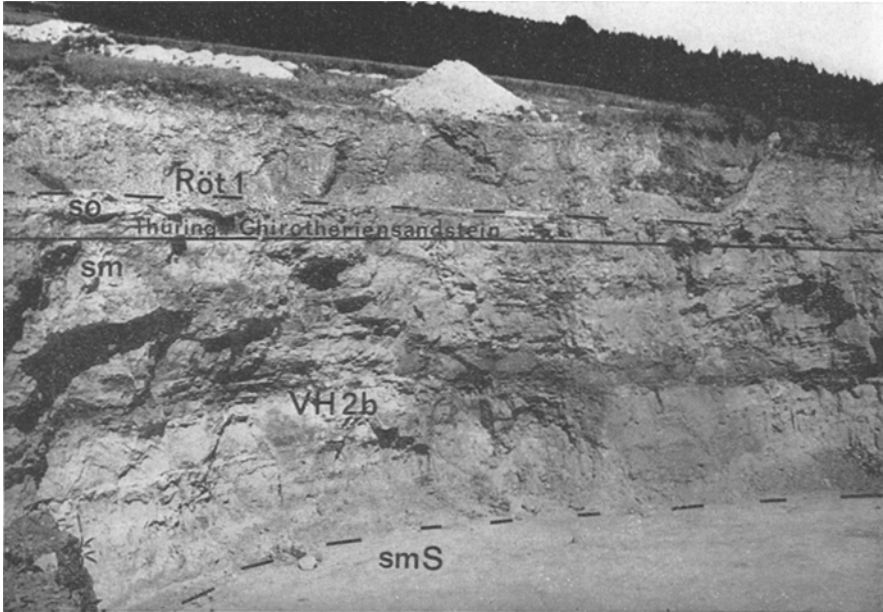


Abb. 22. Solling-Folge (smS), Violetter (Karneol-) Horizont 2 b (VH 2 b), Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein (sm/so) und Thüringischer Chirotheriensandstein an der Basis des Röt 1. Sandgrube Wienberg NE Eschwege. Wandhöhe \approx 15 m.

fende Thüringische Chirotheriensandstein als Basalschüttung der Röt-Folge aufgefaßt wird (Abb. 22). Es besteht also nur ein relativ geringer Unterschied zu der Auffassung der hessischen Geologen, die den Thüringischen Chirotheriensandstein aus kartiertechnischen Gründen noch zum Mittleren Buntsandstein ziehen (Tab. 1).

Die Gründe, die Solling-Folge in den Mittleren Buntsandstein zu stellen — im Gegensatz zu W. HOPPE (1959, 1972), F. KRÄMER (1961), F. TRUSHEIM (1963), G. SEIDEL (1965, 1970), P. PUFF & G. SEIDEL (1967), J. JUNGWIRTH (1969), R. LANGBEIN (1970) und G. DIEDERICH (1971) — sind vielfältiger Art und sollen kurz aufgeführt werden:

1. Die Heranziehung der ursprünglichen Definition (Prioritätsprinzip!) der Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein nach F. v. SANDBERGER (1861, 1863, 1864) mit Hilfe des Karneol-Dolomit-Horizontes (= VH 2).

2. Die Übernahme dieser Grenzziehung nach Norddeutschland (Nordhessen, Thüringen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt) durch H. ECK (1872), O. GRUPE (1914) und H. BOIGK (1957, 1959).
3. Die Lage der Solling-Folge zwischen dem VH 2 a und dem VH 2 b und ihr keilförmiges Ausklingen nach Süden in den VH 2 (Abb. 20), ein Ergebnis, das in den jüngsten thüringischen Arbeiten über den Buntsandstein noch nicht berücksichtigt wurde.
4. Das Auftreten von mehreren autochthonen Bodenbildungen in der gesamten Solling-Folge von Nordhessen (D. RAMBOW, 1967, S. 88) und Süd-Niedersachsen (Abb. 20) dokumentiert, daß die Solling-Folge die fazielle und zeitliche Vertretung des mittleren VH-2-Abschnittes in Süddeutschland darstellt.
5. Der starke Wechsel der Sedimentzusammensetzung über und unter dem VH 2: über dem VH 2 verstärktes Auftreten von Feldspäten sowie neuer Schwermineralassoziationen (W. H. HENRICH, 1962) durch Freilegung von Grundgebirgstteilen im Gallischen Hochgebiet im Gegensatz zu den darunterliegenden Schichten.

Die ursprüngliche Korrelierung (D. ORTLAM, 1967, Tab. 1) der Solling-Folge mit den Kieseligen Sandsteinen (smK) stützte sich auf die inzwischen zu revidierenden Ergebnisse von H. KUNZ (1965). Sie ist nach den jetzigen Ausführungen hinfällig geworden. Die theoretischen Erwägungen G. DIEDERICHS (1971, S. 128/129), den VH 1 des Schwarzwaldes mit der VG E. M. MÜLLERS im linksrheinischen Gebiet und im Odenwald gleichzusetzen, muß entschieden widersprochen werden, da sowohl die Abfolge der VHs und die dazwischenliegenden Sedimentationseinheiten in Zahl und Mächtigkeit als auch das massenweise Auftreten von Karneol-Krusten im VH 2 (= VG) im links- und rechtsrheinischen Gebiet sehr gut übereinstimmen, zumal ausgedehnte, jüngere Kartierungen in beiden Gebieten vorliegen.

Die fossilen Bodenkomplexe im Oberen Buntsandstein, die Violetten Horizonte 3, 4, 5 und 6 (VH 3, VH 4, VH 5 und VH 6, D. ORTLAM, 1967, 1970 b) besitzen nur südlich des Maïns stratigraphische Bedeutung und verteilen sich relativ gleichmäßig auf den gesamten Oberen Buntsandstein (Abb. 20). An einem Punkt, bei Waldshut im südlichen Schwarzwald, vereinigen sich die Violetten Horizonte 1 bis 5 zu einem einzigen fossilen Bodenkomplex, der sich nach Süden in das Nordschweizer Becken (N. B., D. ORTLAM, 1970 c) hinein aber sofort wieder in die Einzelhorizonte aufgliedert (Abb. 1 und 20).

Um die stratigraphischen Möglichkeiten sowohl lithostratigraphischer (H. BOIGK, 1959; G. DIEDERICH, 1966) als auch pedostratigraphischer Methoden (D. ORTLAM, 1966—1971) in der Permo-Trias von Mitteleuropa gegeneinander abzuwägen, bedarf es Zusammenstellungen, die Aussagen über die regionale Anwendbarkeit der beiden Methoden machen können.

Die gerasterte Fläche der ersten Karte (Abb. 23) zeigt den Bereich an, in dem lithostratigraphische Methoden aufgrund des Vorhandenseins verschiedener Grobschüttungen im Buntsandstein Anwendung finden und kartistisch erfaßt werden können. Im Bereich der Hochgebiete, z. B. dem Westrand der Böhmisches Masse, dem Ostrand der Ardennisch-Gallischen Masse, des Schwarzwaldes, der Vogesen und weiter südlich gelegener Gebiete (Schweiz, Burgund) besteht — mangels differenzierter Grobschüttungen, die weder gegenseitig abzugrenzen

