Mitt. POLLICHIA	86	7 – 33	13 Abb.	2 Tab.	Bad Dürkheim 1999
					ISSN 0341-9665

Jahn J. HORNUNG

Eine Ichnofauna aus dem klastischen Zechstein (oberes Perm) vom Wolfsberg bei Neustadt a. d. Weinstraße und Anmerkungen zur Paläogeographie/Paläoökologie des kontinentalen Zechstein in der Pfälzer Synform (Pfalz)

Kurzfassung

HORNUNG, J. J. (1999): Eine Ichnofauna aus dem klastischen Zechstein (oberes Perm) vom Wolfsberg bei Neustadt a. d. Weinstraße und Anmerkungen zur Paläogeographie/Paläoökologie des kontinentalen Zechstein in der Pfälzer Synform (Pfalz). – Mitt. POLLICHIA, **86**: 7 – 33, Bad Dürkheim

Eine Assoziation von Ichnofossilien aus dem klastischen, marginalen Zechstein (Annweiler-Sandstein) der Vorderpfalz (Raum Neustadt a. d. Weinstraße) wird beschrieben. Sie besteht aus *Arenicolites* isp., *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD 1831), *Palaeophycus triadicus* (FLICHE 1906), *Phycodes* isp., Repichnium 1 und *Monocraterion spuhleri* isp. nov. *Monocraterion spuhleri* wurde als charakteristische Leitform für den fluviatilen klastischen Zechstein in der Pfalz erkannt. Die Bezeichnung Queich-Schichten wird für den „Oberen Sandstein" und den Eschbacher Sandstein vorgeschlagen und diese als terrestrische Basisschichten des Zechstein im diskutierten Gebiet interpretiert.

Die Rothenberg-Schichten (=„Untere Leberschiefer" und Zechsteinkarbonate) werden als pelitisch-karbonatische, vollmarine bis intertidale Schichten des Zechstein in der Pfalz definiert und für die „Oberen Leberschiefer" der Terminus Speyerbach-Schichten vorgeschlagen. Im lagunären Teil dieser Schichten tritt eine von *Thalassinoides paradoxicus* dominierte Ichnofauna auf, in den oberen fluviatilen Schüttungen der Annweiler-Schichten wird sie komplett von *Monocraterion spuhleri* n. isp. abgelöst.

Abstract

HORNUNG, J. J. (1999): Eine Ichnofauna aus dem klastischen Zechstein (oberes Perm) vom Wolfsberg bei Neustadt a. d. Weinstraße und Anmerkungen zur Paläogeographie/Paläoökologie des kontinentalen Zechstein in der Pfälzer Synform (Pfalz)

[An ichnofauna from the clastic Zechstein (upper Permian) of the Wolfsberg near Neustadt a. d. Weinstraße and comments on the palaeogeography/palaeoecology of the continental Zechstein in the Palatine synform (Palatinate)]. – Mitt. POLLICHIA, **86**: 7 – 33, Bad Dürkheim

An association of ichnofossils from the clastic, marginal Zechstein (Annweiler beds, upper Permian) of the eastern Palatinate (area of Neustadt a. d. Weinstrasse) is described. It contents *Arenicolites* isp., *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD 1831), *Palaeophycus triadicus* (FLICHE 1906), *Phycodes* isp., Repichnium 1 and *Monocraterion spuhleri* isp. nov.. *Monocraterion spuhleri* has been identified as a characteristic index fossil for the clastic fluvial Zechstein of the Palatinate. The new term Queich beds is proposed for the „Oberer Sandstein" (=„Upper Sandstone") and the Eschbach sandstone, representing a basal terrestrial deposit in the area discussed herein during the earlymost Zechstein times.

The Rothenberg beds are beds defined as the pelitic-carbonatic, fully marine to intertidal unit of the Zechstein of the Palatinate and the term Speyerbach beds is proposed for the „Obere Leberschiefer". In the lagoonal part of these beds, the *Thalassinoides paradixicus* association is dominating. In the upper fluvial deposits of the Annweiler beds they are completely replaced by *Monocraterion spuhleri* isp. nov..

Résumé

HORNUNG, J. J. (1999): Eine Ichnofauna aus dem klastischen Zechstein (oberes Perm) vom Wolfsberg bei Neustadt a. d. Weinstraße und Anmerkungen zur Paläogeographie/Paläoökologie des kontinentalen Zechstein in der Pfälzer Synform (Pfalz)

[Une ichnofaune du Zechstein (Permien supérieur) du Wolfsberg près de Neustadt a. d. Weinstrasse et des remarques concernant la paléogéographie/paléoécologie du Zechstein continental de la synforme du Palatinat (Palatinat)]. – Mitt. POLLICHIA, **86**: 7 – 33, Bad Dürkheim

Une association d'ichnofossiles du Zechstein clastique et marginal (couches d'Annweiler) du Palatinat oriental (région de Neustadt a. d. Weinstrasse) est décrite. Elle est composée de *Arenicolites* isp., *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD 1831), *Palaeophycus triadicus* (FLICHE 1906), *Phycodes* isp., Repichnium 1 et *Monocraterion spuhleri* isp. nov.. *Monocraterion spuhleri* a été reconnu comme forme indicatrice caractéristique pour le Zechstein fluvio-clastique dans le Palatinat. L'appellation „couches de Queich" est proposé pour le „Oberer Sandstein" (grès supérieur) et le grès d'Eschbach. Cette unité est interprétée dans la région étudiée comme des couches de base terrestres du Zechstein. Les „couches de Rothenberg" (=„Untere Leberschiefer" et carbonates du Zechstein) sont définie comme une unité carbonato-pélitique, marine à intertidal du Zechstein du Palatinat. Pour les „Obere Leberschiefer" le terme „couches de Speyerbach" est proposé. Dans la partie lagunaire de cette unité apparaît une ichnofaune dominée par *Thalassinoides paradoxicus*. Dans les accumulations fluviales supérieures des couches d'Annweiler il est complètement remplacé par *Monocraterion spuhleri*.

1. Einleitung

In den Rotsedimenten des Perm und der Untertrias Mitteleuropas sind Körperfossilien eher die große Ausnahme. Dafür liegen eine Vielzahl von Ichnofaunen aus diesem Zeitraum vor, die sowohl ein reiches Wirbellosen-, (z. B. POLLARD 1981) als auch Wirbeltierleben dokumentieren (z. B. HAUBOLD 1974). Im Pfälzer Raum sind besonders die Schichten des Rotliegend reich an Ichnofossilien (s. u. a. HEIDTKE 1990, SCHULTHEISS 1990, STAPF & SUES 1974). Als weiteres und wohl bekanntestes Beispiel sei hier nur das *Chirotherium* KAUP aus dem Mittleren und Oberen Buntsandstein erwähnt.

In jüngster Zeit wurden klastische Sedimente der Ostpfalz (Untere Leberschiefer, Annweiler-Schichten, Obere Leberschiefer) und des Saar-Nahe-Beckens (Winterbach-Schichten), die vorher dem Oberrotliegend oder dem Unteren Buntsandstein zugeordnet wurden, als klastische Äquivalente des normalerweise karbonatischen Zechstein erkannt (EL OUENJLI & STAPF 1995, DITTRICH 1996). Bis dahin wurde nur eine geringmächtige, karbonatische Zone, die bereits von GÜMBEL (1894) am Wolfsberg bei Neustadt identifiziert worden war, als Zechstein aufgefaßt, der obere Untere Leberschiefer, die Annweiler-Schichten und Obere Leberschiefer (Gesamtmächtigkeit ca. 80 m) wurde dagegen dem Unteren Buntsandstein zugeordnet. Diese Grenzziehung wurde inzwischen revidiert, die Perm-Trias-Grenze liegt jetzt an der Basis der Trifels-Schichten (Subkommission Perm-Trias 1993, weitere Details s. DITTRICH 1996).

Wie für Rotsedimente typisch, sind Körperfossilien sehr selten, bis in jüngere Zeit waren Funde auf die Karbonate beschränkt (SPUHLER 1957) (Die Karbonate sind in die basale Zone der „Unteren Leberschiefer" eingelagert [SCHWEISS 1984], daher werden sie hier als Teil dieser lithostratigraphischen Einheit aufgefaßt), SCHWEISS (1984) und MUNK in DITTRICH (1996) konnten sie jedoch auch in den hangenden Klastika bis ca. 5 m über die Basis der „Unteren Leberschiefer" nachweisen. Die Fauna ist als vollmarin aufzufassen. Darüberhinaus stellte bereits SPUHLER (1957) ein für die Annweiler-Schichten charakteristisches Auftreten vertikaler „Wurmröhren" (*Monocraterion spuhleri* n. isp., s. u.) fest. Er verwendete sie seinerzeit, um den „Unteren Buntsandstein" vom „Zechstein/Rotliegenden" zu trennen. Zusätzlich zu dieser Form kommt an der Basis der Annweiler-Schichten am Wolfsberg eine relativ diverse Ichnofauna vor, die im Folgenden beschrieben werden soll. Körperfossilien fehlen von hier bisher.

