

Paläopedologische Erkenntnisse und Aussagen zur Sequenzstratigraphie des mitteleuropäischen Buntsandsteins

von

Dieter ORTLAM*

mit 3 Abb. und 1 Tab.

Erst-Publikation: 2005; Fassung: 03/2022 (Copyright, alle Rechte vorbehalten)

1. Einleitung

Der Verfasser war >3 Jahrzehnte aktives Mitglied der Stratigraphischen Subkommission „Perm-Trias“ der DUGW und versuchte lange vergeblich, neben den sicher sehr wichtigen lithostratigraphischen Erkenntnissen der vergangenen Jahrzehnte die pedostratigraphischen Forschungsergebnisse der Rotserien (Rotliegendes, Buntsandstein und Keuper) in die bevorstehende Buntsandstein-Monographie zu integrieren. Dies vor allem unter den Aspekten, dass die Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein mit Hilfe des Karneol-Dolomit-Horizontes durch v. SANDBERGER (1864) definiert und die stratigraphische Nutzung der Oberflächen der VH's über große Distanzen (bis 800km) faziesbrechend aufgezeigt wurde. Die wichtigen Erkenntnisse zur Nutzung der paläopedologischen Erkenntnisse des vergangenen Jahrhunderts fanden bisher leider keinen entsprechenden Eingang in die geplante Buntsandstein-Monographie. Ebenso wurde bisher versäumt, ein Kapitel über die so wichtige Bohrloch-Log-Stratigraphie, die hauptsächlich für die Erdöl/Erdgas-Erkundung so große Fortschritte erbrachte, zu erstellen. Deshalb wird nachfolgend versucht, wenigstens die paleopedologischen Erkenntnisse der letzten Jahrzehnte zusammengefasst wiederzugeben. **Nachtrag 05/2014:** Zwischenzeitlich sind beide Kapitel durch entsprechende Fach-Autoren in die gerade erscheinende Buntsandstein-Monographie eingearbeitet worden. „Honi soit qui mal y pense!“

2. Paläopedologische Aussagen

Vor allem im süddeutschen Raum und anschließenden Bereichen bietet der höhere Buntsandstein die Möglichkeit einer Gliederung der Sedimentserien aufgrund neuer paläopedologischer Erkenntnisse, vor allem auf der Basis umfangreicher Geländekartierungen (ORTLAM 1963, 1965, 1970a und b, 1974a). Bereits v. SANDBERGER erkannte 1864 bei der (!)ersten geologischen Kartierung eines Messtischblattes (1:25.000) in Deutschland auf Blatt 6916 Karlsruhe-Durlach den Karneol-Horizont zwischen dem Hauptkonglomerat und dem darüber folgenden, feinkörnigen Plattensandstein und benutzte ihn kartierend als Grenze zwischen Mittleren und Oberen Buntsandstein. Dies ist somit als **Erstdefinition** dieser Grenze anzusehen und besitzt demnach heute noch Gültigkeit. Da er damals noch nicht die paläopedologischen Eigenschaften des Karneol-Horizontes erkannte, legte er ihn noch an die Basis des Oberen Buntsandsteins.

Aber bereits HILDEBRAND (1924, 1929) entdeckte teilweise die paläopedologischen Eigenschaften des Karneol-Horizontes und betrachtete ihn als stratigraphischen Leithorizont zwischen Main und Schwarzwald. Er stufte ihn nämlich als **fossile Landoberfläche** ein, deren Obergrenze logischerweise den Abschluss des Mittleren Buntsandsteins darstellt und

seither übereinstimmend sowie konsequent zum Mittleren Buntsandstein gestellt wird. MÜLLER (1954), MÜLLER & SCHRÖDER (1960), PERRIAUX (1961), GEHENN (1962), ORTLAM (1963 bis 1980), DACHROTH (1967) und LEPPER (1970, 1972) erkundeten dann die wichtigsten paläopedologischen Eigenschaften der zahlreichen Violetten Horizonte (VH 0 bis VH 6) im süddeutschen und ostfranzösischen Raum. Die von KRÄMER (1961) definierte Violette Zone (VZ) in der Hardegsen-Folge Süd-Niedersachsens stellt dagegen ein Sediment mit umgelagerten Bodenmaterial eines VH dar (= Bodensediment). ORTLAM (1967, 1974b, 1980, ergänzt) definierte dann die Obergrenzen der VH's als stratigraphische Zeitmarken überregionaler Bedeutung mit folgenden **26 Argumenten** (Abb. 1), auch wenn DACHROTH (1972) sowie BACKHAUS & HEIM (1995) vergeblich versuchten, die Zeitgleichheit der Violetten Horizonte in Frage zu stellen:

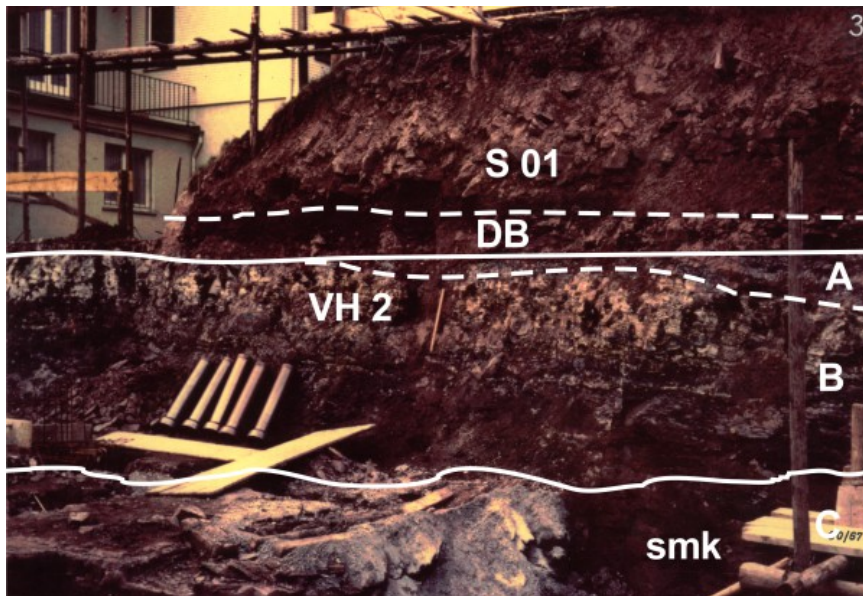


Abb. 1: Violetter (Karneol-)Horizont 2 (VH 2) am Top der Kieseligen Sandsteine (smk), Mittleren Buntsandstein; 2.5-3m mächtig; scharfe und eben gezogene Obergrenze im Gegensatz zur unscharfen Untergrenze des Paläosols mit A-B-C-Profil; so 1 = Untere Sandsteine; smk = Kieselige Sandsteine; Baugrube der Sparkasse Freudenstadt (Nord-Schwarzwald); Maßstab: Hammerstiel = 1m.

- scharfe und oft ebene Obergrenze (= Zeitmarke 1. Ordnung/geologische Wasserwaage)
- unscharfe und verwischte Untergrenze(= Zeitmarke 2. Ordnung, da beginnende Bodenbildung wegen Sedimentationsstillstandes)
- violette bis graublauere Farben im Gegensatz zu den rotbraunen Farben der Sedimente im Liegenden und im Hangenden
- relativ geringe Mächtigkeiten, i. d. R. um 2m, maximal bis 10m bei Bodenstapelungen (= paläopedologisches Telescopung, hiermit) in sedimentationsruhigen Schwellenbereichen z. B. im Südschwarzwald (ORTLAM 1970c, 1974b) und in Oberfranken
- Substrat-unabhängiges Übergreifen und große regionale Ausdehnung (>>100km) der VH's

- Ausbildung von einem (bodenkundlichen) A-B-C-Profil der VH's
- Zunehmende Auflösung der Schichtung von unten nach oben: zunehmende Strukturlosigkeit vom B- zum A-Horizont der VH's
- Verwitterung des C-Horizontes zu Ton-/Schluff-Anreicherungen im A-B-Horizont
- Verwitterung der Feldspäte des C-Horizontes im darüber liegenden A-B-Horizont
- Aussetzung der Kluftbildung aufgrund der kalkig-sulfatischen und bindigen, strukturlosen Bodenmatrix in den VH's mit sekundär, flächenhaft auftretenden, rezenten Quellhorizonten (ORTLAM 1971b)
- Reduzierung (= Verwitterung) des Schwermineralgehaltes in den VH's gegenüber dem C-Horizont
- Auftreten von stark korrodierten Quarzkörnern im A-B-Horizont gegenüber dem C-Horizont
- Mineralneubildungen von Brookit/Anatas (TiO_2) und hellem Glimmer in den VH's
- Red-Bed-Ausscheidungen von Malachit (CuCO_3) und Kupferlasur ($\text{CuCO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$) im A-B-Horizont bzw. dessen Umlagerungsprodukten (u. a. „Dolomit“-Breccienlagen)
- Anreicherung von Eisen-, Mangan-, und Chrom-Verbindungen im A-B-Horizont
- Anreicherung von Phosphat-Verbindungen (u. a. blauer Vivianit) im A-B-Horizont
- Ausscheidungen von Sulfaten (Anhydrit/Gips in Tiefbohrungen noch vorhanden), Karbonaten (Kalk-, „Dolomit“) und Kieselsäure-Verbindungen [u. a. Karneol/Achat bei Temperaturen (!) $<25^\circ\text{C}$, wie bereits von LANDMESSER 1988 angedeutet wird] als Konkretionen, Vertikal- und Horizontal-Krusten sowie Drusenbildungen. Edaphisches Auftreten von Baryt-Konkretionen – verursacht durch ins Grundwasser austretende hydrothermale Ganglösungen und deren ascendente Ausscheidung im B-Horizont des VH 2 (z. B. Raum Freudenstadt im mittleren Schwarzwald, Abb. 2)