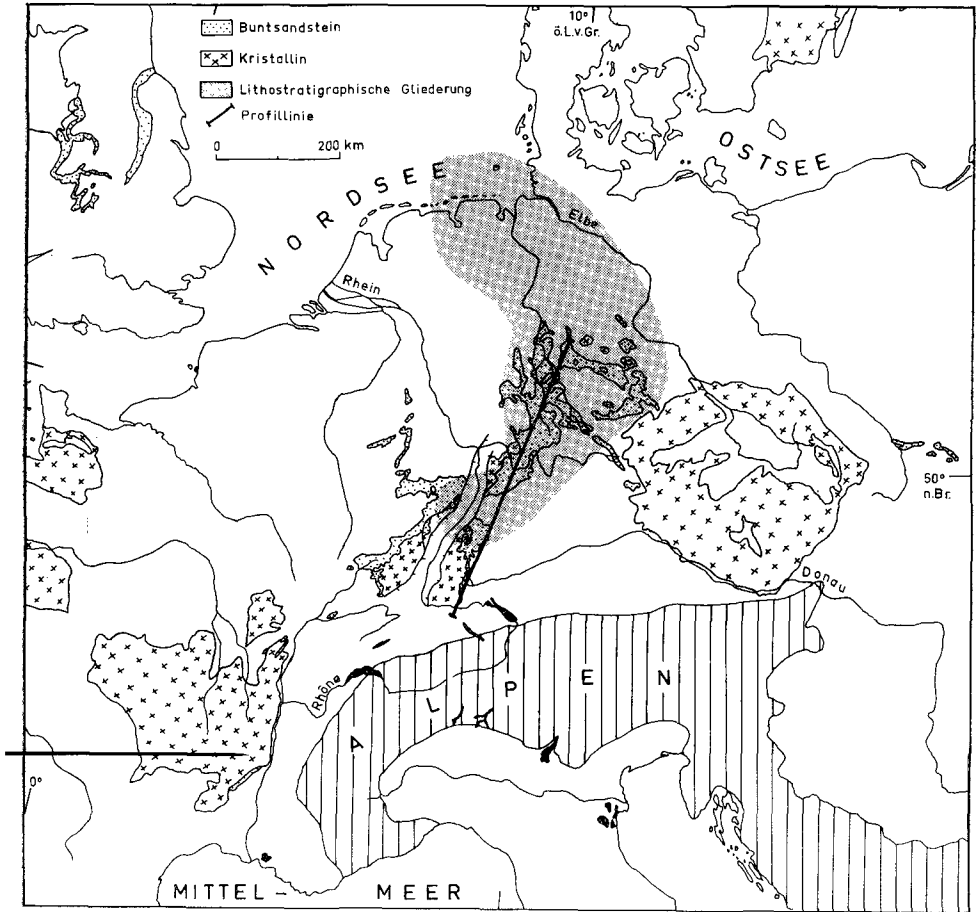


Abb. 23. Verbreitungsgebiet lithostratigraphischer Gliederungsmöglichkeiten im Buntsandstein Mitteleuropas und Verlauf des Profilschnittes der Abb. 20.

noch kartistisch erfassbar sind — nicht die Möglichkeit, den Buntsandstein lithostratigraphisch zu gliedern. In diesen Gebieten muß die lithostratigraphische durch die pedostratigraphische Gliederung sukzessive ersetzt werden. Dies gelingt mit den Violetten Horizonten 1 bis 5 (VH 1 bis VH 5), deren Verbreitung in ganz Süddeutschland und weiter südwestlich gelegener Gebiete (Schweiz, Burgund, Vogesen, Westrand der Ardennisch-Gallischen Masse) gewährleistet ist (Abb. 24, 25 und 27). Diese VHs sind auch im Gelände gut kartierbar (D. ORTLAM, 1963, 1970 a, 1974).

Die Verbreitung des Violetten Horizontes 0 (VH 0) ist aus Abb. 26 zu ersehen. Seine Oberfläche bietet sich zur Grenzziehung zwischen Saxonien und Thüringen in Süddeutschland geradezu an, zumal eine weite Verbreitung des Horizon-

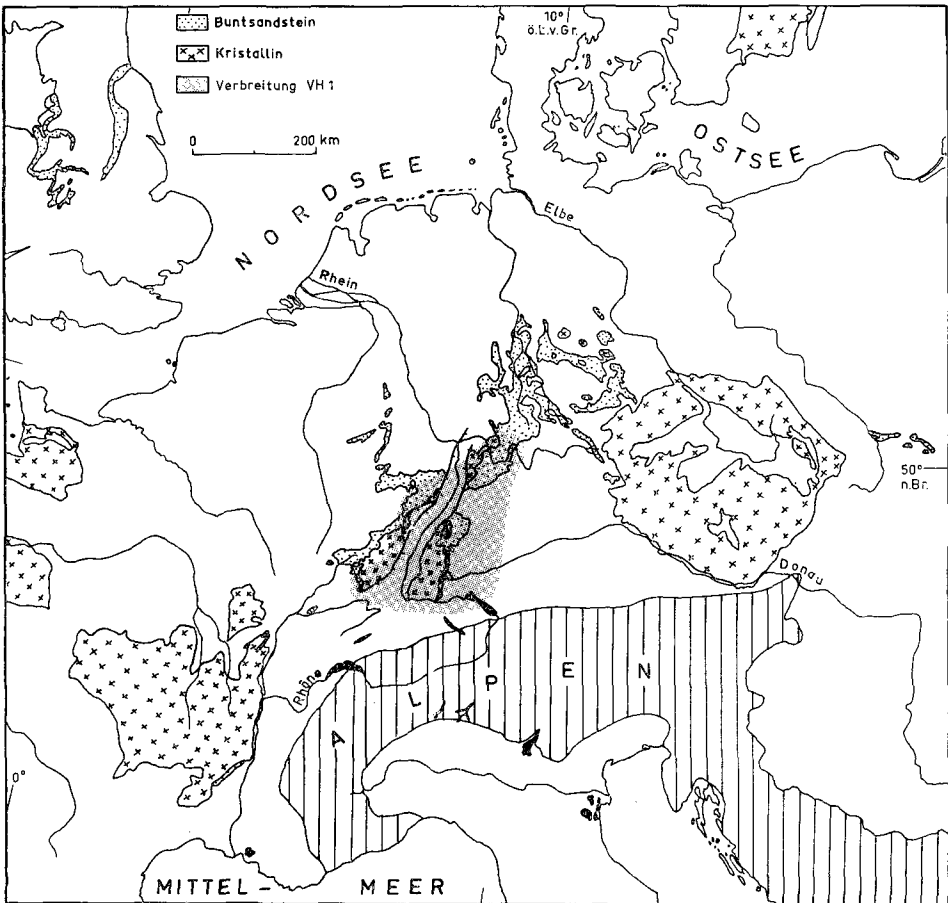


Abb. 24. Verbreitung des Violetten Horizontes 1 (VH 1) am Top der Detfurth-Folge in Mitteleuropa.

tes in Süddeutschland und angrenzender Gebiete [Ostalpen (Südtirol)³⁾, südl. lombardische Alpen⁴⁾, Schweiz, Burgund und Vogesen] gegeben ist (Abb. 26).

Der stratigraphisch wichtigste Horizont, der Violette (Karneol-) Horizont 2 (VH 2) an der Grenze sm/so ist zugleich der in Mitteleuropa am weitesten verbreitete Horizont (Abb. 27). Er läßt sich in fast allen Gebieten des Germanischen Buntsandstein-Beckens zwischen Schwarzwald/Vogesen im Süden und dem nord-

³⁾ Bei M. M. O. GORDON (1927, S. 3) läßt sich an der Basis der mittleren Dolomit- und Rauhwacken-Gruppe ein 5,8 m mächtiger, fossiler Bodenkomplex mit Gips-, Karbonat- und Kieselsäurekrusten ausscheiden: der Violette Horizont 0 (VH 0).

⁴⁾ A. RAU & M. TONGIORGI (1972, Fig. 3) erwähnen zwei Horizonte in der Collis-Formation (Abschnitt C und F) mit Kieselsäurekrusten, Karbonatkonkretionen und Pflanzen, die als fossile Bodenkomplexe des aufgespaltenen Violetten Horizontes 0 (VH 0 a und VH 0 b) gedeutet werden können.