2. Lokalität und Stratigraphie

2.1 Regionaler paläogeographischer und stratigraphischerRahmen des Zechstein

Die Untersuchungen der jüngsten Zeit haben gezeigt, daß die klastische Randfazies des Zechstein in der Pfalz ziemlich vielfältig ausgebildet ist. Sie kam innerhalb einer als „Pfälzer Synform" (STAPF 1997) bezeichneten Depressionsstruktur zur Ablagerung, die morphologisch als Mulde in Erscheinung tritt (ohne einer solchen im tektonischen Sinne zu entsprechen). Die Entstehung der Pfälzer Synform ist im Zusammenhang mit der Aufwölbung des Pfälzer Gewölbes zu sehen, die spätestens ab dem Rotliegend, wahrscheinlich ab dem Oberkarbon durch die Intrusion saurer und basischer Magmen im Raum des zentralen Saar-Nahe-Beckens erfolgte (s. z. B. GRIMM & STAPF 1991). Die Achse der Pfälzer Synform verlief während des Zechstein etwa auf einer Linie Saarunion-Bitsch-Annweiler (DACHROTH 1988). Die Synform ist im N durch das Pfälzer Gewölbe, im S durch die Nordvogesen-Schwelle begrenzt. Die Sedimentation stellt jeweils spiegelbildlich eine Abfolge von alluvialen Fächern am Fuß der Schwellen zu fluviatiler Sedimentation parallel der Synformachse dar. Der Transport erfolgte in Richtung der Synform-Achse bis zum Eintrag in das Zechsteinmeer. Im Rotliegend war im Raum Neustadt-Albersweiler eine kleine Schwellenzone vorhanden (Haardt-Schwelle), die die variscisch streichende Fortsetzung der Odenwald-Spessart-Schwelle darstellt. Von dieser waren zur Zeit der Zechstein-Sedimentation nur noch wenige Antiformstrukturen aktiv, wie etwa das Burrweiler und das Neustadter Hoch (s. 5.1). Ihr Einfluß auf die Sedimentation kann insgesamt als gering eingeschätzt werden.

Nach den zuerst von GÜMBEL (1894) als Zechstein angesprochenen Karbonatbänkchen wurden in neuerer Zeit auch der Obere Sandstein, die Annweiler-Schichten, die oftmals gröberen Sandsteine und Konglomerate der Stauf-Schichten, die Glaukonit-führenden, lithoklastreichen Sandsteine der Winterbach-Schichten und die Oberen Leberschiefer als Zechstein identifiziert. Die dunkelroten, z. T. bröckeligen Tonsteine, in denen die Karbonatbänkchen eingelagert sind, wurden vereinzelt als Untere Leberschiefer interpretiert. Diese Deutung kann jedoch nicht aufrecht erhalten werden (s. unten). Im Folgenden soll ein Überblick über die Einordnung und Beschaffenheit dieser stratigraphischen Einheiten gegeben werden. Einen Überblick über die hier beschriebenen Einheiten geben Abb. 1 und 2.

a) Queich-Schichten
(Term. nov. für: Oberer Sandstein und Eschbacher Sandstein)
s. HENTSCHEL 1963, DACHROTH 1988, DITTRICH 1996
Mächtigkeit: 25 – 75 m.

Begründung der Neubenennung: Der ursprüngliche Name „Oberer Sandstein" für die Basisfolge des Zechstein in der Südpfalz bezog sich auf die bis HENTSCHEL (1963) ange-

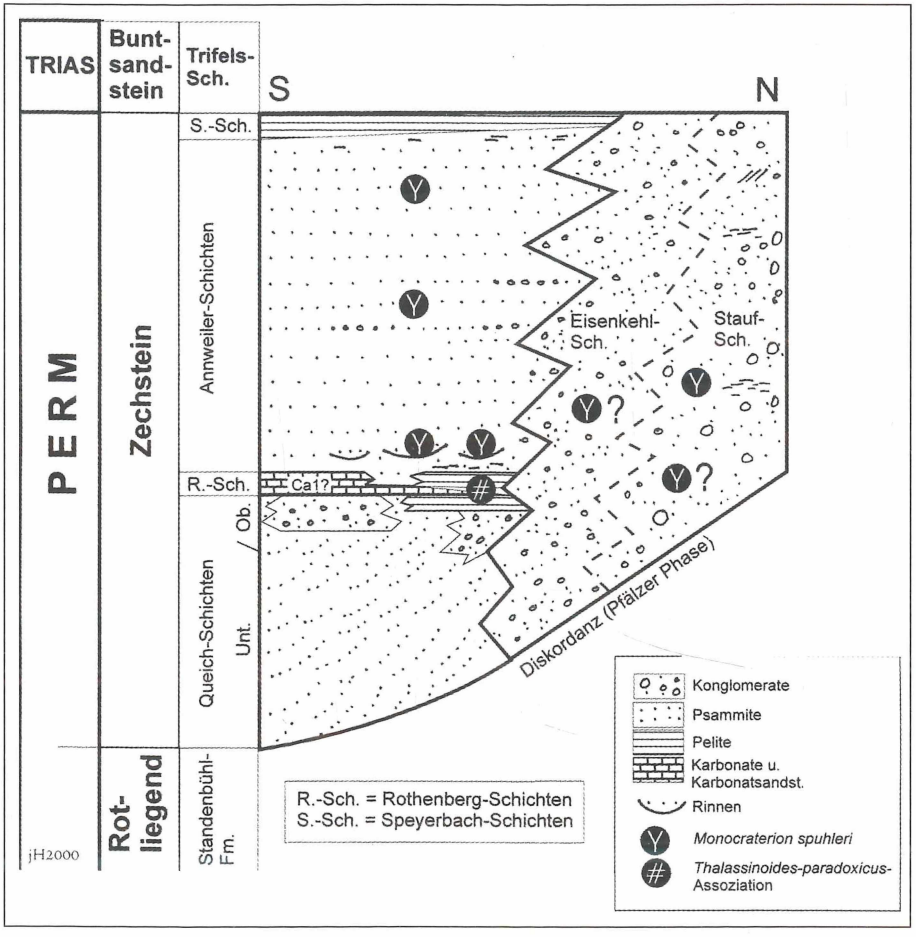
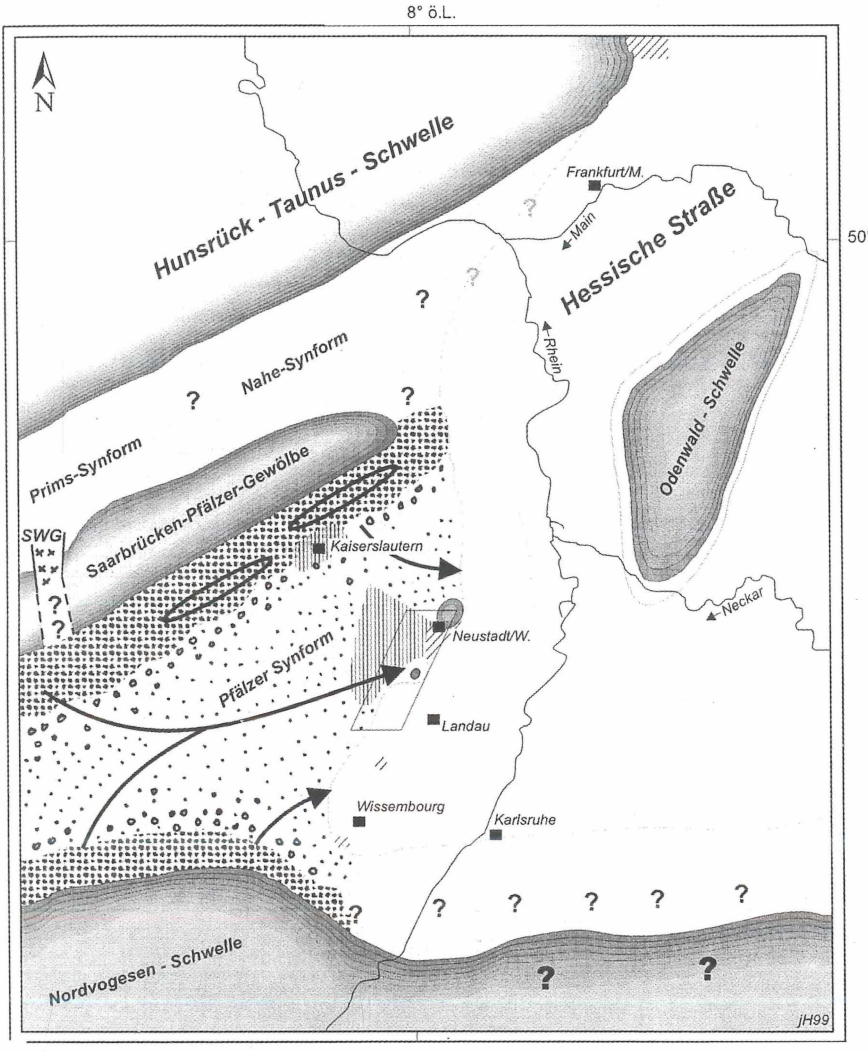


Abb. 1: Gliederung des randnahen Zechstein in der Pfalz und im Elsaß (in Klammern: Schichtbezeichnungen im Elsaß). In Anlehnung an HENTSCHEL 1963, PAUL 1985, DACHROTH 1988.

Abb. 2: Paläogeographische Rekonstruktion des südwestdeutschen Raumes zu Beginn der Ablagerung des Annweiler-Sandsteins. In Fortsetzung der Sedimentationsgeschichte des Rotliegend füllen klastische, kontinentale Sedimente die Pfälzer Synform, als Liefergebiete dienen im N das Saarbrücken-Pfälzer-Gewölbe und im S die Nordvogesen-Schwelle. Vom Synformrand zur Achse hin kommt es zu einer Abfolge von groben, alluvialen Schwemmfächersedimenten (Stauf-Schichten) über gröberfluviatile „(Eisenkehl-Schichten, DACHROTH 1988)" zu feinpsammitisch-fluviatilen und lagunären (Annweiler-Sandstein) Sedimenten. Dieses Randbecken öffnet sich nach E hin zum Zechstein-Meer. Reste der Haardt-Odenwald-Schwelle treten im E noch als unbedeckte Hochgebiete zutage. Die paläogeographische Situation in den nördlich des Saarbrücken-Pfälzer-Gewölbes gelegenen Prims- und Nahe-Synformen muß stark hypothetisch bleiben. Das Vorkommen von Glaukonit in den Winterbach-Schichten könnte einen kurzzeitigen marinen Vorstoß (Pfeil) in die nordpfälzischen Synformen andeuten.
SWG = St. Wendeler-Graben. Das in Abb. 13 dargestellte Gebiet ist eingerahmt. Für weitere Erläuterungen s. Text.
Entworfen nach Angaben bei HENTSCHEL 1963, PAUL 1985, DACHROTH 1988, EL OUENJLI & STAPF 1995, ANSEL 1996, DITTRICH 1996.