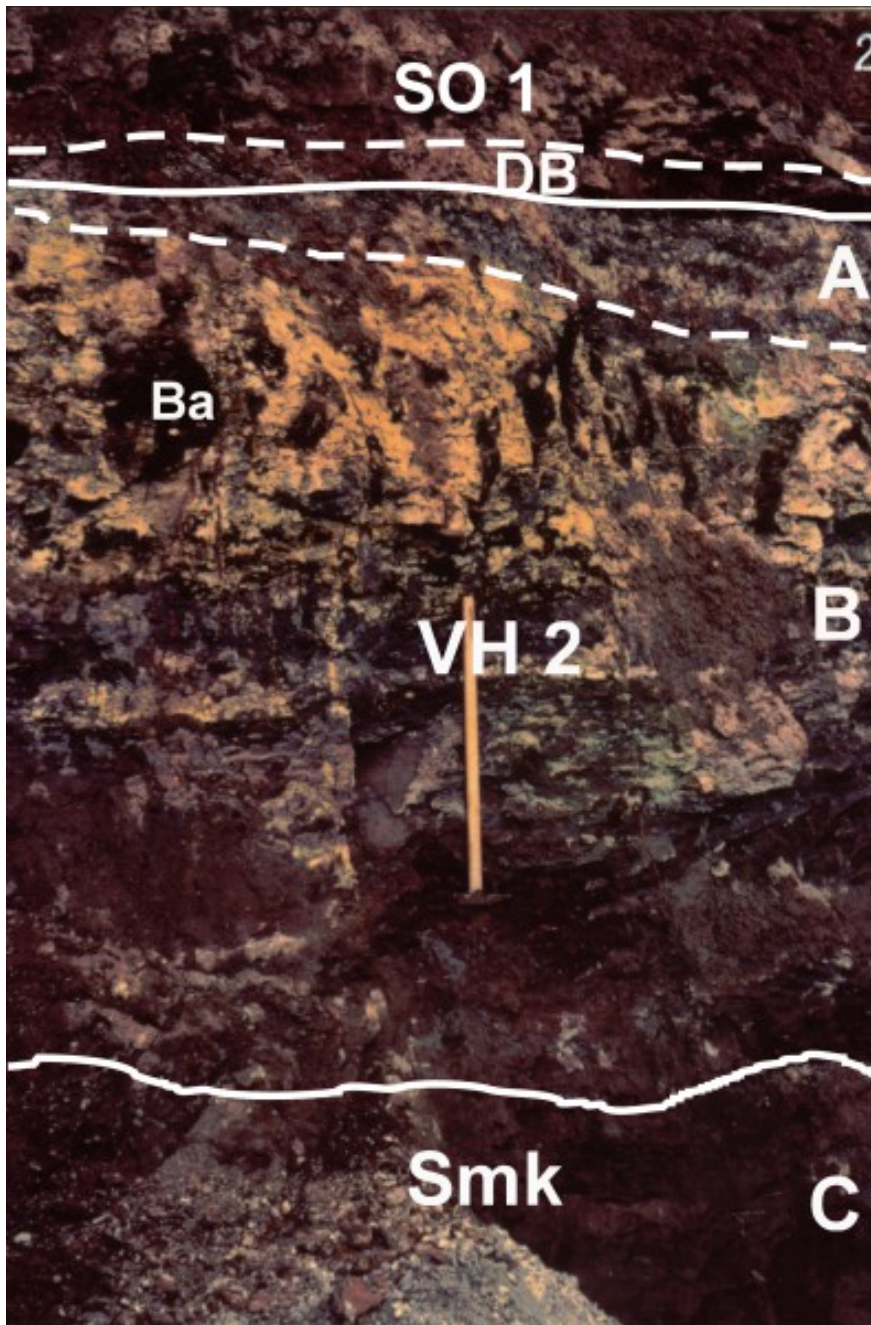


Abb. 2: Violetter (Karneol-)Horizont 2 (VH 2), Ausschnitt aus Abb. 1; Basis der Unteren Sandsteine (so 1) mit „Dolomit“-Breccienlage (DB); Basis des bodendlichen A-Horizontes (A) im B-Horizont (B) mit Krusten und Konkretionen von Sulfaten und Karbonaten (durch vadose Wässer ausgelaugt) sowie von Kieselsäure (z. B. Chalzedon, Jaspis, Karneol und Doppelkopf-Quarzen) und Baryt (Ba). Ausgedehnte Wurzelröhren als (ausgelaugte) Karbonat-Osteokollen im A-B-C-Horizont. Baugrube der Sparkasse Freudenstadt (Nord-Schwarzwald); Maßstab: Hammerstiel = 1m.

- Autochthone Durchwurzelung mit Schachtelhalmen (u. a. *Equisetites*) und Nadelgehölzen (u. a. *Voltzia*) im (bodenkundlichen) A-, B- und C-Horizont als Osteokollen (Sulfat, Karbonat und Kieselsäure) mit einem offenen Wurzelkanal (= Wurzelseele) z. T. mit kohligem (Rest-) Substanz
- Massenhaftes Auftreten von Opalphytolithen (= Kieselkörperchen als Reste der fossilen Equisetiten/Schachtelhalme) in den VH's