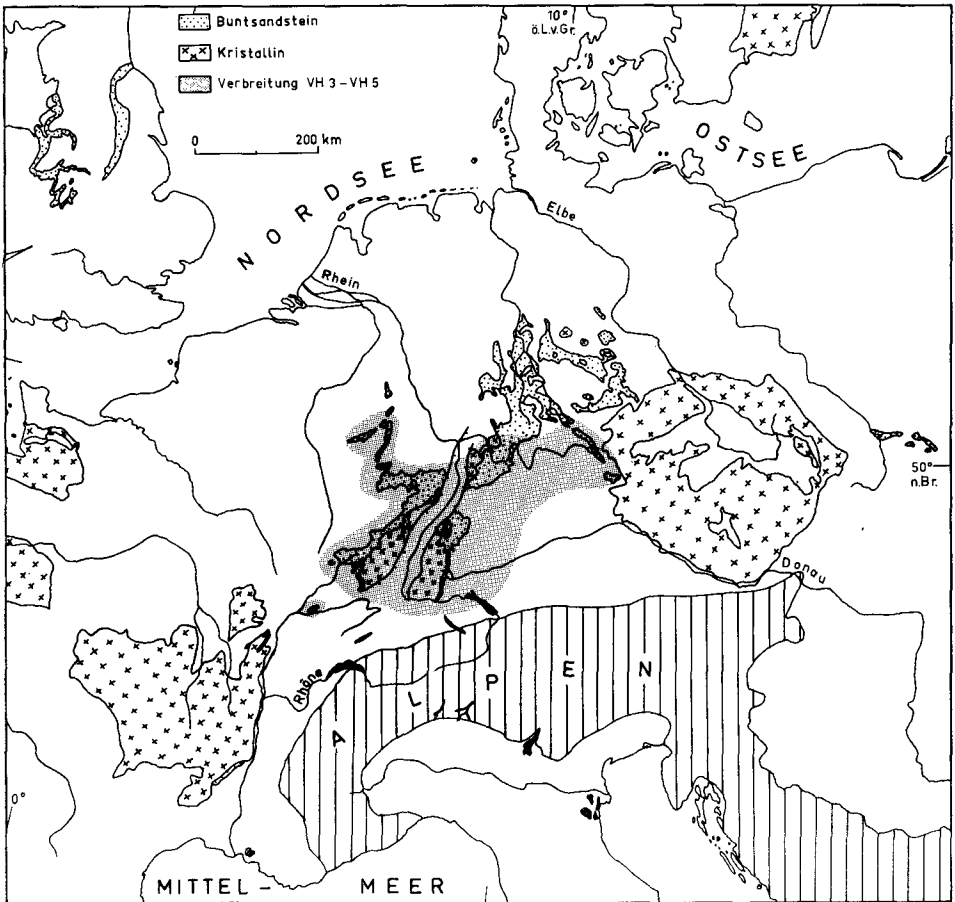


Abb. 25. Verbreitung der Violetten Horizonte 3, 4 und 5 (VH 3 bis VH 5) im Oberen Buntsandstein von Mitteleuropa.

östlichen Harzvorland (W Magdeburg) im Norden (K. KEILHACK, 1914; Th. SCHMIERER, 1914; W. WEISSERMEL, 1926; F. BEHREND, 1927; W. KOERT, 1927; H. SCHROEDER & F. DAHLGRÜN, 1927; E. NAUMANN & F. DEUBEL, 1930) sowie der Ardennisch-Gallischen Masse im Westen und der Böhmisches Masse im Osten nachweisen. Seine Oberfläche und damit die Grenze sm/so kann daher sowohl im Beckenbereich als auch in den Hochgebieten als wichtige Zeitmarke Verwendung finden, eine Möglichkeit, die von der lithostratigraphischen Methode aus obengenannten Gründen nicht wahrgenommen werden kann. Die Verbreitung des VH 2 geht aber noch über die südlichen Grenzen des Germanischen Buntsandstein-Beckens hinaus. Er kann in der Nordschweiz [Erdölaufschlußbohrungen Kreuzlingen 1, Berlingen 1, Lindau 1 und Pfaffnau 1⁵⁾] im Serre-Massiv

⁵⁾ Für die Möglichkeit zur Auswertung der Buntsandsteinproben von Erdölaufschlußbohrungen der Nordschweiz danke ich Herrn Dr. Büchi (SEAG, Zürich) herzlich.

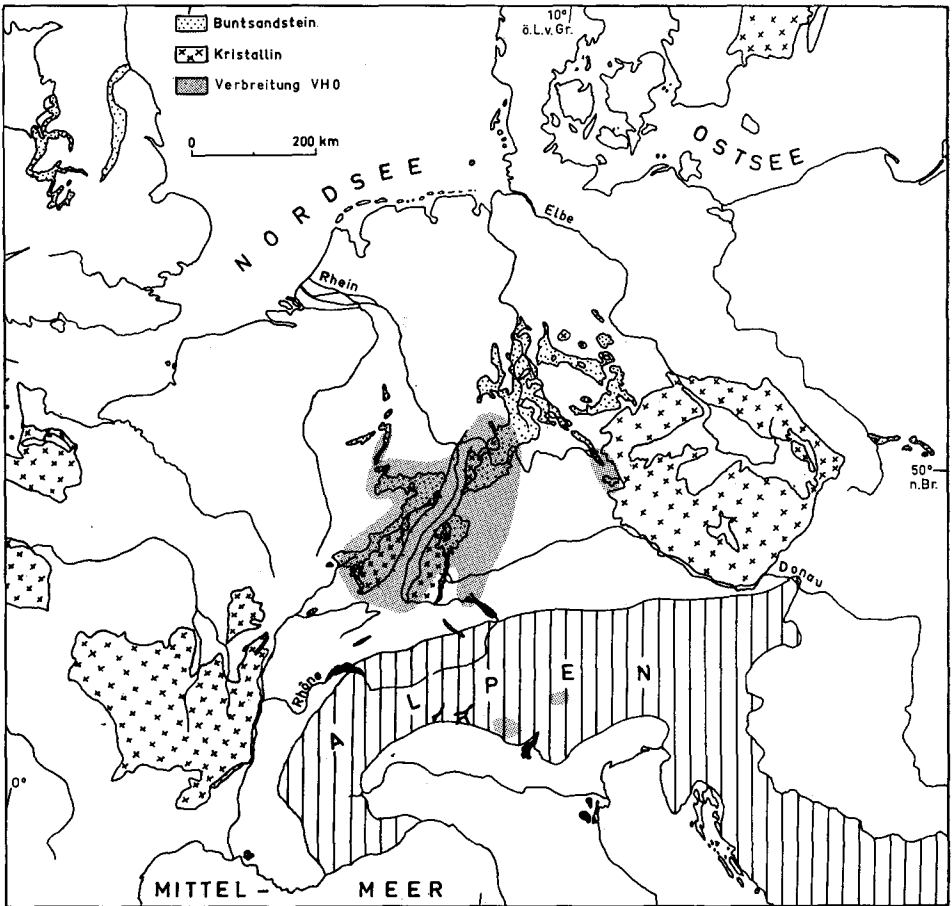


Abb. 26. Verbreitung des Violetten Horizontes 0 (VH 0) am Top des Saxonien in Mitteleuropa.

SW Besançon und am NE-Rand des Zentralmassives nachgewiesen werden. Die Verbreitung des VH 2 erstreckt sich damit auf einen Bereich von über 1000 km in der Länge und über 400 km in der Breite (Abb. 27).

Die Bedeutung des VH 2 und anderer VHs liegt aber nicht nur darin, daß sie im Germanischen Becken eine weite Verbreitung besitzen und — im Gegensatz zur lithostratigraphischen Methode — auch und gerade in Hochgebieten stratigraphische Verwendung finden können, sondern vor allem darin, daß die Möglichkeit besteht, auch südlich vom Germanischen Becken liegende Buntsandsteinareale (z. B. Schweiz, Burgund, Rhônetal, Spanien, Marokko) mit Hilfe des VH 2 und anderen VHs zu korrelieren.