20 km

LEGENDE

Max. Ausdehnung des Zechsteinmeeres	Karbonatfazies, randlich klastisch beeinflußte Lagunalfazies (Rothenberg-Sch.)	Marin	
Winterbach-Schichten	Küstensabkha		
Annweiler Sandstein und Eisenkehl-Schichten	Küstensabkha?, fluviatile Klastika		
Stauf-Schichten	Fluviatil, aeolisch, proximale Alluvialfächer	Konti-nental	?

Ichnocoenosen (bekanntes Verbreitungsgebiet):

Monocraterion spuhleri

Thalassinoides-paradoxicus-Assoziation

? Vermutete ehem. Zechsteinsedimente

Fluviatiler Transport

Hochgebiet

Spezialtröge

Möglicher mariner Einfluß

nommene stratigraphische Position am Top des Rotliegend. Sie ist irreführend in Bezug auf die basale Lage im Zechsteinprofil. Der Eschbacher Sandstein wird als Untereinheit (Obere Queich-Schichten angegliedert, da er eine regionale Sonderfazies im Pfälzer Zechstein vor der z1-Transgression darstellt. Die Bezeichnung Queich-Schichten bezieht sich auf das charakteristische Auftreten im Tal der Queich im Raum Annweiler.

Untere Queich-Schichten (≙ „Oberer Sandstein"):
Überlagert diskordant die Standenbühl-Formation (Rotliegend)
Rote, rotbraune bis rotviolette Psammite, recht einheitlich, an der Basis vereinzelte Tonlinsen, im höheren Profil jedoch einheitlich psammitisch, häufig schwach verfestigt, ins Hangende schalten sich im W des Verbreitungsgebiets Konglomerate ein.
Die ursprünglich als „Oberer Sandstein" dem Oberrotliegend zugeordnete Abfolge wurde von HENTSCHEL (1963) aufgrund der diskordanten Auflagerung auf dem Rotliegend dem Zechstein zugeordnet und als fluviatile Schüttung von W vor der Transgression des Zechsteinmeeres (Rothenberg-Schichten, s. u.) interpretiert. Nach DACHROTH (1988) handelt es sich demgegenüber um äolische Sedimente.

Obere Queich-Schichten (≙ Eschbacher Sandstein):
Geringmächtige Abfolge am Top des „Oberen Sandsteins", die von DACHROTH (1988) abgegliedert wurde, um die fluviatilen Partien von den äolischen abzutrennen. Es handelt sich um fein- bis mittelkörnige Sandsteine mit gelegentlicher Geröllführung, die als fluviatile Schüttung in einen lagunären Bereich am Rand des Zechsteinmeeres eingetragen wurden. Faziell entsprechen sie dem Annweiler-Sandstein.

b) Rothenberg-Schichten [≙ Waldrohrbach-Schichten von DITTRICH in HEITELE & KÄRCHER 1997]
(Term. nov. für: Untere Leberschiefer, „Zechsteinkarbonate", „Zechsteinpelite")
s. GÜMBEL 1894, THÜRACH 1914, MEHLIS 1917, SPUHLER 1957, HENTSCHEL 1963, SCHWEISS 1984, PAUL 1985, DACHROTH 1988, DITTRICH 1996, LAVEN 1996, HEITELE & KÄRCHER 1997
Mächtigkeit: ca. 3 – 10 m

Begründung der Neubenennung: Die ursprünglich bereits von GÜMBEL (1894) beschriebene, geringmächtige, marine Folge des Zechstein in der Pfalz ist nach der neueren stratigraphischen Zuordnung liegender und hangender, klastischer Partien zum Zechstein (Thuringium) mit der Bezeichnung „Zechstein" nicht mehr ausreichend gekennzeichnet. Die Basispelite der AnnweilerSchichten („Unt. Leberschiefer") sind faziell von denen des „Zechstein" nicht zu trennen (außer in An- bzw. Abwesenheit von Fossilien, DACHROTH 1988), so daß keine Begründung für eine Abtrennung gesehen werden kann. Da die „Unteren Leberschiefer" keinesfalls mit den Bröckelschiefern des hessischen Zechstein korreliert werden können (s. u.), muß auch hier eine Homonymie sicher ausgeschlossen werden. Der Name Rothenberg-Schichten bezieht sich auf das typische, von SCHWEISS (1984) detailliert beschriebene Profil am Rothenberg bei Eschbach unterhalb der Madenburg.

Überlagert die Queich-Schichten.

Dunkelrote bis violette, dünnbankige, z. T. bröckelige Pelite mit Bleichungsflecken und -bändern. Im unteren Abschnitt sind mehrere Karbonatbänke eingeschaltet, die im S eine marine Zechsteinfauna führen. Ins Hangende nehmen Pelite und Feinsandsteine zu, in diesen konnten ebenfalls marine Fossilien nachgewiesen werden (MUNK in DITTRICH 1996). Im gesamten Profil erscheinen dolomitisierte Partien.

In den von HENTSCHEL (1963) aufgenommenen Profilen aus der Region um Annweiler bildet eine etwa 30 cm mächtige Dolomitsandsteinbank den Top des „Zechstein"

(~Rothenberg-Schichten). Nach N (etwa nördlich von Edenkoben) reduzieren sich die Südpfälzer Zechsteinkarbonate auf eine geringmächtige dolomitische Zone, wie sie von GÜMBEL (1894) im Wolfsbergtunnel nachgewiesen wurde. Die Fossilführung setzt aus. Da auch die hangenden Pelit-Psammit-Wechselfolgen noch partiell dolomithaltig sind und genetisch ins Intertidal (und somit noch marin) einzustufen sind, wird hier vorgeschlagen, die „Leberschieferfazies" der hier als Rothenberg-Schichten beschriebenen Einheit (sensu HENTSCHEL 1963) anzugliedern, die damit der kompletten marinen Teil-Abfolge des Zechstein in der Pfalz entspricht.

Die Abgrenzung der Rothenberg-Schichten gegen die hangenden, limnisch-fluviatilen Annweiler-Schichten ist allerdings problematisch, da die oberen Abschnitte der Rothenberg-Schichten teilweise psammitisch, die unteren Teile der Annweiler-Schichten dagegen teilweise pelitisch ausgebildet sind. Für den Wolfsberg wird eine Grenzziehung an der Basis der Rinnensande vorgeschlagen, da die Rothenberg-Schichten als sub- bis intertidale Bildung (z. T. lagunär) im Litoralbereich zu interpretieren sind und fluviatile Einschaltungen und Schüttungen die Annweiler-Schichten charakterisieren.

Die Rothenberg-Schichten sind komplett in den z1 zu stellen (SCHWEISS 1984, PAUL 1985, DACHROTH 1988). Nach der Gliederung von DACHROTH (1988: 281) wurden die hangenden pelitischen Folgen als „Untere Leberschiefer (=Bröckelschiefer)" interpretiert. Damit wären sie mit den Unteren Bröckelschiefern des klastischen Zechstein in Hessen zu korrelieren, die dem Zechsteinzyklus z7 zuzuordnen sind (HORN et al. 1993). Somit würden für die gesamten Annweiler-Schichten und die Oberen Leberschiefer nur noch der z8 verbleiben. Im Elsaß sind allerdings sämtliche Zyklen in der Fazies der Annweiler-Schichten nachgewiesen (KÄDING & KULICK in HORN et al. 1993). Die Rothenberg-Schichten repräsentierten vermutlich den z1 [s. a. SCHWEISS (1984), im Gegensatz zu HENTSCHEL (1963), der sie mit dem z4 parallelisierte]. Die Karbonatbänkchen dürften als W-Ausläufer des Ca1 zu interpretieren sein, der im Kraichgau noch mit 22,6 m Mächtigkeit erbohrt wurde (KÄDING & KULICK in HORN et al. 1993).

Offenbar setzte die Schüttung der Annweiler-Schichten im S früher ein als im N: Bei Annweiler überlagern sie direkt die oben erwähnte Karbonatsandsteinbank, nach N verzahnen sie sich noch mit etwa 12 m (DACHROTH 1988) der „Leberschiefer"-Pelite, die im S fehlen („Nördliche Fazies", HENTSCHEL 1963). Der Bereich der Faziesverzahnung liegt bei Weyher/Pfalz (HENTSCHEL 1963, LAVEN 1996).

c) Annweiler-Schichten (≙ Annweiler-Sandstein)

s. GÜMBEL 1894, SPUHLER 1957, FRENZEL 1964, EMMERMANN et al. 1987, DACHROTH 1988, BAUER 1993, DITTRICH 1996

Mächtigkeit: 50 – 60 m

Rote Fein- bis Mittelsandsteine mit kieseligem Zement, und vereinzelt dolomitischen Partien an der Basis mit zahlreichen Ton- und Siltsteinlinsen und -bänken. Die Sandsteine sind teils massig, teils dünnbankig oder schräggeschichtet und weisen häufig grüne Bleichflecken auf. Keine konglomeratischen Lagen. Auftreten von Rinnensanden. Körperfossilien fehlen, Ichnofossilien sind mitunter häufig (*Monocraterion spuhleri* n. isp., Leitcharakter, s. u.). Der pelitreiche basale Abschnitt ist wohl noch marin (Inter- bis Supratidal) geprägt (fluviatile Schüttungen in Lagunen, DACHROTH 1988), der fluviatile Einfluß nimmt ins Hangende deutlich zu.

Die Annweiler-Schichten repräsentieren in der Pfalz vermutlich die Zyklen z2 – z6. Im Elsaß (couches d'Annweiler) entsprechen sie der kompletten Zechsteinfolge (KÄDING & KULICK in HORN et al. 1993). Die marin-lagunäre Fazies der Rothenberg-Schichten fehlt dort.