- Auftreten von Doppelkopf-Quarzen [bis 2cm Länge, bei Bodentemperaturen (!)<25°C] in den VH's (u. a. Schramberg-Sulgen, Hotzenwald)
- Aufspaltung der VH's in tektonisch aktiven, erzgebirgisch streichenden Beckenbereichen (z. B. Kraichgau-Becken, Offenburger Becken, Schramberger Becken) – hervorgerufen durch eine geringe Sedimentation (= lokale Unterbrechung der Bodenbildung) entlang der Beckenachsen von SW nach NE
- Hydrogeologische Anzeichen für Staunässe (Pseudogley-) Böden mit ascendenten und descendenten Ausscheidungsvorgängen geochemischer Prezipitate im B-Horizont (Horizontal- und Vertikal-Krusten und Konkretionen) bzw. C-Horizont (u. a. Kieselige Sandsteine, smK = Felssandstein nördlich des Mains)
- Nachweis von fossilen Grundwasserspiegelflächen mit geringen Flurabständen über ausgedehnte Gebiete im Schwarzwald (ORTLAM 1968, 1969a), so dass damals nur geringe morphologische Geländeunterschiede im Meterbereich wahrscheinlich sind
- Bonebed-Lagen in den (aufgearbeiteten) „Dolomit“-Breccien direkt über den VH's
- Auftreten von Fährten-Horizonten direkt über den VH's (z. B. Thüringischer und Fränkischer Chirotheriensandstein = Rötquarzit)
- Auftreten der zwischen Main und Hochrhein weit verbreiteten, geringmächtigen, hellen, z. T. kieseligen *Corophioides*-Bank (= Grenzquarzit) direkt über dem Violetten Horizont 4 (VH 4)

All die Vielzahl (26!) dieser Beobachtungen sowie die rotbraunen Farben der zwischengeschalteten Sedimente sprechen **gegen eine Wüstenablagerung** des (höheren) Buntsandsteins, die seit Johannes WALTHER (um 1900) in den Köpfen mancher (oft unbelesener) Geowissenschaftler der letzten 100 Jahre und sogar in rezenten Lehrbüchern immer noch herumspukt (Slogan „Die Wüste ist rot“). WALTHER war damals auf einer Expedition in der südarabischen Wüste Ar-Rub al Hali, die aufgrund der Rotgesteine ihres Untergrundes tatsächlich rot eingefärbt ist und diese edaphische Sekundärfarbe aber von WALTHER nicht erkannt wurde (freundliche Mitteilung von Herrn Prof. Dr. E. BECKSMANN, Freiburg/Brsg. im Jahre 1965). Bekanntlich stellen sich die Wüsten unserer Erde allgemein in hellen Farben dar, wie sich jeder durch die heute zahlreich vorliegenden Bilddokumentationen (u. a. Satellitenaufnahmen) selbst überzeugen kann. Außerdem sprechen die Fakten mit den vielen pflanzlichen und tierischen Fossilien (ORTLAM 1967, 1968, GALL 1971 und MADER 1990, 1992) für ein Bildungsmilieu des (höheren) Buntsandsteins in einer subtropisch-humiden bis semiariden Zone (=Savannen-Gürtel), wofür es auch genügend paläomagnetische Hinweise zur damaligen fossilen Lage des Äquators gibt (RUNCORN 1962). Auch der Begriff „Tigersandstein“ (= rostfleckiger Sandstein) im Unteren Buntsandstein des Schwarzwaldes wurde im 19. Jahrhundert durch zahlreiche Autoren (u. a. v. ECK 1875, 1884a, 1884b) zoologisch falsch interpretiert (eher „Leoparden-Sandstein“) und sollte heute eigentlich neutral als „Sprenkelsandstein“ oder „Fleckensandstein“ (hiermit bezeichnet werden.

Im höheren Buntsandstein Süddeutschlands treten nun verstärkt die Violetten Horizonte als Fazies-durchschneidende, paläopedologische Elemente überregional auf (ORTLAM 1974b), deren Oberflächen als hervorragende Zeitmarken zu stratigraphischen Korrelierungen herangezogen werden können. Vorher ist jedoch grundsätzlich zu prüfen, inwieweit die Oberflächen dieser Violetten Horizonte, die auch im Oberrotliegenden (VH 0) und im Keuper (u. a. VH A) auftreten, tatsächlich isochrone Einheiten darstellen, wie dies BACKHAUS & HEIM (1995) mit folgendem Argument bezweifelten: zuerst Bodenbildung überall, dann einsetzende Sedimentation im Becken bei fortlaufender Bodenbildung auf der Schwelle ergäbe dann keine Isochronie der Bodenoberflächen, was grundsätzlich richtig ist. Folgende elf Argumente sprechen jedoch für die Isochronie der VH-Oberflächen in Süddeutschland (ORTLAM 1974b, 1980 mit Ergänzungen):

- Transgression über unterschiedliche Ausgangssedimente (= Substrate: Sandsteine, Konglomerate, Granite, Gneise).
- Durchschneidung verschiedener Sediment-Fazies-Bereiche.
- Transgression über Becken und Schwellen (u. a. erzgebirgisch streichend)
- Flächen- Erosion von Teilen der VH's und Ablagerung als Basis-Schüttungszyklus in Form von „Dolomit“-Breccien mit intraformationalen, eckigen, graublauen (= **echte Originalfarbe!**) Geröllen und mit Bonebeds in einem einzigen Sedimentationszyklus (Abb. 3).