An Versuchen, die Schichten der germanischen Trias mit denjenigen des Tethysraumes stratigraphisch zu verknüpfen, hat es in den letzten Jahrzehnten nicht gefehlt (J. PIA, 1930; M. FRANK, 1930, 1931; R. TRÜMPY, 1962; B. KREBS,

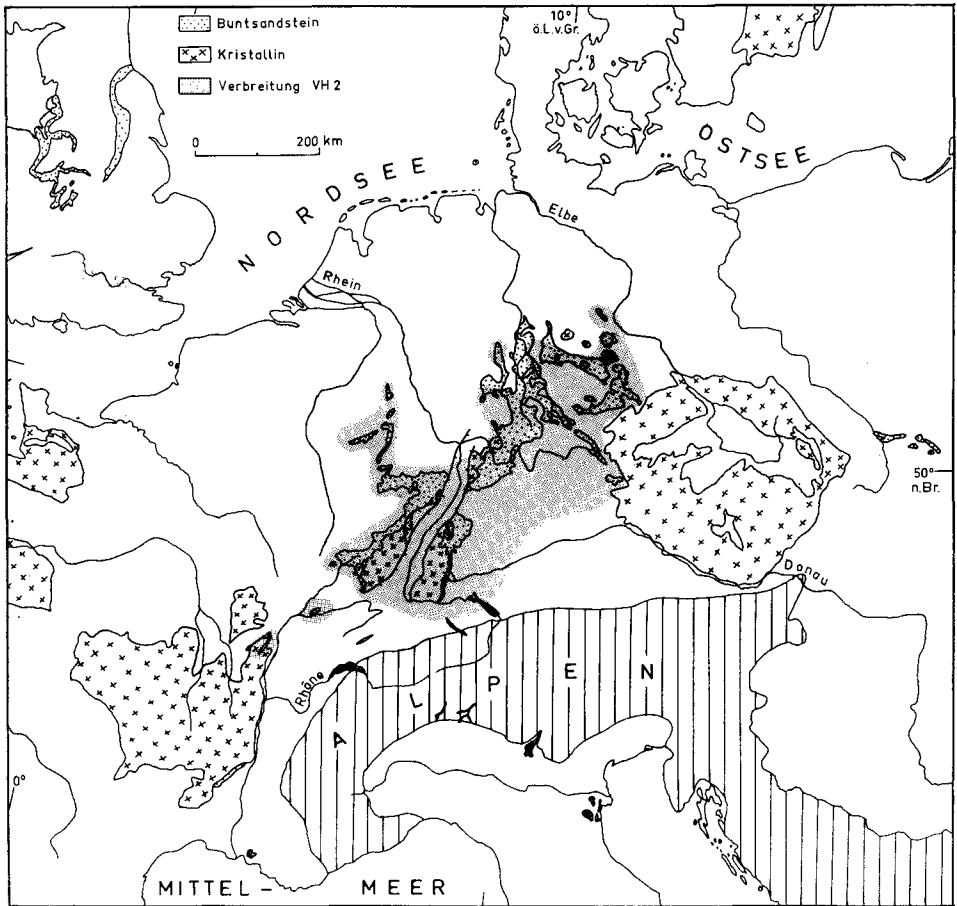


Abb. 27. Verbreitung des Violetten (Karneol-) Horizontes 2 (VH 2) am Top des Mittleren Buntsandsteins in Mitteleuropa.

1969; R. WILD, 1972, und H. KOZUR, 1972). Sie stützen sich hauptsächlich auf die Ähnlichkeit der Faunen zwischen dem Oberen Muschelkalk von Deutschland und dem Anis/Ladin der Alpen. Während einige Arbeiten den Versuch unternehmen, lediglich petrofazielle Vergleiche anzustellen (R. TRÜMPY) werden von B. KREBS und R. WILD die bisher bekannten Wirbeltierfaunen zur Deutung herangezogen. Allgemein ist die Tendenz zu beobachten, daß aufgrund der langandauernden Muschelkalkingression über die Oberschlesische Pforte die Grenze Buntsandstein/Muschelkalk als Fazies- und nicht als Zeitgrenze zu deuten ist. Es wird vielmehr angenommen, daß Teile des höheren Buntsandsteins bereits zum Anis gestellt werden können. Während dies U. JUX & H. D. PFLUG (1958) lediglich anhand eines Schädelfragmentes von *Parotosaurus mechernichensis* (JUX & PFLUG) JUX aus dem Oberen Buntsandstein der Nordeifel tun wollen, ergab sich ein stärkerer Verdacht in diese Richtung durch die Beschreibung von *Eocyclotosaurus*

woschmidti ORTLAM (1970 d) aus dem Fränkischen Chirotheriensandstein (= Basis der „Röttone“, so 4, D. ORTLAM, 1967) des nördlichen Schwarzwaldes. Die drei Arten *Parotosaurus mechernichensis* und *Parotosaurus semiclausus* (SWINTON) WATSON (Fränkischer Chirotheriensandstein des mittleren Schwarzwaldes) sowie *Eocyclotosaurus woschmidti* stellen aufgrund ihrer Entwicklungshöhe (z. B. Schließung der Ohrschlitze) Bindeglieder (Abb. 28) zwischen den primitiven Formen der tief-untertriassischen Gattung *Parotosaurus* JAEKEL, 1922, und der obertriassischen Gattung *Cyclotosaurus* E. FRAAS, 1889, dar (D. ORTLAM, 1970 d, S. 577). Nach J.-C. GALL (1971) muß der Hauptteil des Voltziensandsteins und der Lettenregion (= „Röttone“, so 4) der Nordvogesen aufgrund seiner Invertebraten-Fauna bereits zum Muschelkalk gezogen werden. Die weite Verbreitung der Corophioides-Bank mit *Corophioides luniformis* (BLANCK.) über dem VH 4 von Odenwald und Schwarzwald, veranlaßte bereits D. ORTLAM (1965, 1967) von einer Ingression des im Norden liegenden Buntsandstein/Muschelkalkmeeres zu sprechen. Diese kurzzeitigen Ingressionen lassen sich in Süddeutschland bis an die Grenze sm/so durch Wurmbauhorizonte nachweisen.

Vergleicht man nun die Flora sowie das endemische Auftreten verschiedener Wirbeltierarten in der Grenzbitumenzone (Anis/Ladin, H. RIEBER, 1967) des Tessins mit dem Fossilbestand des VH 5 im höheren Oberen Buntsandstein des Schwarzwaldes, so zeigen sich erstaunliche Parallelen (Tab. 2).

Tabelle 2. Gemeinsamkeiten endemischer Fauna und Flora in der Grenzbitumenzone und dem Violetten Horizont 5 (VH 5).

Grenzbitumenzone (Tessin)	VH 5 (Schwarzwald)
<i>Macrocnemus bassanii</i> NOPCSA	<i>Macrocnemus bassanii</i> NOPCSA
<i>Tanystropheus longobardicus</i> (BASSANI)	<i>Tanystropheus longobardicus</i> (BASSANI)
<i>Ticinosuchus ferox</i> KREBS	2 Zähne von <i>Ticinosuchus ferox</i> KREBS (bisher als <i>Seemannia palaeotriadica</i> v. HUENE, 1958, und als <i>Crenelosaurus nigrosilvanus</i> ORTLAM, 1967, beschrieben)
	Fährten von <i>Ticinosuchus ferox</i> KREBS
<i>Voltzia heterophylla</i> BRONGNIART	<i>Voltzia heterophylla</i> BRONGNIART

Da die Autochthonie der Wirbeltierfauna und der Flora im Bereich Schwarzwald/Nordschweiz nachgewiesen wurde (D. ORTLAM, 1967, 1969, 1970 b) und ebenfalls Autochthonie für die Wirbeltierfauna (außer *Ticinosuchus*) der Grenzbitumenzone des Tessins besteht (H. RIEBER, 1967), muß daraus geschlossen werden, daß der Lebensraum der Wirbeltiere sowohl im Gotthard-Aare-Massiv als auch in nördlich und südlich davon gelegenen Gebieten zu suchen ist. Der Lebensraum von *Ticinosuchus* und den Coniferen lag im Gotthard-Aare-Massiv und nördlich daran anschließenden Räumen (Nordschweiz, Schwarzwald). Von dieser Schwellenregion starteten alle Wirbeltiere ihre Streifzüge nach Norden (= Fährten im Fränkischen und Thüringischen Chirotheriensandstein) und teilweise (*Macrocnemus*, *Tanystropheus*, *Askeptosaurus*) nach Süden in die Lagunen- und Riffgürtel am Nordrand der Tethys. Sowohl der landbewohnende *Ticinosuchus*