Ins Hangende nimmt der Tongehalt wieder zu, der Übergang zu den Speyerbach-Schichten ist fließend.

d) Speyerbach-Schichten
(Term. nov. für: Obere Leberschiefer)
s. GÜMBEL 1894, SPUHLER 1957
Mächtigkeit: 5 – 8 m

Rote bis violette, bröckelige Pelite. An der Basis Psammite, zum Teil in Wechsellagerung mit Peliten.

Lagunäres Bildungsmilieu ist anzunehmen. Der Name bezieht sich auf das Speyerbachtal, an dessen Flanken das Schichtglied gelegentlich aufgeschlossen ist und einen markanten Quellhorizont bildet.

Überlagert durch Unteren Buntsandstein (Trifels-Schichten).

e) Stauf-Schichten (incl. Eisenkehl-Schichten nach DACHROTH 1988)
s. SPUHLER 1957, WURFSCHMIDT 1982, REGENBERG 1983, DACHROTH 1988, HEITELE & KONRAD in DITTRICH 1996, DITTRICH 1996
Mächtigkeit: 80 – 205+?m

Lithologisch sehr variable Abfolge klastischer Sedimente [vgl. Abb. 1], die Korngröße variiert von Feinsand („Formsande") bis Geröll. Die höheren Stauf-Schichten vertreten die Annweiler-Schichten als grobklastisches Äquivalent im NW. Sie setzen sich aus Abtragungsprodukten des Pfälzer Gewölbes (Schwemmfächer, Fanglomerate, Schichtflutsedimente, aber auch fluviatile und evtl. sogar äolische Partien) zusammen. Lokal zu beobachtendes Schichteinfallen nach N (!) und markante Mächtigkeitszunahmen nordwestlich von Landstuhl wurden als Ausdruck eines variscisch streichenden Spezialtroges interpretiert (DITTRICH 1996). Im Raum Kaiserslautern-Hochspeyer scheint eine Übergangsfazies zu den Annweiler-Schichten entwickelt zu sein, die möglicherweise partienweise unter Sabkha-Bedingungen entstanden ist (DITTRICH 1996). Hier kommt auch *Monocraterion spuhleri* n. isp. vor. Nordöstlich Zweibrücken (Bohrung Landstuhl 1) sind in die oberen Bereiche der Formsande (Schichtflutsedimente n. DACHROTH 1988) schokoladenbraune Pelite eingeschaltet (DITTRICH 1996). Eine fluviatile Übergangsfazies (braided-river-Sedimente) zwischen den Alluvialfächern der eigentlichen Stauf-Schichten und den Küstenebenensedimenten der Annweiler-Schichten im Raum Frankenstein beschrieb DACHROTH (1988) als Eisenkehl-Schichten.

Fazielle Äquivalente der Stauf-Schichten im Elsaß stellen die Senones-Schichten und die Nideck-Fanglomerate am N-Rand der Nordvogesen-Schwelle dar (DACHROTH 1988).

Sie werden überlagert durch Unteren Buntsandstein (Trifels-Schichten).

f) Winterbach-Schichten
s. EL OUENJLI 1995, EL OUENJLI & STAPF 1995, DITTRICH 1996
Mächtigkeit: max. 200 m

Feinkörnige dolomitische Litharenite im St. Wendeler Graben (Saar-Nahe-Becken). Die Sedimente liegen dem Rotliegend diskordant auf (EL OUENJLI 1995), führen Glaukonit und wurden als marin beeinflußte Sabkha-Ablagerungen interpretiert (EL OUENJLI & STAPF 1995).

EL OUENJLI & STAPF (1995: Abb. 11) vermuteten eine marine Beeinflussung des Sedimentationsmilieus der Winterbach-Schichten über eine Küsten-Sabkha, die sich etwa im Bereich der Pfälzer Synform und mithin im Sedimentationsraum der Annweiler-Schichten befand. Der St. Wendeler Graben befindet sich aber an der NW-Flanke des Pfälzer Gewölbes (EL OUENJLI & STAPF 1995: Abb. 2), das während der Sedimentation der Annweiler-Schichten (bzw. Stauf-Schichten) als aktive Schwelle fungierte (DACHROTH 1988) und einen marinen Einfluß von SE unwahrscheinlich macht. Wahrscheinlich fand dieser eher von NE über die Nahe-Synform statt, in der aber alle eventuell ehemals vorhandenen Zechsteinsedimente erosiv fehlen (oder aber noch nicht erkannt sind?).

2.2 Geographische Lage des Untersuchungsgebiets

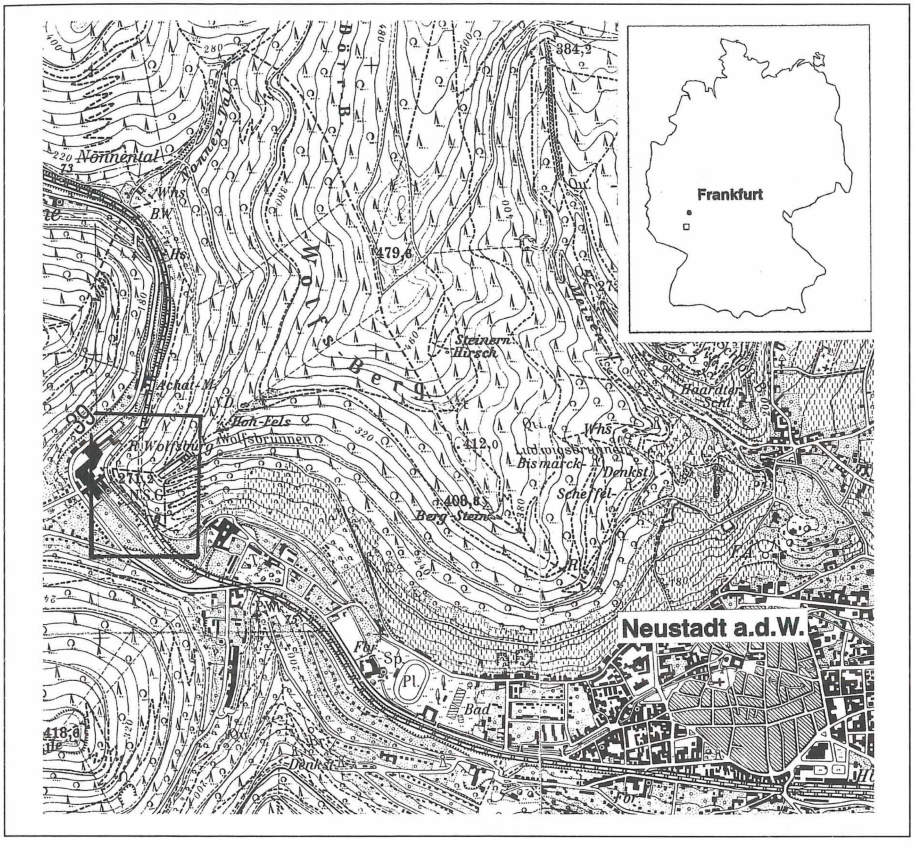


Abb. 3: Lage des Untersuchungsgebiets. Einrahmung = Gebiet in Abb. 4.

Die Hauptlokalität (im Folgenden als Lokalität A bezeichnet) liegt am Wolfsberg westlich Neustadt an der Weinstraße im alten Steinbruch (untere Sohle) oberhalb des Ostportals des Wolfsbergtunnels im Hang unterhalb der Wolfsburg (etwa 180 m ü. NN). Die meisten Funde konnten dort 1995 gemacht werden, als der Bruch im Zuge einer Entbuschungsmaßnahme des Trockenbiotops am Wolfsburgtunnel durch die POLLICHIA-Ortsgruppe Neustadt weitgehend vegetationsfrei war und gute Untersuchungsmöglichkeiten bestanden. Diese Maßnahme erfaßt jedoch seit 1996 nicht mehr den Steinbruch (frdl. mündl. Mitt. K. Hünerfauth), deswegen ist die Bruchsohle seither stark mit Brombeergestrüpp überwuchert. Als Lokalität B soll hier der Steilhang bezeichnet werden, der sich am Pfad vom Parkplatz am Ende der Wolfsburgstraße zur Lokalität A hinzieht. Der Pfad quert etwa 8–10 m des anstehenden Profils, dieses ist aber teilweise (besonders in den tieferen = östlichen Partien) durch Gehängeschutt verdeckt. Der Hang ist durch die Entbuschung seitens der POLLICHIA nach wie vor gut zugänglich. Lokalität C schließlich liegt in einem kleineren Steinbruch direkt am Westportal des Wolfsbergtunnels, ca. 300 m nordwestlich von Lokalität A entfernt (Luftlinie) auf etwa 175 m ü. NN.