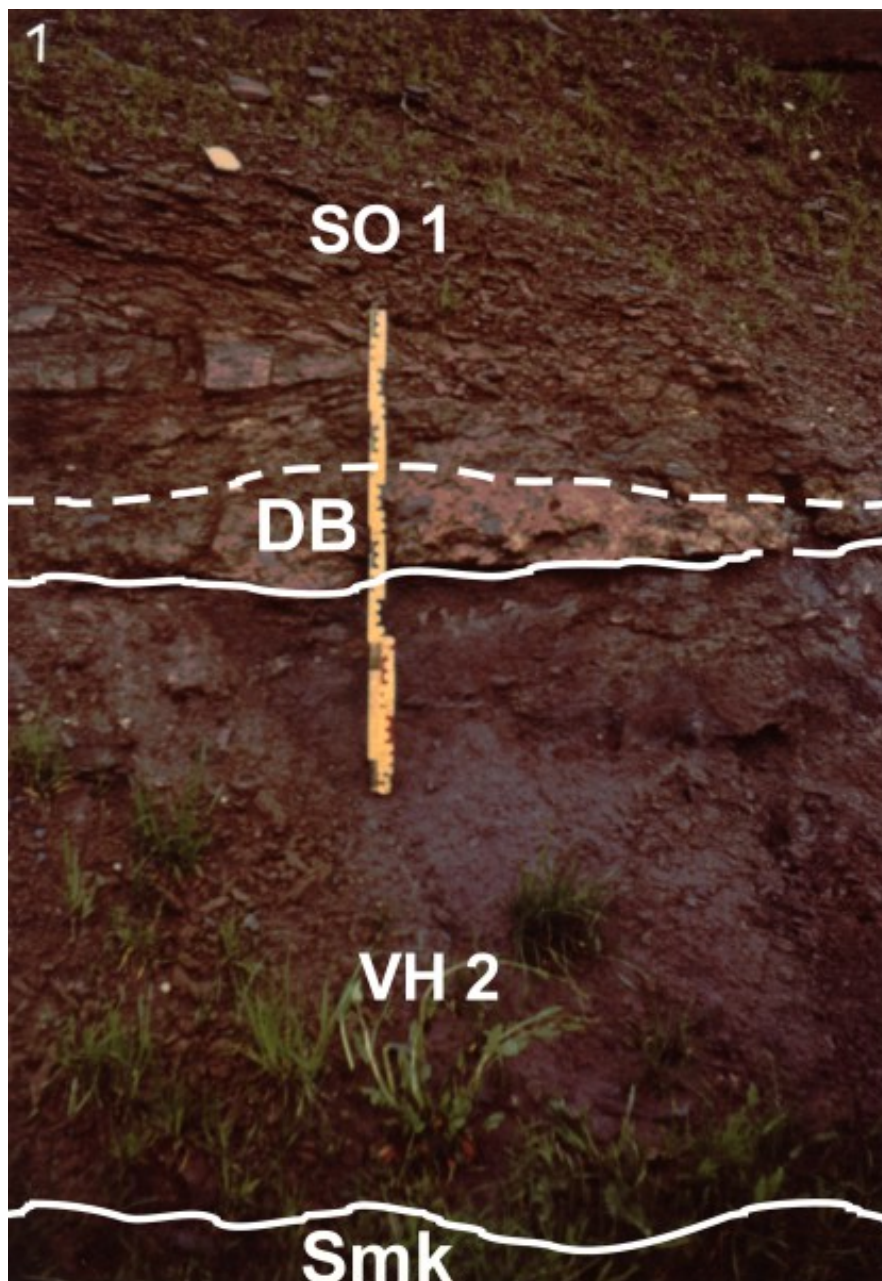


Abb. 3: Violetter (Karneol-) Horizont 2 (VH 2) mit starker sekundärer Mächtigkeitsreduktion (= 1.5m) über den unterlagernden Kieseligen Sandsteinen (smk) am Top der Nordschwarzwälder Schwelle und mächtiger, schräggeschichteter „Dolomit“-Breccienlage (DB) mit umgelagerten eckigen, graublauen VH 2-Geröllen und Bonebeds an der Basis der Unteren Sandsteine (so 1); Straßenanschnitt der Umgehungsstrasse S Tiefenbronn, NW Weil der Stadt (Nord-Schwarzwald).

- Keine oder nur geringe Reliefunterschiede (< 2m) der VH-Oberflächen über große Distanzen, wobei sich die epirogenen Bewegungen von Becken (und Schwellen) durch lokale VH-Aufspaltungen klar abzeichnen.
- Überregionales Auftreten von relativ geringmächtigen Fährten-Horizonten direkt über den Violetten Horizonten 2 und 5 (u. a. Thüringischer bzw. Fränkischer Chirotherien-Sandstein = Rötquarzit zwischen Thüringen und Süd-Schwarzwald).
- Überregionales Auftreten der geringmächtigen und z. T. kieseligen *Corophioides*-Bank (= Grenzquarzit) als flache und weiträumige Meeres-Ingression direkt über dem Violetten Horizont 4 zwischen Main und Hochrhein.
- Überregionale Parallelität der Oberflächen der Violetten Horizonte 5 und 6 zur dünnen „MeBlatte“, zur geringmächtigen *Arenicolites/Myophorien*-Bank (= Grenze Obere und Untere „Röttone“, so 4) und zur Buntsandstein/Muschelkalk-Grenze als ziemlich isochrone Ingressionsmarken südlich des Mains („Geo-Harmonie“ nach TRUSHEIM)
- Überregionale Parallelität der Oberflächen der Violetten Horizonte 1 bis 4 („Geo-Harmonie“ nach TRUSHEIM)
- Paläo-hydrogeologische Beobachtungen zu den unterschiedlichen fossilen Grundwasser-Flurabständen zwischen Becken- und Schwellen-Gebieten mit ascendenten bzw. descendenten geochemischen Präzipitaten (Kieselsäure, Karbonate und Sulfate)

Es ist nun sehr auffällig, dass im Bereich der Sedimentserien des höheren Buntsandsteins von Süddeutschland fast keine fossilen biogenen Reste gefunden wurden, im Gegensatz zur ungewöhnlich starken Fundsituation im Bereich der Violetten Horizonte, insbesondere deren „Dolomit“-Breccienlagen (= Chaos-Schichten, hiermit, Tsunamite) mit ihrer starken, vivianitisierten (= blauen) und z. T. (durch ein Big-Event, z. B. Groß-Tsunami) mazzertierten Knochenführung (= Bonebeds).