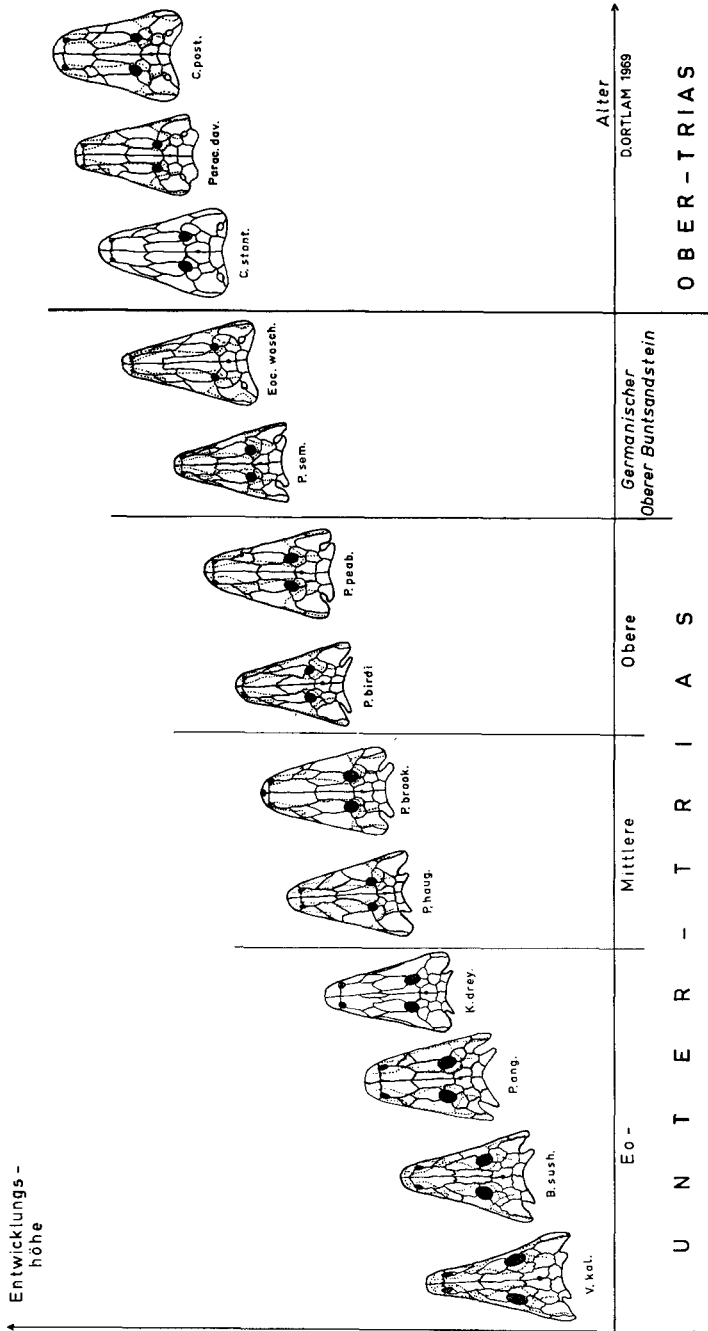


Abb. 28. Evolutionsreihe verschiedener Capitosauriden in der Trias (aus D. ORTLAM, 1970 d).

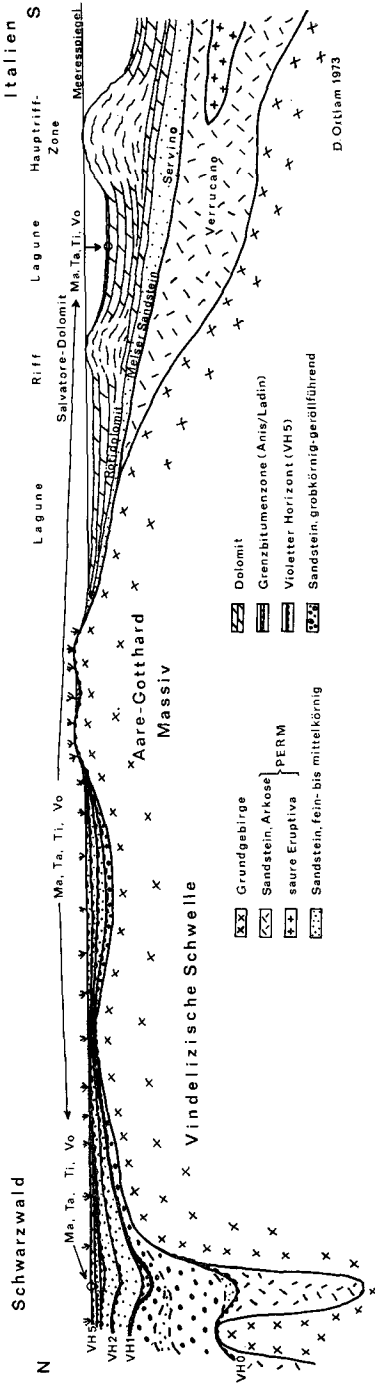


Abb. 29. Halbschematischer Profilschnitt zur Bildungszeit des VH 5 (Schwarzwald-Nordschweiz) und der Grenzbitumenzone (Tessin) zwischen Schwarzwald im Norden und Norditalien im Süden (Ma = *Macrocnemus*, Ta = *Tanystropheus*, Ti = *Tinosuchus*, Vo = *Voltzia*.)

als auch Voltzienzweige wurden von der Schwellenregion des Gotthard-Aare-Massivs nach Süden in die Lagune der Grenzbitumenzone und nach Norden in den VH 5 verdriftet. Mit diesen Überlegungen ist für den bisher ältesten Teil der Trias eine direkte stratigraphische Verbindung zwischen Germanischem Becken und der Tethys möglich geworden. In Abb. 29 wird zum ersten Mal versucht, die paläogeographischen Gegebenheiten der wahrscheinlich zeitgleichen Bildung von VH 5 und Grenzbitumenzone in einem halbschematischen Profilschnitt zwischen Schwarzwald und Norditalien darzustellen. Daraus läßt sich ein stratigraphisches Schema ableiten, wie es in Tab. 3 wiedergegeben ist.

In Tab. 3 wird die Grenze Anis/Ladin an die Oberfläche des VH 5 gelegt, da auch im tieferen Teil der „Röttone“ (so 4) noch *Macrocnemus* und *Tanystropheus* gefunden werden. Damit würde der anisische Anteil der Grenzbitumenzone dem VH 5 entsprechen. Es ist kein Widerspruch in der Tatsache zu sehen, daß im Hauptmuschelkalk von Bayreuth (R. WILD, 1972) einzelne Reste von *Tanystropheus* gefunden wurden. Auch ein Schädel von *Macrocnemus* wurde in den jüngeren Meridekalken des Tessins entdeckt (B. PEYER, 1937). Diese stratigraphisch jüngeren und vereinzelt auftretenden Vorkommen lassen sich dadurch erklären, daß die Schwellenregion des Gotthard-Aare-Massivs bis in das höhere Ladin noch landfest war (M. P. GWINNER, 1971, Abb. 139 und 140). Somit war für *Macrocnemus* und *Tanystropheus* ein — wenn auch gegenüber dem Anis stark verminderter — Lebensraum vorhanden, was durch die geringe Zahl von bis jetzt gefundenen Wirbeltierresten der beiden Gattungen doku-

D. ORTLAM — Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias

Tabelle 3. Stratigraphischer Vergleich anhand der endemischen Wirbeltierfauna (Ma = *Macrocnemus*, Ta = *Tanystropheus*, Ti = *Ticinosuchus*) und der Flora (Vo = *Voltzia*) zwischen tieferer Germanischer und Alpiner Trias.

GERMANISCHE TRIAS ORTLAM 1965-1971		ALPINE TRIAS RIEBER 1967, GWINNER 1971, ZORN 1972	
N	S		
MUSCHELKALK, Ta ROTTONE (so4), Ma, Ta, Vo Fränkischer Chirotheriensandstein, Ti, Vo VIOLETTER HORIZONT 5 (VH5), Ma, Ta, Ti, Vo ----- so3 ----- VH4 ----- so2 ----- VH3 ----- so1 Thüringischer Chirotheriensandstein, Ti VIOLETT (KARNEOL-)HORIZONT 2 (VH2)		KARN	Obere MERIDEKALKE } OBERER Dolomitband } SALVATORE Untere MERIDEKALKE, Ma } -DOLOMIT Dolomite }
		LADIN	Gervillien-Horizont GRENZBITUMENZONE Ma, Ta, Ti, Vo
		ANIS	DIPLOPOREN-DOLOMIT } UNTERER PLATTENDOLOMIT } SALVATORE- (RÖTIDOLOMIT) } DOLOMIT
		SKYTH	SERVINO-SERIE (MELSER SANDSTEIN)
		PERM	VERRUCANO-SERIE (mit sauren Eruptiva)
tieferer Mittlerer und Unterer BUNTSANDSTEIN ZECHSTEIN ROTLIEGENDES (mit sauren Eruptiva)	?		?

mentiert wird. Erst durch die Überflutung dieses Schwellenarchipels an der Wende Ladin/Karn (M. P. GWINNER, 1971, Abb. 140/141) starb diese endemische Wirbeltierfauna aus. Ihre eingipfelige Virenzphase besaß sie somit an der Wende Anis/Ladin zur Bildungszeit der Grenzbitumenzone im Tessin und des VH 5 im Schwarzwald. Im mittleren und nördlichen Schwarzwald muß die Population besonders hoch gewesen sein, wie aus einer überschlägigen Berechnung des hohen Knochengehaltes im VH 5 hervorgeht (D. ORTLAM, 1967, S. 518).