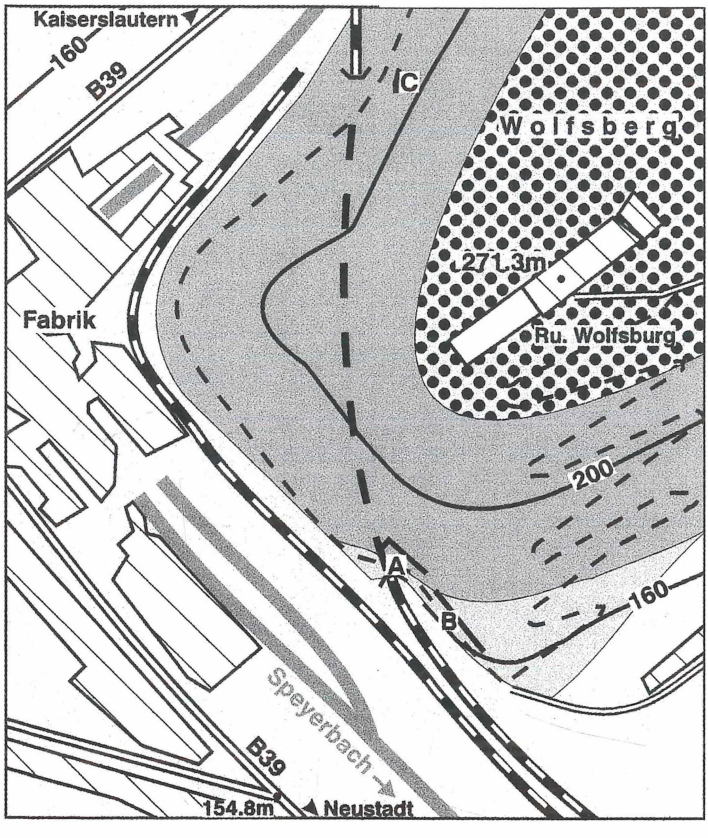


Abb. 4: Geologische Übersichtsskizze des Wolfsbergs mit den Lokalitäten A-C, n. BAUER 1993 u. eigenen Beobachtungen

2.3 Zechstein-Stratigraphie am Wolfsberg

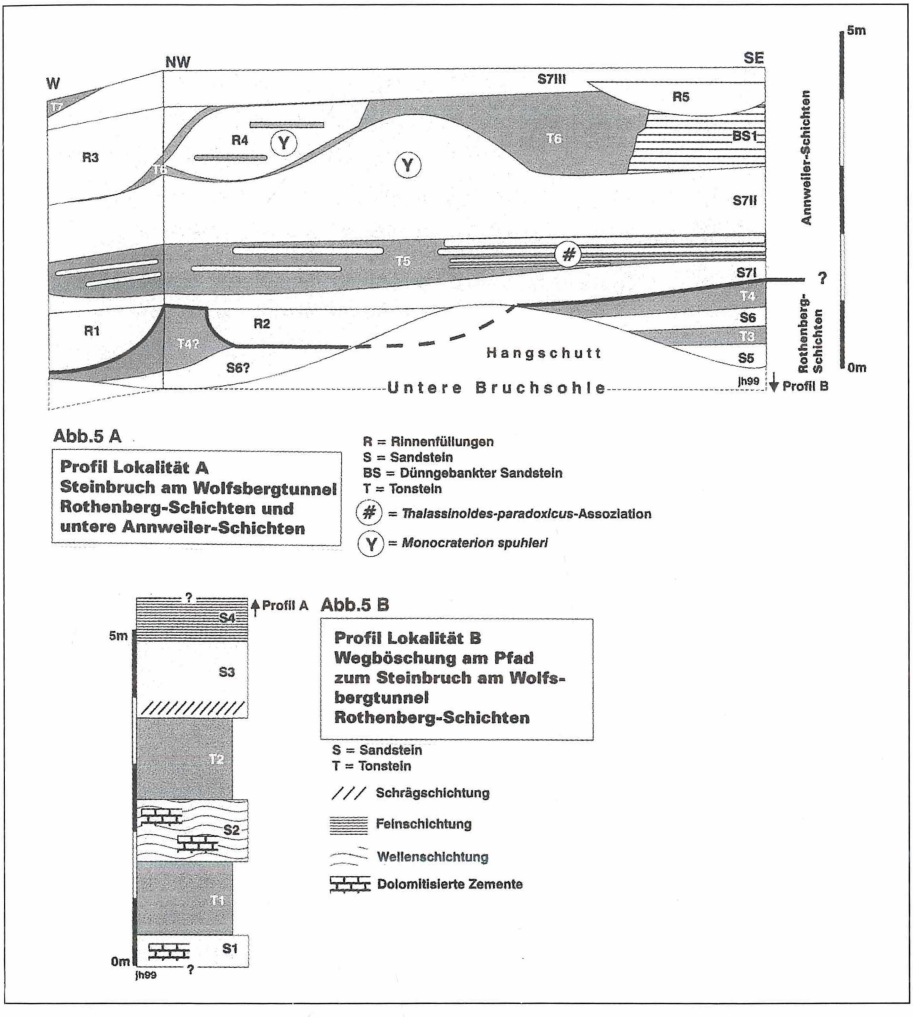


Abb. 5a: Profil der Rothenberg-Schichten und der unteren Annweiler-Schichten im Steinbruch am Wolfsbergtunnel (Lok. A), schematisiert, die Breite der Wand ist zeichnerisch verkürzt.
Abb. 5b: Profil der Rothenberg-Schichten entlang des Pfades zum Steinbruch am Wolfsbergtunnel (Lok. B). Weitere Erläuterungen s. Text.

Lokalität A fand bereits eingehende Beschreibung bei SPUHLER (1957), sowie eine kurze Beschreibung durch HEITELE & KONRAD (in EMMERMANN et al. 1987). Sie erschließt auf einer Breite von ca. 15 m etwa 5 m (insgesamt ca. 8–10 m, die oberen und unteren Partien sind durch Gehängeschutt und Vegetation verdeckt) einer Wechselfolge von feinem, gleichmäßigem kräftig-rotem bis leicht violettem Sandstein, und dunkelroten bis kräftig-violetten Tonsteinen, die bröckelig absondern. Im Einzelnen wurden im Profil in Abb. 5a folgende Schichten unterschieden (vom Liegenden zum Hangenden).

[Anschluß Profil B]

S5: Massive Feinsandsteinbank, größte feststellbare Mächtigkeit ca. 0,6 m

T3: Dunkelroter Tonstein, ca. 0,2 m

S6: Massive Sandsteinbank, ca. 0,4 m

T4: Dunkelroter Tonstein, ca. 0,5 m, keilt nach W aus, taucht aber möglicherweise im W-Teil des Bruchs zwischen S6?, R1 und R2 wieder auf

S7: Am E-Teil Bruchs (östlich der Stützmauer) massive (?) Sandsteinbank, ca. 3,5 – 4 m liegen in diesem Bereich frei, nach W durch die einsetzenden Schichten T5 und T6/BS1 dreifach aufgegliedert (S7I – S7III), feinkörniger, geröllfreier, meist kräftig roter, manchmal gelblich gebleichter Sandstein, teilweise (besonders S7I) schwach gebankt. Gesamtmächtigkeit ca. 4 – 5 m

T5: Tonstein mit cm-mächtigen Zwischenbänkchen aus kompakten, feinkörnigen Sandsteinen, tiefrot, Mächtigkeit und Häufigkeit der Sandsteinbänkchen nehmen nach W hin ab, im W wannenförmige Mächtigkeitszunahme, Haupthorizont der Ichnofossilien, teilweise stark bioturbiert. Gesamtmächtigkeit ca. 0,5 – 1 m

BS1: Bröckeliger Feinsandstein, dünngebankt, geht nach W abrupt in T6 über, ca. 90 cm

T6: In horizontaler und vertikaler Ausdehnung sehr variabler Tonstein, Mächtigkeit schwankt zwischen 0 und 1,25 m

R1 – R5: Rinnenfüllungen, meist kompakter Feinsandstein, teilweise schwach gebankt (bes. R4), meist mit basalen Tonsteinen. Max. Mächtigkeiten ca. 1,2 m

T7: Tonsteinlinse

Alle Sandsteine sind siliziklastisch, der von SPUHLER (1957) für die Annweiler-Schichten angegebene hohe Karbonatgehalt konnte nicht beobachtet werden.

Das Profil von Lokalität B schließt sich an das von A ins Liegende an, ist aber nach E versetzt. In Abb. 5b bedeuten (vom Liegenden zum Hangenden):

S1: Kompakter, rötlicher Sandstein, dolomitisierte Partien, ca. 0,5 + ?m

T1: Dunkelroter, bröckeliger Tonstein, ca. 1,3 m

S2: Gebankter Sandstein, mit wellenförmigen („verwurstelten") Schichtflächen, hart, bei Anschlag hellklirrender Klang, feinkörnige Matrix mit gröberen Komponenten (max. ca. 5 mm), einzelne Partien dolomitisiert, hierbei könnte es sich um den SPUHLERschen „Karbonatsandstein" handeln. Ca. 1,0 – 1,1 m

T2: Tonstein, entsprechend T1, ca. 1,5 m

S3: Feinlaminierter Feinsandstein, weich, rot bis gelblich, Schrägschichtung im basalen Teil. Ca. 1,5 m, fließender Übergang zu S4.

S4: Feinsandstein, im Hangenden durch Gehängeschutt verdeckt, vielleicht identisch mit S5 1 m+?.

[Anschluß Profil A]

Die stratigraphische Einordnung der beschriebenen Schichten innerhalb des klastischen Zechstein erscheint aufgrund des Mangels an klaren lithologischen oder paläontologischen Grenzen problematisch. Nach GÜMBEL (1894) läßt sich im Wolfsbergtunnel, und mithin innerhalb oder etwas unterhalb der in Profil B beschriebenen Schichten, eine Dolomitbank feststellen, die seinerzeit auf Zechstein datiert wurde. Diese Bank verzeichnete BAUER (1993) am Wendeplatz am Ende der Wolfsburgstraße. Für Profil B konnte sie nicht sicher festgestellt werden, vermutlich liegt sie unterhalb von S1. Damit steht das gesamte beschriebene Profil (A+B) im Zechstein.

Profil B steht vollständig in den Rothenberg-Schichten (dolomitisierte Partien in S2).

Die Tonsteine T1 – T4 sind von z. T. erheblicher Mächtigkeit, ein Auskeilen ist im aufgeschlossenen Profil nicht feststellbar (was für T3 und T4 nur eingeschränkt gilt, da ihre Ausbildung im E wegen Gehängeschutts nicht sicher nachvollziehbar ist). T5 – T7 schei-

nen dagegen lateral eng begrenzt, eingelagert in einen ansonsten uniformen Sandstein (S7). Es wird daher vorgeschlagen, die Grenze Rothenberg-Schichten / Annweiler-Schichten an die Basis von S7 (bzw. S7I) zu legen, da die Schichten S1 – T4 ein anderes Ablagerungsmilieu repräsentieren dürften als die Schichten S5 – T7 (incl. R1 – R4). Auf der oberen Sohle des Bruchs (oberhalb Lokalität A) sind nochmals ca. 8 m massive Annweiler-Schichten erschlossen, zwischen den beiden Sohlen sind ca. 5 m nicht aufgeschlossen. Somit ergibt sich für die Rothenberg-Schichten im Untersuchungsgebiet eine Mächtigkeit von mindestens 7,5+?m, für die Annweiler-Schichten eine aufgeschlossene Mächtigkeit von 22,5 – 23,5+?m.