Trotz der geringen Mächtigkeit der VH's in Bezug auf das Sediment im Liegenden im Verhältnis 1:10 bis 1:100 -- die maximal 200m mächtige Solling-Folge im Norden wird z. B. durch den nur 2m mächtigen Violetten (Karneol-) Horizont 2 im Süden repräsentiert -- ergibt sich für die Zeitdauer der Bildung dieser beiden Einheiten genau das Gegenteil. Während die mächtigen und fossilereen Sedimentserien relativ schnell geschüttet wurden und das vorliegende Relief nahezu einebneten, ergaben sich beim folgenden Sedimentationsstillstand ungewöhnlich lange Zeiten für die unterschiedliche Herausbildung und Reifung der Violetten Horizonte als fossile Böden mit den entsprechenden Fossilanreicherungen direkt über den VH's. Wahrscheinlich stecken in den geringmächtigen Violetten Horizonten etwa 99% der Zeit, während auf die mächtigen Sedimentserien nur etwa 1% der Bildungszeit des Sequenz-Zyklus entfallen dürften. Dadurch können nun viele bisher offene Fragen jetzt besser beantwortet werden.

Die Korrelierung lithostratigraphischer Einheiten lässt sich anhand der Violetten Horizonte hervorragend integrieren und überprüfen, zumal deren Oberfläche z. B. des Violetten (Karneol-) Horizontes 2 (VH 2) zwischen dem Fläming bei Magdeburg im Norden über mehr als 800km bis ins Massif de la Serre bei Dijon (Burgund/Frankreich) im Süden verfolgt und kartiert werden kann, was im europäischen Rahmen durchaus rekordverdächtig ist. Die anderen Violetten Horizonte lassen sich immerhin auf Entfernungen zwischen 150km und 300km korrelieren (ORTLAM 1974b). Es wäre daher in Zukunft angebracht und äußerst zweckmäßig, diese paläopedologischen Erkenntnisse zur stratigraphischen Korrelierung im Buntsandstein (= Pedostratigraphie, hiermit) ähnlich wie jene der Log-Stratigraphie (hiermit; z. B. Gamma-Ray, Density, Resistivity) konsequenter zu nutzen. Dies war bisher kaum der Fall und wird nun sogar in der bevorstehenden Buntsandstein-Monographie unterschlagen (zwischenzeitlich jedoch integriert durch entsprechende Fach-Autoren).

Außerdem bieten sich vom großen süddeutschen Buntsandsteinbecken auch interessante, direkte Korrelationsmöglichkeiten mit marinen, orthostratigraphischen Einheiten der anis-ladinischen Tethys-Abfolge über die Vindelizische Schwelle und das Gotthard-Aare-Massiv hinweg nach Süden an, die zukünftig genutzt werden sollten (z. B. Auswertung der zahlreichen Kernbohrungen im schweizerischen Unterland). Lithostratigraphie, Log-Stratigraphie und Pedostratigraphie sollten sich daher in Zukunft optimal ergänzen, um ein Maximum an Erkenntnissen zu gewinnen. Einseitige lithostratigraphische Forschungen führen daher nicht zu optimierten Grundlagen für eine sichere stratigraphische Korrelation in diesem sehr fossilarmen Buntsandstein, der sich den einschlägigen orthostratigraphischen Methoden bisher so vehement entzieht.

Eine sequenzstratigraphische Abfolge lässt sich im höheren Buntsandstein Süddeutschlands anhand der sechs Violetten Horizonte als fossile Böden unschwer erkennen, so dass die von BOIGK (1956, 1959) in Norddeutschland entwickelten Sohlbank-Zyklen für ganz Süddeutschland unschwer übernommen werden können. Der von WOLBURG (1961, 1968) entwickelte Dachbank-Zyklus ist hierbei nicht sinnvoll zu gebrauchen. Folgende Korrelation kann bei Anwendung des Sohlbank-Zyklus durchgeführt werden (Tab. 1):

Norddeutschland	Süddeutschland
Toniges Endglied (u. U. Karbonate, Sulfate, Salze)	Fossiler Boden (Violetter Horizont = Sedimentationsstillstand)
Feinkörnige Sandstein-Serie (mit Ton-/Schlufflagen)	Plattensandsteine z. T. millimetergeschichtet (mit Ton-/Schlufflagen)
Grobe Basal-Schüttung z. T. konglomeratisch	Schüttung der „Dolomit“-Breccien (Bonebeds/Chaos-Schichten) mit groben Komponenten
Toniges Endglied (u. U. Karbonate, Sulfate, Salze)	Fossiler Boden (Violetter Horizont)

Tabelle 1: Sedimentologische und paläopedologische Korrelationen im Germanischen Buntsandstein-Becken.