Die Grenze Skyth/Anis wird an die Oberfläche des VH 2 gelegt, weil die Fährten des Thüringischen Chirotheriensandsteins an der Basis des Oberen Buntsandsteins zahlreiche Pseudosuchier-Fährten enthalten (B. KREBS, 1969; G. DEMATHIEU & H. HAUBOLD, 1972), die zur anisischen Population um *Ticinosuchus* KREBS (1965) gestellt werden müssen. Damit fallen der Diploporendolomit und der Plattendolomit, der zeitlich dem Rötidolomit entspricht (Abb. 29), in den tieferen Teil des Oberen Buntsandsteins (Tab. 3), während die Servino-Serie, die mit dem Melser Sandstein korreliert werden kann (Abb. 29), dem Mittleren und Unteren Buntsandstein gleichgesetzt wird. Wäre der Melser Sandstein mit der südlichen Randfazies des Oberen Buntsandsteins⁶⁾ zeitlich zu verbinden (R. TRÜMPY, 1962, S. 526), so wären neben der hellen Farbe auch ein erheblicher

⁶⁾ K. LEMCKE & R. WAGNER (1961), R. TRÜMPY (1962) und U. P. BÜCHI, K. LEMCKE, G. WIENER & J. ZIMDARS (1965) legen die helle Sandsteinfolge an die Basis des Unteren Muschelkalkes, analog den Verhältnissen am Ostrand des gallisch-ardennischen Massivs („Muschelsandstein“). Der Hauptteil des Basissandsteins der Schweiz und des Bodenseegebietes enthält aber, wie der Verfasser inzwischen bei der Profilaufnahme von Kernstrecken der verschiedenen Erdölbohrungen feststellen konnte, alle Violetten Horizonte und die Weißsandstein-Fazies des Mittleren und Oberen Buntsandsteins im südlichen Schwarzwald (D. ORTLAM, 1970 b). Der Hauptteil des Basissandsteins muß daher in den Mittleren und Oberen Buntsandstein eingestuft werden, so daß die Südgrenze der Verbreitung des sm und so bis an das Gotthard-Aare-Massiv heranreicht (Abb. 29).

Feldspatgehalt, eine gute Zurundung der Quarzkörner und Violette Horizonte für den Melser Sandstein zu fordern. In den Typlokalitäten um Mels (Nordostschweiz) findet man aber keinen Feldspatgehalt, keine oder nur geringe Zurundung der Quarzkörner und keine Violetten Horizonte im Melser Sandstein.

Die unter der Servino-Serie folgende Verrucano-Serie wäre schließlich nach M. P. GWINNER (1971, Abb. 185) mit dem Rotliegenden und Zechstein Deutschlands zu verbinden, wobei die Grenze Perm/Trias weder in Deutschland noch im Tessin stratigraphisch klar erfaßt werden kann.

Die bisherigen Ausführungen zeigen die große stratigraphische Bedeutung der Oberflächen von Paläoböden, die zusammen mit Pflanzen- und Wirbeltierresten einen direkten Vergleich der tieferen Trias des Germanischen Beckens mit der Orthostratigraphie des Tethysraumes ermöglichen.

Literatur

- BACKHAUS, E.: Fazies, Stratigraphie und Paläogeographie der Solling-Folge (Oberer Buntsandstein) zwischen Odenwald-Rhön und Thüringer Wald. — *Oberrhein. geol. Abh.*, **17**, 1, 1—164, 16 Abb., 14 Taf., 4 Tab., Karlsruhe 1968.
- BEHREND, F.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Bl. Jerxheim, 45 S., Berlin 1927.
- BEYRICH, E., & ECK, H.: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Bl. Nordhausen. — *Lfg. 1*, 1. Ausg., 28 S., Berlin 1870.
- BOIGK, H.: Vorläufige Mitteilung über eine neue Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Raume Südhannover. — *Geol. Jb.*, **72**, 325—340, 3 Abb., 1 Tab., Hannover 1957.
- : Zur Gliederung und Fazies des Buntsandsteins zwischen Harz und Emsland. — *Geol. Jb.*, **76**, 597—636, 6 Abb., Hannover 1959.
- BRÄUHÄUSER, M.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Schramberg. — 147 S., 1. Auflage, Stuttgart 1909.
- : Beiträge zur Kenntnis des Rotliegenden an der oberen Kinzig. — *Mitt. geol. Abt. württ. Stat. L.A.*, **7**, 11—36, 1 Abb., 1 Taf., Stuttgart 1910.
- BÜCHI, U. P., LEMCKE, G., WIENER, G., & ZIMDARS, J.: Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens. — *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, **32**, 82, 7—38, 17 Fig., Riehen/Basel 1965.
- DEMATHEIU, G., & HAUBOLD, H.: Stratigraphische Aussagen der Tetrapodenfährten aus der terrestrischen Trias Europas. — *Geologie*, **21**, 7, 802—836, 8 Abb., 7 Taf., Berlin 1972.
- DIEDERICH, G.: Fazies, Paläogeographie und Genese des Unteren Buntsandsteins norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **94**, 132—157, 8 Abb., 12 Taf., Wiesbaden 1966.
- : Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in der südlichen Randfazies. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **98**, 81—92, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1970.
- : Die Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **99**, 124—141, 2 Tab., Wiesbaden 1971.
- DIEDERICH, G., & LAEMMLER, M.: Kritische Betrachtungen zur Arbeitsweise im Buntsandstein und zu den Grundlagen einer einheitlichen Buntsandsteinstratigraphie. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **96**, 85—110, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1968.
- DIEDERICH, G., & HICKETHIER, H.: Obere und untere Violette Zone im Nordspessart. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **99**, 193—199, Wiesbaden 1971.
- v. ECK, H.: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Bl. Hayn., 28 S., Berlin 1872.