An Gefügemerkmalen kommen in der gesamten Schichtfolge selten Großrippeln, Mikrorippeln, Trockenrisse und Regentropfeneindrücke vor, außerdem zeigen die Sandsteine mitunter Fließstrukturen, die durch kleinräumige Sedimentrutschungen während der Ablagerung entstanden.

3. Die Ichnofauna

3.1 Systematische Übersicht

Im Folgenden werden die an den Lokalitäten A–C aufgefundenen Ichnofossilien systematisch geordnet vorgestellt. Die Parataxonomie folgt dabei weitgehend POLLARD (1981), die parataxonomischen Einheiten werden, entsprechend dem für Ichnofossilien üblichen Vorgehen (HÄNTZSCHEL 1975, POLLARD 1981), alphanumerisch geordnet. Sofern möglich, werden die exakten Herkunftsschichten (entsprechend Abb. 5) für die einzelnen Ichnospecies angegeben, ist dies nicht möglich, so wird zumindest eine grobe Eingrenzung gegeben.

Falls Belege gesammelt wurden, so sind diese mit der Inventarnummer der Sammlung des Verfassers angegeben, die Belegstücke sollen jedoch in der Sammlung der POLLICHIA, Pfalzmuseum für Naturkunde, Bad Dürkheim, hinterlegt werden.

3.1.1 Ichnogenus *Arenicolites* SALTER 1857

Arenicolites isp. (Abb. 6)

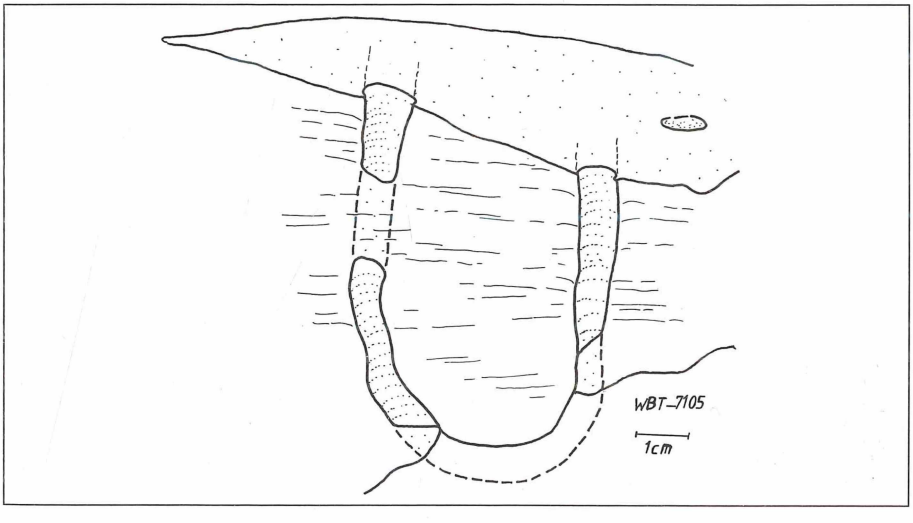


Abb. 6: *Arenicolites* isp., Wolfsburgtunnel 7105, Lok. A., Fundschicht nicht genau bekannt.

WBT 7105 (Abb. 6) ist bislang das beste geborgene Stück, weil es die U-Form der Röhre überliefert, die für *Arenicolites* typisch ist (HÄNTZSCHEL 1975).

Material: WBT 7105 (A), Endichnia,
außerdem:
auf der unteren Bruchsohle (Lokalität A) befindet sich direkt über dem Tunnelportal ein ca. 2 x 2 x 1 m großer Sandsteinblock mit zahlreichen Querschnitten von Endichnia.

Vorkommen: Lokalität A, Rothenberg-Schichten (S3), ?Annweiler-Schichten (S7II?, T5?)

Beschreibung und Anmerkungen: Der oben genannte Sandsteinblock enthält zahlreiche Querschnitte von vertikalen Röhren mit ca. 10 – 12 mm Durchmesser. Manche sind an ihrer Basis angeschnitten, die erkennen läßt, daß die Röhren paarig angeordnet sind (Abstand ca. 70 mm) und einen U-förmigen Längsschnitt aufweisen. Anzeichen für Spreiten konnten bisher nicht aufgefunden werden. Aus den dünngebankten Sandsteinen von T5 liegen vertikale, ca. 12 mm im Durchmesser messende Einzelröhren vor, deren mögliche U-förmige Verbindung untereinander nicht erkennbar ist. Sie schließen ohne Vertiefung mit der Schichtfläche ab. Das unterscheidet sie von *Monocraterion spuhleri* n. isp. (s. 3.1.2), die in einem deutlichen Trichter münden. Sie weisen Ähnlichkeit zu *Arenicolites kahlaensis* KOLESCH 1922 aus dem Mittleren Buntsandstein in Thüringen auf, und zu den als cf. *Arenicolites* isp. bezeichneten Spuren aus dem Anis (Upper Waterstones) von Cheshire/GB (POLLARD 1981). Die Zugehörigkeit der letzteren zu diesem Ichnogenus muß aber noch unsicherer bleiben als bei den oben beschriebenen Formen, bei denen zumindest die charakteristische U-Form zu erkennen ist.

3.1.2 Ichnogenus *Monocraterion* TORELL 1870

Monocraterion spuhleri n. isp. (Abb. 7-8)

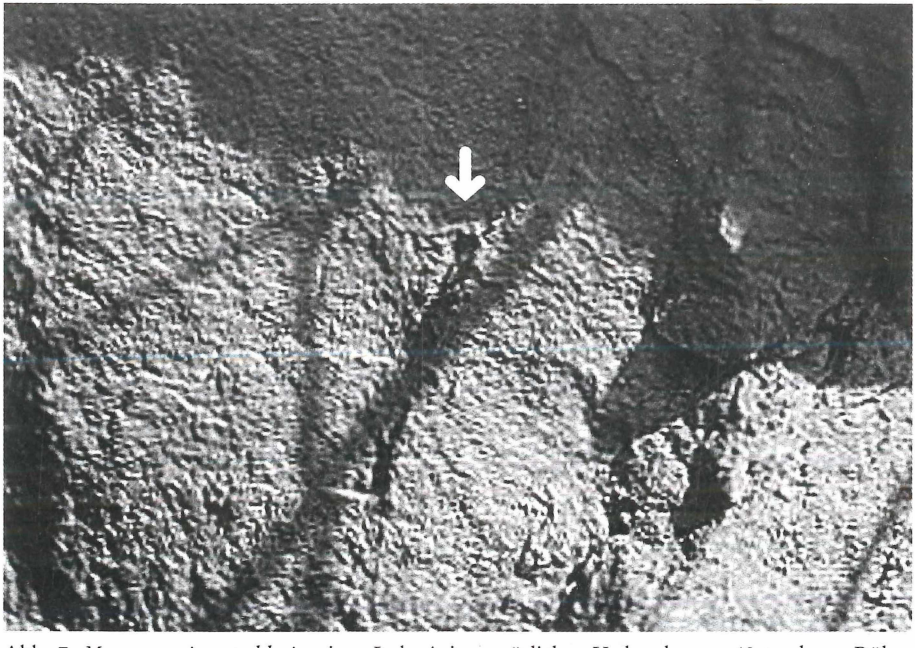


Abb. 7: *Monocraterion spuhleri* n. isp., Lok. A im natürlichen Verband, etwa 40 cm lange Röhre (s. Pfeil)in einem Rinnensandstein (S7II in Abb. 5a).

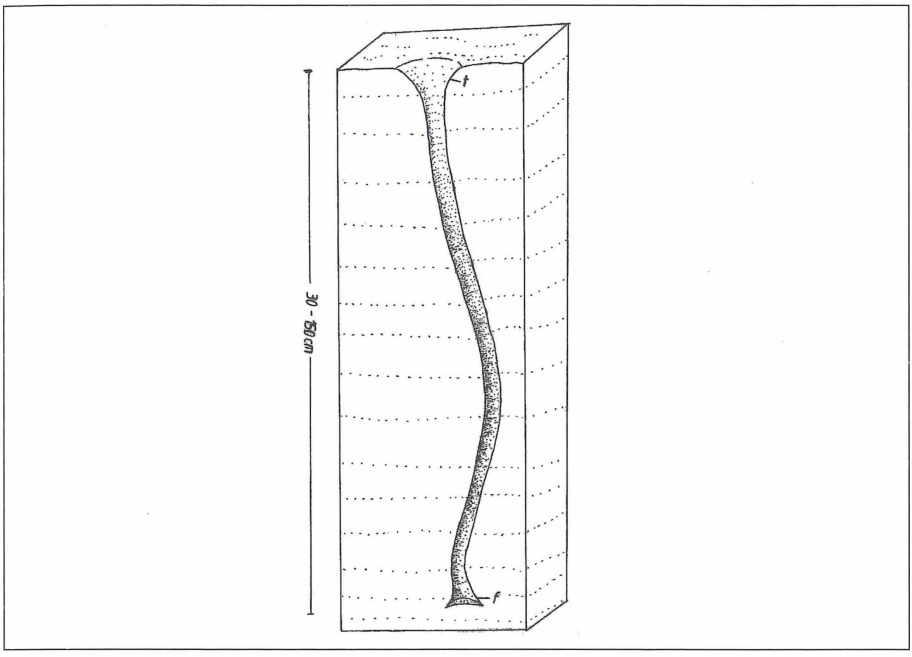


Abb. 8: *Monocraterion spuhleri* n. isp., schematisierte Rekonstruktion. t = trichterförmige Mündung, f = fußförmige Verbreiterung der Basis.