Die für Nord- und Süddeutschland **unabhängig voneinander konzipierte und publizierte** Gliederung des Röt (= Oberer Buntsandstein) nach Sediment-Zyklen (HINZE 1967) bzw. paläopedologischen Zyklen (ORTLAM 1967) in vier Abschnitte (so 1 bis 4), die zwischenzeitlich allgemein anerkannt ist (HERRMANN 1962, KRÄMER & KUNZ 1969), dürfte ein Meilenstein für eine beweiskräftige, sinnvolle Korrelation litho- und pedostratigraphischer Einheiten im so fossilarmen Buntsandstein Mitteleuropas sein. Nach einer Bemerkung von Prof. Dr. F. TRUSHEIM (ehemaliger Chefgeologe der BEB, Hannover) anlässlich einer mehrtägigen Schwarzwald-Buntsandstein-Exkursion in den Jahren 1966 und 1969 unter den neuen paläopedologischen und pedostratigraphischen Aspekten der geologischen Großraumschnittbilder: „Ein bemerkenswertes synoptisches Konzept der Geo-Harmonie!“

3.Literatur

BACKHAUS,E. & HEIM, D. (1995): Die fluvio-lakustrine Fazies des Übergangsbereiches Plattensandstein/Rötquarzit (Oberer Buntsandstein) im mittleren Odenwald unter besonderer Berücksichtigung der Violetten Zone. – Geol. Jb. Hessen, **123**: 49-68, 11 Abb., 1 Taf., Wiesbaden.

- BOIGK, H. (1956): Vorläufige Mitteilung über eine neue Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Raume Südhannover. – Geol. Jb., **72**: 325-340, 3 Abb., 1 Tab., Hannover.
- BOIGK, H. (1959): Zur Gliederung und Fazies des Buntsandsteins zwischen Harz und Emsland. – Geol. Jb., **76**: 597-636, 6 Abb., Hannover.
- ECK, H. v. (1875): Über die Umgebung von Oppenau. – N. Jb. Miner., : 66-69, Stuttgart.
- ECK, H. v. (1884a): Geognostische Karte der Umgebung von Lahr mit Profilen. – 115 S., 1 Taf., 1 Kt., Lahr.
- ECK, H. v. (1884b): Zur Gliederung des Buntsandsteins im Odenwald. – Z. Deutsch. Geol. Ges., **36**: 161-168, Berlin.
- DACHROTH, W. (1967): Stratigraphie und Tektonik im Hauptbuntsandstein des östlichen Saarlandes. – Ann. Univ. Sarav., **5**:173-219, 21 Abb., Saarbrücken.
- DACHROTH, W. (1972): Der Obere Buntsandstein im Saarland. – Oberhein. geol. Abh., **21**:117-144, 7 Abb., 1 Taf., Karlsruhe.
- GALL, J.-Cl. (1971): Faunes et paysage du Grès à Voltzia du Nord des Vosges. –Essai paléoécologique sur le Buntsandstein supérieur. – Thèse Université de Strasbourg, 249 S., 39 Abb., 20 Tab., 36 Taf., Strasbourg.
- GEHENN, R. (1962): Feinstratigraphische Untersuchungen im Oberen Buntsandstein der Kraichgauumrandung. – Inaug. Diss. Universität Heidelberg.
- HERRMANN, A. (1962): Epirogene Bewegungen im Germanischen Buntsandsteinbecken und deren Bedeutung für lithostratigraphische Parallelisierungen zwischen Nord- und Süddeutschland. - Geol. Jb., **81**:11-72, 13 Abb., 2 Tab., 3 Taf., Hannover.
- HILDEBRAND, E. (1924): Geologie und Morphologie in der Umgebung von Wertheim a. M. – Diss. Uni Freiburg/Brsg., 79 S., 28 Abb., 13 Taf., 1 Kt., Freiburg/Brsg.
- HILDERAND, E. (1929): Die stratigraphische Stellung des Karneol-Horizontes. – Cbl. Miner. B:41-49, Stuttgart.
- HINZE, C. (1967): Der Obere Buntsandstein (Röt) im südniedersächsischen Bergland. – Geol. Jb., **84**:637—716, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Hannover.
- KRÄMER, F. (1961): Sediment-Untersuchungen im Mittleren Buntsandstein (sm) Süd-Niedersachsens. – Inaug. Diss. Uni Frankfurt/M., 181S., 27 Abb., 15 Tab., 7 Taf., 4 Ktn., Frankfurt/M.
- KRÄMER, F. & KUNZ, H. (1969): Zum Sedimentationsablauf im Buntsandstein. – Erdöl u. Kohle, **22**:187-192, 1 Abb., Hamburg.
- LANDMESSER, M. (1988) Bau und Bildung der Achate. – Lapis, **13**:11-28, 40 Abb., München.
- LEPPER, J. (1970): Neue Ergebnisse lithostratigraphisch-fazieller Detail-Untersuchungen im Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein zwischen Fulda und Neckar. – Inaug. Diss. Uni Würzburg, 189 S., 15 Abb., 4 Tab., 31 Prof., 1 Anl., Würzburg.
- LEPPER, J. (1972): Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen im Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein zwischen Fulda und Neckar. – Geol. Jb., **90**: 463-500, 10 Abb., 2 Tab., 1 Taf., Hannover.
- MADER, D. (1990): Palaeoecology of the Flora in Buntsandstein and Keuper in the Triassic of Middle Europe. – Vol. 1: Buntsandstein, 936 S., 66 figs., 46 tabl., 78 pl., (G. Fischer) Stuttgart-New York.
- MADER, D. (1992): Evolution of Palaeoecology and Palaeoenvironment of Permian and Triassic Fluvial Basins in Europe. – Vol. 1 Western and Eastern Europe, 738 S. 52 figs., 87 tab., 40 pl., (G. Fischer) Stuttgart-New York.
- MÜLLER, E. M. (1954): Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie und Paläogeographie des Oberen Buntsandsteins im Saar-Lothringischen Raum. – Ann. Univ. sarav. Sci., **3**: 176-201, 6 Abb., 6 Taf., 6 Ktn., Saarbrücken.