- : Über die Umgegend von Oppenau. — N. Jb. Min., 71—72, Berlin 1875.
- : Vorläufige Notiz über die den Teilnehmern an der 16. Versammlung des Oberrheinischen Geologischen Vereins vom Gemeinderat der Stadt Lahr dargebotenen Karte der Gegend von Lahr mit Profilen. — Bericht über die XVI. Versammlung des Oberrh. Geol. Ver. zu Lahr in Baden am 29. 3. 1883, 17—31, Stuttgart 1883.
- : Geognostische Karte der Umgebung von Lahr mit Profilen und Erläuterungen. — 113 S., 1 Kte., Lahr 1884 (a).
- : Zur Gliederung des Buntsandsteins im Odenwald. — Z. Dtsch. Geol. Ges., 36, 161—168, Berlin 1884 (b).
- EISSELE, K.: Zur Gliederung des Nordschwarzwälder Buntsandsteins. — Jber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F., 48, 143—158, 3 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1966.
- FALKE, H.: The Continental Permian in North- and South-Germany. — in H. FALKE: Rotliegend, 43—113, 11 Abb., Leiden (E. J. Brill) 1972.
- FRAAS, O.: Vergleichendes Schichtprofil in den Bohrlöchern Dürrenz-Mühlacker und Ingelfingen. — Jh. vaterl. Ver. Naturk. Württ., 15, 327—345, Stuttgart 1859.
- FRANK, M.: Beiträge zur vergleichenden Stratigraphie und Bildungsgeschichte der Trias-Lias-Sedimente im alpin-germanischen Grenzgebiet der Schweiz. — N. Jb. Min., 64, 325—426, 3 Taf., 2 Tab., Stuttgart 1930.
- : Marine Straßen und Faunenwanderwege in Süddeutschland zur Triaszeit. — Geol. Rdsch., 22, 1—11, Stuttgart 1931.
- GALL, J.-C.: Faunes et paysages du Grès à Voltzia du Nord des Vosges. Essai paléocologique sur le Buntsandstein supérieur. — Thèse Université Strasbourg, 249 S., 39 Fig., 56 Taf., Strasbourg 1971.
- GORDON, M. M. O.: Das Grödner-, Fassa- und Enneberg-Gebiet in den Südtiroler Dolomiten. — Abh. Geol. Bundesanst., 24, 1, 376 S., 63 Abb., 27 Taf., 3 Kt., Wien 1927.
- GRUPE, O.: Zur Gliederung des deutschen Buntsandsteins. — Jb. Pr. geol. L.-A., 33, 397—421, Berlin 1914.
- GUDDEN, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Bl. Kulmbach, 154 S., 27 Abb., 1 Taf., München 1955.
- GUNZERT, G.: Die einheitliche Gliederung des deutschen Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 24, 61 S., 14 Abb., 7 Tab., Wiesbaden 1958.
- GWINNER, M. P.: Geologie der Alpen, Stratigraphie, Paläogeographie, Tektonik. — 447 S., 394 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1971.
- HEGENBERGER, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Bl. Burgkunstadt. — 175 S., 6 Abb., 7 Tab., 4 Taf., 3 Beil., München 1968.
- HENRICH, H. W.: Sedimentpetrographische Untersuchungen im Buntsandstein des Saarlandes und der angrenzenden Gebiete. — Ann. Univ. Sarav. Sci., 10, 3, 81—134, Saarbrücken 1962.
- HERRMANN, A.: Epirogenetische Bewegungen im germanischen Buntsandsteinbecken und deren Bedeutung für lithostratigraphische Parallelisierungen zwischen Nord- und Süddeutschland. — Geol. Jb., 81, 11—72, 13 Abb., 3 Taf., 2 Tab., Hannover 1962.
- HILDEBRAND, E.: Geologie und Morphologie in der Umgebung von Wertheim a. M. — Diss., 79 S., 28 Abb., 13 Taf., 1 Kt., Freiburg 1924.
- : Die stratigraphische Stellung des Karneol-Horizontes. — Cbl. Miner., B, 41—49, Stuttgart 1929.
- HINZE, C.: Der Obere Buntsandstein (Röt) im südniedersächsischen Bergland. — Geol. Jb., 84, 637—716, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Hannover 1967.
- HOPPE, W.: Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandsteins im Odenwald. I. Stratigraphie und Fossilführung. — Notizbl. Ver. Erdk. hess. geol. Landesanst. f. 1925, 8, 7—114, 5 Taf., Darmstadt 1926.
- : Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandsteins im Odenwald. II.

Aufsätze

- Petrographie, 1. Struktur des Buntsandsteins und ihre Beziehung zur Einkieselung und Bleichung. — Notizbl. Ver. Erdk. u. Hess. geol. Landesanst. f. 1926, 9, 80—103, 1 Taf., Darmstadt 1927.
- : Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandsteins im Odenwald. II. Petrographie, 2. Die Gemengteile des Buntsandsteins und die Gesteine der einzelnen Buntsandsteinstufen. — Notizbl. Ver. Erdk. u. Hess. geol. Landesanst. f. 1927, 10, 54—105, 3 Abb., 3 Taf., Darmstadt 1928.
- : Zyklische Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Thüringen. — Ber. geol. Ges. DDR, 4, 3—58, 1 Abb., 2 Tab., 2 Taf., Berlin 1959.
- : Das Klima des Thüringer Buntsandsteins. — Geologie, 21, 8, 911—926, 1 Abb., Berlin 1972.
- JUNGWIRTH, J.: Zur Stratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Südthüringen (Wasungen — Sonnenberg). — Geologie, 18, Bh. 66, 1—79, 20 Abb., 8 Tab., Berlin 1969.
- JUX, U., & PFLUG, H. D.: Alter und Entstehung der Triasablagerungen und ihrer Erzvorkommen am Rheinischen Schiefergebirge, neue Wirbeltierreste und das Chirotheriumproblem. — Abh. hess. L.-A. Bodenforsch., 27, 50 S., 11 Abb., 3 Taf., Wiesbaden 1958.
- KEILHACK, K.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten, Bl. Staßfurt. — 126 S., Berlin 1914.
- KLEMM, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen, Bl. Erbach und Michelstadt. — 45 S., Darmstadt 1928.
- KOERT, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Bl. Seehausen. — 58 S., Berlin 1927.
- KOZUR, H.: Vorläufige Mitteilung zur Parallelisierung der germanischen und tethyalen Trias sowie einige Bemerkungen zur Stufen- und Unterstufengliederung der Trias. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 21, 361—412, 1 Taf., Innsbruck 1972.
- KRÄMER, F.: Sedimentuntersuchungen im Mittleren Buntsandstein (sm) Süd-Niedersachsens. — Diss., 181 S., 27 Abb., 15 Tab., 2 Taf., 4 Kt., Frankfurt/M., 1961.
- KRÄMER, F., & KUNZ, H.: Sedimentations-Gesetzmäßigkeiten im Mittleren Buntsandstein am Westrand der Eichsfeld-Schwelle, Teil I: Raum Eschwege. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 12, 712—730, 5 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1969.
- KREBS, B.: Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen, 19. *Ticinosuchus ferox* n. g. n. sp. — Schweiz. pal. Abh., 81, 140 S., 68 Abb., 9 Tab., 3 Taf., Basel 1965.
- : *Ctenosauriscus koeneni* (v. HUENE), die Pseudosuchia und die Buntsandstein-Reptilien. — Ecol. geol. Helv., 61, 2, 697—714, 2 Abb., 2 Taf., Basel 1969.
- KUNZ, H.: Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen im höheren Buntsandstein Ost-hessens. — Diss., 232 S., 13 Abb., 4 Tab., 20 Taf., Frankfurt/M., 1965.
- LAEMMLEN, M.: Die Gliederung des Röt im Raum Bad Hersfeld/Eiterfeld. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 94, 373—378, 1 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1966 (a).
- : Der Mittlere Buntsandstein und die Solling-Folge in Südhessen und in den südlich angrenzenden Nachbargebieten. — Z. Dtsch. Geol. Ges., 116, 908—949, 12 Abb., 4 Tab., 1 Taf., Hannover 1966 (b).
- : Stratigraphische Auswertung einiger Buntsandsteinbohrungen im bayerischen Spessart. — Veröff. Gesch. u. Kunstver. Aschaffenburg, 10, 107—134, 1 Abb., 2 Kt., Aschaffenburg 1967.
- LANGBEIN, R.: Zur Petrologie des Thüringer Buntsandsteins. — Geologie, 19, Bh. 68, 1—131, 36 Abb., 7 Tab., 8 Taf., 22 Anl., Berlin 1970.
- LEMCKE, K., & WAGNER, R.: Zur Kenntnis des vortertiären Untergrundes im Bodenseengebiet. — Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing., 27, 73, 9—14, 1 Fig., Riehen/Basel 1961.
- LEPPER, J.: Neue Ergebnisse lithostratigraphisch-fazieller Detail-Untersuchungen im

- Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein zwischen Fulda und Neckar. — Diss., 189 S., 15 Abb., 4 Tab., 31 Prof., 1 Anl., Würzburg 1970.
- MEYER, H. L. F.: Über Vertretung von Zechstein bei Schramberg. — Jber. u. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N. F., 1, 2, 47—49, Stuttgart 1911.
- MEYER, R. K. F., VIOHL, G., & ZORN, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Bl. Weismain., 160 S., 17 Abb., 4 Tab., 5 Beil., München 1972.
- MOTZKA, R., & LAEMMLEN, M.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. Eiterfeld. — 213 S., 20 Abb., 7 Tab., 5 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1967.
- MÜLLER, E. M.: Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie und Paläogeographie des Oberen Buntsandsteins im Saar-Lothringischen Raum. — Ann. Univ. sarav. Sci., 3, 176—201, 6 Abb., 6 Kt., 6 Taf., Saarbrücken 1954.
- MÜLLER, E. M., & SCHRÖDER, E. (mit Beitrag von SCHMIDT, Wo.): Zur Gliederung und Altersstellung des linksrheinischen Buntsandsteins. — Notizbl. hess. L.-A. Bodenforsch., 88, 246—265, 3 Abb., Wiesbaden 1960.
- MÜLLER, E. M., & KLINKHAMMER, B. F.: Über die Verbreitung der Kreuzbacher Schichten und die Ausbildung der Grenze Oberrotliegendes/Buntsandstein zwischen westlichem Hunsrück und Saarkarbonsattel. — Notizbl. hess. L.-A., 91, 177—196, Wiesbaden 1963.
- NAUMANN, E., & DEUBEL, F.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Bl. Blankenburg. — 2. Aufl., 121 S., Berlin 1930.
- ORTLAM, D.: Geologie der Umgebung von Pfalzgrafenweiler (NE-Schwarzwald) mit besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie des Oberen Buntsandsteins (so). — Unveröff. Diplomarb., 103 S., 4 Taf., 20 Abb., 3 Tab., 2 Kt., Frankfurt/M. 1963.
- : Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. — Diss., 212 S., 43 Abb., 3 Tab., 12 Taf., Frankfurt/M. 1965.
- : Fossile Böden und ihre Verwendung zur Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. — Jber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F., 48, 69—78, 1 Tab., Stuttgart 1966.
- : Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. — Geol. Jb., 84, 485—590, 28 Abb., 4 Tab., 5 Taf., Hannover 1967.
- : Neue Ergebnisse aus dem höheren Buntsandstein des nördlichen Schwarzwaldes und des Kraichgaues. — Geol. Jb., 86, 693—750, 6 Abb., 1 Taf., Hannover 1968.
- : Paläoböden im höheren Buntsandstein des mittleren Schwarzwaldes. — Geol. Jb., 87, 61—88, 9 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Hannover 1969.
- : Eine Strukturkarte des südlichen Kraichgaues. — Geol. Jb., 88, 553—566, 2 Abb., 2 Taf., Hannover 1970 (a).
- : Die Randfazies des germanischen Buntsandsteins im südlichen Schwarzwald. — Geol. Jb., 89, 135—168, 3 Abb., 3 Taf., Hannover 1970 (b).
- : Die Randfazies des Buntsandsteins im Schwarzwald. — Z. Dtsch. Geol. Ges., 121, 99—103, 1 Abb., Hannover 1970 (c).
- : *Eocyclosoaurus woschmidti* n. g. n. sp. — ein neuer Capitosauride aus dem Oberen Buntsandstein des nördlichen Schwarzwaldes. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 9, 568—590, 5 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1970 (d).
- : Paläoböden und ihre Bedeutung in der stratigraphischen und angewandten Geologie. — Jber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F., 53, 171—181, 5 Abb., Stuttgart 1971 (a).
- : Paleosols and their significance in stratigraphy and applied geology in the Permian and Triassic of Southern Germany. — Paleopedology — Origin, Nature and Dating of Paleosols, 321—327, 3 Fig., Jerusalem (Ed.: D. H. Yaalon) 1971 (b).
- : Die Tektonik des nördlichen Schwarzwaldes und ihre Beziehung zum Oberrhein-

Aufsätze

- graben. — Approaches to Taphrogenesis, 160—166, 4 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- PERRIAUX, J.: Contribution à la géologie des Vosges gréseuses. — Mém. serv. carte géol. Als.-Lorr., **18**, 236 S., 10 Taf., 27 Abb., 46 Tab., Straßburg 1961.
- PETER, B.: Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen. 12. *Macrocnemus bassanii* NÖRCSA. — Abh. Schweizer. Pal. Ges., **59**, 140 S., 61 Abb., 9 Taf., Basel 1937.
- PIA, J.: Grundbegriffe der Stratigraphie mit ausführlicher Anwendung auf die europäische Mitteltrias. — 252 S., 3 Abb., Leipzig/Wien (F. Deuticke) 1930.
- PUFF, P., & SEIDEL, G.: Zur faziellen Änderung des Mittleren Buntsandsteins in Ostthüringen. — Geologie, **16**, 3, 289—295, 3 Abb., Berlin 1967.
- RAMBOW, D.: Die Solling-Folge und der untere Röt (Buntsandstein) in der Niederhessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, 83—101, 2 Abb., Wiesbaden 1967.
- RAU, A., & TONGIORGI, M.: The Permian of Middle and Northern Italy. — In: H. FALKE, Rotliegend, 216—280, 12 Abb., Leiden (E. J. Brill) 1972.
- REUL, K.: Geologie des Kartenblattes Thurnau 1 : 25 000. — Erlanger geol. Abh., **6**, 72 S., 1 Taf., 1 geol. Kt., Erlangen 1953.
- RIEBER, H.: Die Grenze Anis/Ladin in den Südalpen. — Eclog. geol. Helv., **60**, 2, 611—614, Basel 1967.
- v. SANDBERGER, F.: Geologische Beschreibung der Gegend von Baden. — Beitr. z. Stat. inn. Verw. Großhztg. Baden, **11**, 66 S., 3 Taf., 2 Kt., Karlsruhe 1861.
- : Geologische Beschreibung der Umgebungen der Renschbäder. — Beitr. z. Stat. inn. Verw. Großhztg. Baden, **16**, 53 S., 2 Taf., 1 Kt., Karlsruhe 1863.
- : Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Karlsruhe. — Verh. nat. Ver. Karlsruhe, **1**, 20—36, Karlsruhe 1864.
- SCHMIERER, Th.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten, Bl. Helmstedt. — 113 S., Berlin 1914.
- SCHNARRENBARGER, K.: Erläuterungen zu Bl. Königsbach. — 58 S., Heidelberg 1914.
- SCHNITZER, W. A.: Violett-Horizonte im ostbayerischen Buntsandstein. — Jber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., **50**, 143—147, Stuttgart 1968.
- SCHROEDER, H., & DAHLGRÜN, F.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Bl. Quedlinburg. — 109 S., Berlin 1927.
- SEIDEL, G.: Zur geologischen Entwicklungsgeschichte des Thüringer Beckens. — Geologie, **14**, Bh. 50, 1—115, 57 Abb., 4 Tab., Berlin 1965.
- : Zur Ausbildung des Oberen Buntsandsteins im östlichen Thüringer Becken. — Geologie, **19**, 5, 514—524, 5 Abb., 1 Tab., Berlin 1970.
- STRIGEL, A.: Zur Paläogeographie des Schwarzwaldes. Die Abrasionsfläche als klimatisch-tektonisches Problem des Oberen Perm. — Verh. natur-med. Ver., Bh., N. F., **15**, 155 S., 1 Kt., 7 Prof., Heidelberg 1922.
- THÜRACH, H.: Erläuterungen zu Bl. Heidelberg. — 3. Aufl., 149 S., Heidelberg 1918.
- TRÜMPY, R.: Mesozoischer Untergrund und ältere Meeresmolasse im schweizerischen und oberschwäbischen Molassebecken. — Erdöl-Z., **78**, 9, 521—527, Wien 1962.
- TRUSHEIM, F.: Wurzelböden im Plattensandstein Mainfrankens. — Zentralbl. Min. Geol. Pal. B., 385—388, 1 Abb., Stuttgart 1937.
- : Zur Gliederung des Buntsandsteins. — Erdöl-Z., **79**, 7, 277—292, Wien-Hamburg 1963.
- WEISSERMEL, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Bl. Kochstedt. — 64 S., Berlin 1926.
- WILD, R.: Die Wirbeltierfaunen der fränkischen und südalpinen Mitteltrias (ein Vergleich). — Z. Dtsch. Geol. Ges., **123**, 229—234, 1 Tab., Hannover 1972.
- ZORN, H.: Mikrofazielle Analyse eines mitteltriassischen Riffkomplexes in den Tessiner Kalkalpen. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **21**, 123—142, 2 Abb., 1 Tab., Innsbruck 1972.