1921	Wurzelähnliche Bohr-Röhren, REIS, S. 64
non 1934	Vertikalröhrchen, RÜCKLIN, S. 90 ff., Abb. 3a-b (= *Skolithos?* isp.)
?1934	Wurmröhrchen, VOELCKER, S. 101 f., Abb. 1-2
1957	Wohnröhren eines Borstenwurms, SPUHLER, S. 220, Abb. 48
1987	Wurmröhren, GRIESSEMER, S. 24
1988	Wurmspuren, DACHROTH, S. 282

Material:	Zahlreiche Endichnia im natürlichen Verband (Bergung und Designation eines Typus in Vorbereitung)
Vorkommen:	Lokalität A, Annweiler-Schichten, S7I – III, T5 (loc. typicus) Lokalität C, Annweiler-Schichten Weitere Fundstellen im Pfälzerwald s. u. n. DACHROTH (1988) im gesamten Profil der Annweiler-Schichten
Derivatio nominis:	Patronym für Dr. Ludwig Spuhler († 1971), der als erster auf die stratigraphische Bedeutung dieses Ichnofossils für die Annweiler-Schichten hinwies.
Diagnose:	Große bis sehr große *Monocraterion*-Bauten mit einfachem Trichter und fußartiger Verbreiterung am unteren Ende der Röhre.

Anmerkungen u. Beschreibung: Ca. 30 – 150 cm lange, vertikale, meist leicht S-förmig geschwungene Röhren in feinen, mäßig verfestigten Sandsteinen, Durchmesser ca. 5 – 15 mm (im Schnitt ca. 8 mm). Mündung trichterförmig, Röhrenwände parallel, glatt, basaler Abschnitt umgekehrt trichterförmig: zunächst nach unten leicht lateral erweitert, dann abrupt horizontal abgeschnitten. Mündungen liegen meist an der Schichtgrenze von Sandsteinen zu Feinklastika, aus denen dann die undifferenzierte Füllung besteht. Die Füllung ist manchmal sekundär verhärtet, als Semirelief hervortretend. Die Röhren sind in den Schichten meist im Abstand von einem bis einigen Dezimetern verteilt. Lediglich in eini-

gen Bänken können die Röhren in Relation zu ihrer Größe sehr dicht stehen (Abstand < 10 cm). Hier kann man von einem „piperock" sprechen.

Morphologisch nimmt das hier beschriebene Ichnofossil eine Mittelstellung zwischen *Skolithos linearis* HALDEMAN 1840 und *Monocraterion tentaculatum* TORELL 1870 ein. Das Vorhandensein eines Trichters an der Mündung erfordert eine Zuordnung zu *Monocraterion* (s. HÄNTZSCHEL 1975). Die fußartige Verbreiterung des Endes ist nach der Größe ein weiteres eindeutiges Kennzeichen, das aber nur in günstigen Fällen beobachtet werden kann.

Erstmals beschrieb VOELCKER (1934) das Vorkommen von „Wurmröhren" für den Unteren Buntsandstein [?] bei Lambrecht. Die von ihr gegebene Abbildung einer vertikalen Röhre zeigt eine starke, ringförmige Segmentierung, die bisher bei keinem weiteren Exemplar gefunden wurde. Dem von VOELCKER abgebildeten Endichnium fehlen Mündung und terminaler Abschnitt, außerdem ist kein Größenmaßstab gegeben. Eine Zuordnung zu *M. spuhleri* n. isp. muß offen bleiben. Die annulare Segmentierung muß nicht kennzeichnend sein, nach ALPERT (1974) kommt sie auch bei *Skolithos linearis* HALDEMAN 1840 gelegentlich vor, dieses Merkmal ist sicherlich erhaltungsbedingt. Das VOELCKERsche Material ist wohl verloren.

RÜCKLIN (1934) beschrieb aus dem Oberen Buntsandstein (Voltziensandstein) des Saargebiets ebenfalls vertikale, zylindrische Gänge. Diese besitzen jedoch keine trichterförmigen Mündungen, sondern die Wände verlaufen bis zur Mündung parallel. Sie stehen in Zusammenhang mit horizontalen, schichtflächenparallelen, gangartigen Strukturen, die von der Mündung ausgehen und die RÜCKLIN (1934) als „Miniergänge" bezeichnete. Diese Form ist nicht identisch mit *Monocraterion spuhleri* n. isp. und ist am ehesten zu *Skolithos* zu stellen, mit der Einschränkung, daß von diesem bisher noch keine Horizontalstrukturen beschrieben wurden.

SPUHLER (1957) erkannte vertikale „Wurmröhren" als typisch für die von ihm definierte „Südliche Fazies" des Unteren Buntsandstein (= Annweiler-Schichten, Zechstein) in der Pfalz (etwa von Neustadt a. d. Weinstr. an südwärts). Dadurch, daß die Ichnospecies auf die Annweiler-Schichten und den Südrand des Verbreitungsgebietes der Stauf-Schichten beschränkt zu sein scheint, hat sie einen regionalen Leitcharakter, der sofort eine leichte Identifikation dieses Schichtglieds innerhalb des Profils vom Rotliegend zum Unteren Buntsandstein ermöglicht. Diesen Umstand stellte bereits SPUHLER fest, der in den „Wurmröhren" allerdings ein geeignetes Mittel zur Abgrenzung des Buntsandstein vom Rotliegend sah, wo der Zechstein „fehlte" (bzw. die damals als solcher erkannten Dolomite). Tab. 1 nennt die Lokalitäten, an denen *Monocraterion spuhleri* n. isp. bislang nachgewiesen werden konnte:

Tabelle 1: Nachweise für Monocraterion *spuhleri* n. isp. (sofern nicht anders angegeben in den Annweiler-Schichten):

Lokalität	Autor, Jahr
Wolfsberg, Fundst. A (loc. typicus)	SPUHLER (1957), diese Arbeit
Wolfsberg, Fundst. C	diese Arbeit
Hambach	SPUHLER (1957)
Hohenberg	SPUHLER (1957)
Trifels	SPUHLER (1957)
Dahn	SPUHLER (1957)
Bruchweiler-Bärenbach	SPUHLER (1957)
Lug	SPUHLER (1957)
Waldrohrbach	SPUHLER (1957)
Leisbühl b. Annweiler	REIS (1923), SPUHLER (1957)
Kaiserslautern Westbahnhof (?) (Stauf-Sch.)	SPUHLER (1957)
Sippersfeld-Potzbach (Stauf-Sch.)	REIS (1921)
Neuhembsbach (Stauf-Sch.)	REIS (1921)
Wartenberg-Rohrbach (Stauf-Sch.)	REIS (1921)
Potzbach (Stauf-Sch.)	REIS (1921)

3.1.3 Ichnogenus *Palaeophycus* HALL 1847

Palaeophycus triadicus (FLICHE 1906) (Abb. 9)

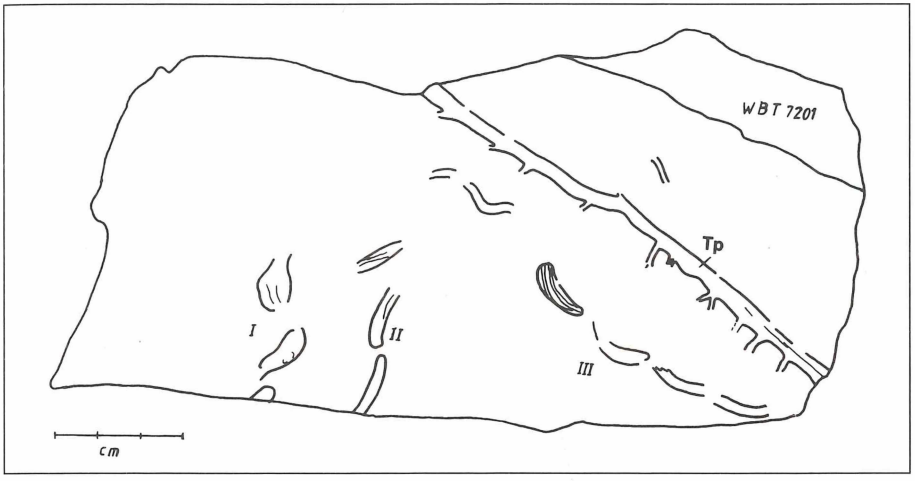


Abb. 9: Handstück WBT 7102 mit Fährtenfolgen von *Palaephycus triadicus* (FLICHE 1906) (I–III) und einem Gang von *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD 1831) (Tp.) Lok. A., Sandsteinbänkchen in T5.

Material: WBT 7102 (A): 9–10 Hypichnia, davon eine Spurenfolge von 4 Hypichnia, mehrere Exemplare im anstehenden Gestein (nicht gesammelt)
Vorkommen: Lokalität A, Annweiler-Schichten (S7I?, T5, S7II?)

Beschreibung u. Anmerkungen: Horizontale, spindelförmige oder zylindrische, nicht verzweigte Hypichnia an der Basis von Feinsandsteinen in Tonsedimenten. Länge der Einzelfährten 13 – 20 mm, Durchmesser 2 – 8 mm, bei guter Erhaltung lassen sich 4 – 6 feine Längsgrate erkennen. Die Hypichnia auf WBT 7102 (A) sind in drei Fährtenfolgen gruppiert, mit 2 – 4 erkennbaren Einzelhypichnia, die alternierend rechts und links gebogen sind und somit eine horizontale Helixstruktur bilden. Die Länge und Krümmung der Einzelabdrücke scheinen von ihrem Durchmesser abhängig zu sein: Je größer der Durchmesser, desto geringer die Länge und stärker die Krümmung (Abb. 9, Tab. 2):

Tabelle 2: Mittlerer Durchmesser und mittlere Länge (in mm) der Einzelhypichnia in dem Fährtenfolgen von *Palaeophycus triadicus* (FLICHE 1906) auf WBT 7102 (A) (Abb. 7a):

Fährtenfolge	Durchmesser	Länge
I	8	13
II	2	20
III	4,5	17

Daraus folgt eine stärkere Spiralisierung mit wachsendem Durchmesser.