- MÜLLER, E. M. & SCHRÖDER, E. (mit einem Beitrag von Wo. SCHMIDT, 1960): Zur Gliederung und Altersstellung des linksrheinischen Buntsandsteins. – Notizbl. Hess. L.-A. Bodenf., **88**: 246-265, 3 Abb., Wiesbaden.
- ORTLAM, D. (1963): Geologie der Umgebung von Pfalzgrafenweiler (NE-Schwarzwald) mit besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie des Oberen Buntsandsteins (so). - Dipl.-Arbeit Uni Frankfurt/M., 103 S., 20 Abb., 3 Tab., 4 Taf., 2 Ktn., Frankfurt/M.
- ORTLAM, D. (1965): Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. – Inaug. Diss. Uni Frankfurt/M., 212 S., 43 Abb., 3 Tab., 12 Taf., Frankfurt/M..
- ORTLAM, D. (1967): 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.
- ORTLAM, D. (1968): Neue Ergebnisse aus dem höheren Buntsandstein des nördlichen Schwarzwaldes und des Kraichgaues. – Geol. Jb., **86**: 693-750, 6 Abb., 1 Taf., Hannover.
- ORTLAM, D. (1969): Paläoböden im höheren Buntsandstein des mittleren Schwarzwaldes. – Geol. Jb., **87**: 61-88, 9 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Hannover.
- ORTLAM, D. (1970a): Eine Strukturkarte des südlichen Kraichgaues. – Geol. Jb., **88**: 553-566, 2 Abb., 2 Taf., Hannover.
- ORTLAM, D. (1970b): Interferenzerscheinungen rheinischer und variszischer Strukturelemente im Bereich des Oberrheingrabens. - In: Graben Problems (Ed.: H. ILLIES & St. MUELLER): 91-97, 4 figs., (E. Schweizerbart) Stuttgart.
- ORTLAM, D. (1970c): Die Randfazies des germanischen Buntsandsteins im südlichen Schwarzwald. – Geol. Jb., **89**: 135-168, 3 Abb., 3 Taf., Hannover.
- ORTLAM, D. (1971a): Paleosols and their significance in stratigraphy and applied geology in the Permian and Triassic of Southern Germany. – In: Paleopedology – Origin, Nature and Dating of Paleosols (Ed.: D. H. YAALON): 321-327, 3 figs., Jerusalem.
- ORTLAM, D. (1971b): Paläoböden und ihre Bedeutung in der stratigraphischen und angewandten Geologie. – Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **53**:171-181, 5 Abb., Stuttgart.
- ORTLAM, D. (1974a): Die Tektonik des nördlichen Schwarzwaldes und ihre Beziehung zum Oberrheingraben. – In: Approaches to Taphrogenesis (Ed.: H. ILLIES & K. FUCHS): 160-166, 4 figs., (E. Schweizerbart) Stuttgart.
- ORTLAM, D. (1974b): Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa. – Geol. Rdschau, **63**,3: 850-884, 29 Abb. 3 Tab., Stuttgart.
- ORTLAM, D. (1980): Erkennung und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Locker- und Festgesteinen. – Geol. Rdschau, **69**, 2:581-593, 8 Abb., Stuttgart.
- PERRIAUX, J. (1961): Contribution à la géologie des Vosges gréseuses. – Mém. Serv. carte géol. Als.-Lorr., **18**: 1-236, 27 Abb., 46 Tab., 10 Taf., Strasbourg.
- RUNCORN, S. K. (1962): Paleomagnetic Evidence for Continental Drift and its Geophysical Cause. – In: Continental Drift (Ed.: S. K. RUNCORN), Intern. Geophys. Ser., **3**:1-40, New York-London.
- SANDBERGER, F. v. (1864): Erläuterungen der geologischen Karte der Umgebung von Karlsruhe. – Verh. naturkdl. Ver., **1**: 20-36, 1 Kt., Karlsruhe.
- WOLBURG, J. (1961): Sedimentationszyklen und Stratigraphie des Buntsandsteins in Nordwestdeutschland. – Geotekt. Forsch., **14**: 7-74, 17 Abb., 5 Tab., 12 Taf., Stuttgart.
- WOLBURG, J. (1968): Vom zyklischen Aufbau des Buntsandsteins. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1968**,9:535-559, 12 Abb., Stuttgart.

* **Autorenadresse und Copyright:** Dir. u. Prof. Dieter Dr. ORTLAM, Hardenbergstr. 103; D-28201 Bremen.