Der Verlauf ist meist schichtparallel, kann aber auch die Ebene verlassen und die Schichtebenen im Winkel von ca. 45° durchqueren (im Anstehenden beobachtet). Die Helixform und das Verlassen einer Schichtebene sind Merkmale, die für *Palaeophycus triadicus* bei der

Neubeschreibung durch POLLARD (1981) nicht angegeben wurden. Ansonsten entspricht die Ausbildung der Hypichnia exakt dem von POLLARD beschriebenen Typus, weshalb hier die Zuordnung als gesichert angesehen wird, wobei hier dem parataxonomischen Konzept nach POLLARD (1981) (bzw. FLICHE 1906) gefolgt wird, der im Gegensatz zu PEMBERTON & FREY (1982) *P. triadicus* als valides Ichnotaxon betrachtete. Derselbe Autor beschrieb auch Netzwerke aus zahlreichen *P. triadicus*-Fährtenfolgen, die teilweise parallel verlaufen, sich teilweise in verschiedenen Winkeln kreuzen, jedoch nicht in unmittelbarem Zusammenhang stehen. Die Erzeuger schienen sogar mitunter einen Kontakt mit anderen Spuren zu meiden. Derartiges Massenvorkommen kann für den Wolfsberg bislang allerdings nicht belegt werden.

Der Erzeuger war vermutlich ein Invertebrate mit Beinen oder sonstigen Körperanhängen, der am Grund von stagnierenden, flachen, z. T. in Austrocknung befindlichen Gewässern mit toniger Bodenbedeckung am Grund lebte und in regelmäßigen Abständen ins Sediment eintauchte (POLLARD 1981). Dabei scheint er sich um die Longitudinalachse gewunden zu haben, wodurch die Helixform entstand. Das diagonale Durchdringen mehrerer Schichten könnte als gelegentliche Fluchtreaktion (Fugichnium) gedeutet werden, um einer möglichen Gefahr von oben zu entgehen.

Die hier vorgestellten Funde von *P. triadicus* aus den Annweiler-Schichten vom Wolfsberg sind die stratigraphisch ältesten. Weitere Funde sind bekannt aus dem Mittleren Buntsandstein von Südhessen, Oberen Buntsandstein (Voltziensandstein) der Vogesen/Elsaß, dem Oberen Buntsandstein (Röt) des Kleinen Odenwalds/Baden, den untertriassischen (Skyth – Anis) Waterstones von Cheshire/GB und den Karbonaten des Oberen Muschelkalk von Württemberg (Zusammenstellung durch POLLARD 1981: Text-Fig. 4, dort auch Literaturhinweise), sowie dem Muschelkalk von Lothringen/Frankreich (locus typicus, FLICHE 1906).

3.1.4 Ichnogenus *Phycodes* RICHTER 1850

Phycodes isp. (Abb. 10)

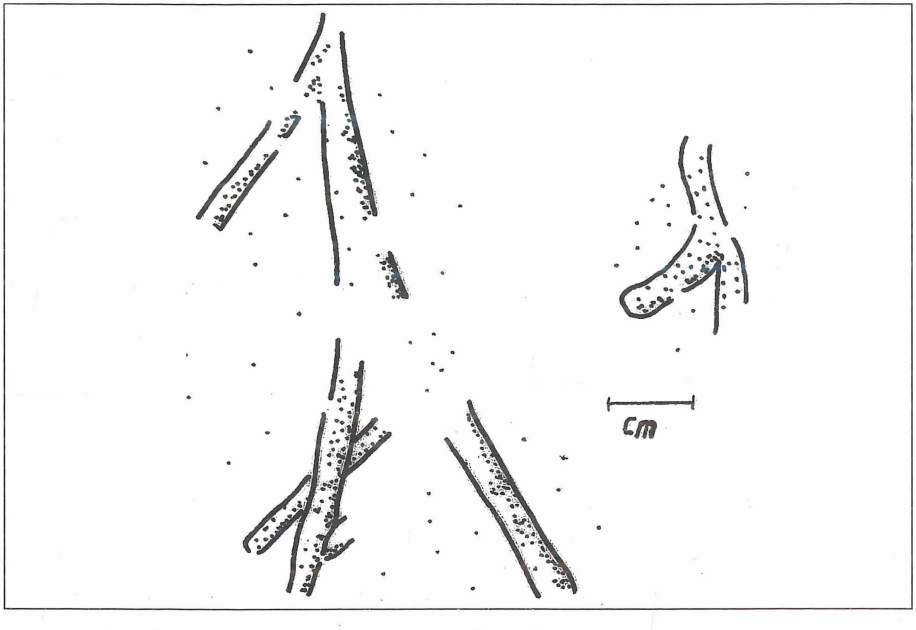


Abb. 10: *Phycodes* isp., WBT 7103, Lok. A., Annweiler-Schichten.

Material: WBT 7103 (A), 2–3 Hypichnia, diverse weitere Nachweise im Feld
Vorkommen: Lokalität A, Annweiler-Schichten, genaue Horizonte unbekannt

Beschreibung u. Anmerkungen: Gerade oder leicht gebogene, flache Grabgänge an der Basis von Feinsandsteinbänken. Fast immer einfach, in spitzem Winkel dichotom gegabelt, eine schmale Y-Form bildend, darin unterschieden von *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD 1831), (s. u.), mit eher stumpf- bis rechtwinkeligen Verzweigungen. Länge 14 – 40 mm, Durchmesser 5 – 8 mm, Gangfüllung homogen.

3.1.5 Repichnium 1 (Abb. 11)

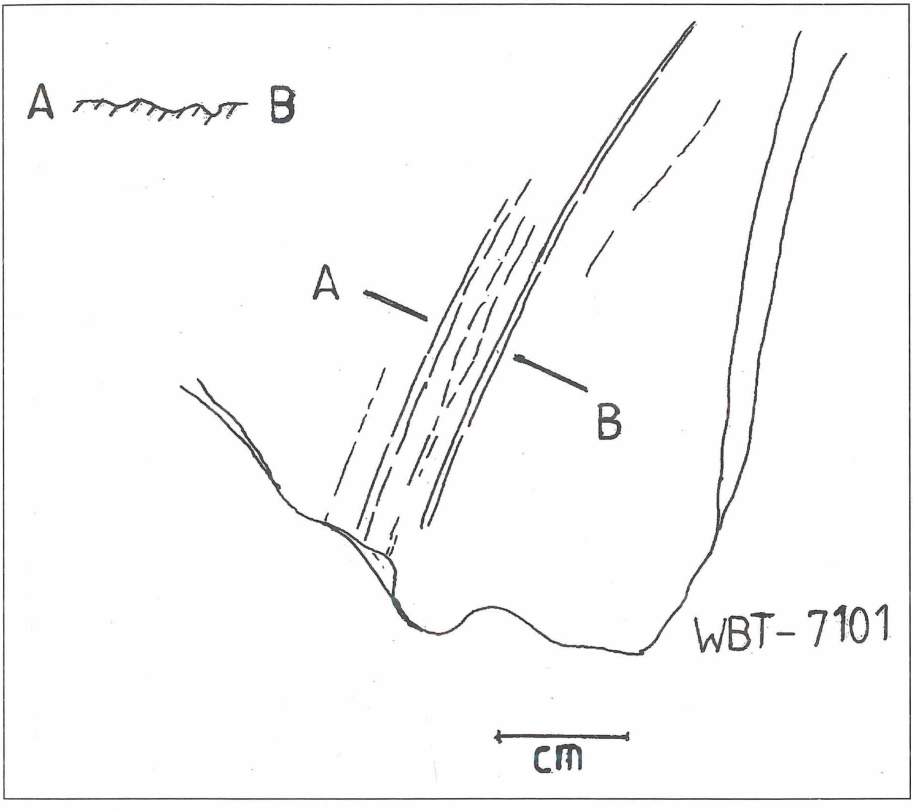


Abb. 11: Repichnium 1, WBT 7101, Lok. A., Fundschicht nicht genau bekannt.

Material: WBT 7101 (A), 1 Epichnium
Vorkommen: Lokalität A, Annweiler-Schichten, genauer Horizont unbekannt.

Beschreibung u. Anmerkungen: Diese Spur besteht hauptsächlich aus zwei parallelen, rinnenartigen Eintiefungen von etwa 56 bzw. 45 mm Länge, die in einem Abstand von 4 mm nebeneinander her laufen. Die Tiefe der Rinnen variiert dabei, in einander gegenüberliegenden Abschnitten bleibt sie jedoch angenähert gleich. Dort, wo die Parallelrinnen am tiefsten sind, weist auch der „Mittelstreifen" eine flache, relativ breite (2 mm) Vertiefung auf. Vereinzelt sind am Grund der Rinnen sehr kleine, kreisförmige Eindrücke erkennbar.

Vermutlich handelt es sich hierbei um die Laufspur eines Arthropoden, vielleicht eines Myriapoden. Das Tier lief über den stellenweise aufgeweichten Sand, wobei es unterschiedlich tief einsank, und seine Beine die Eindrücke hinterließen. Als es am tiefsten einsank, hinterließ die Bauchseite einen Eindruck im „Mittelstreifen" der Spur.

Dieses Ichnofossil bezeugt ein zeitweises Trockenfallen der Schichtflächen und die Präsenz und Aktivität terrestrischer Arthropoden.

3.1.6 Ichnogenus *Thalassinoides* EHRENBERG 1944

Thalassinoides paradoxicus (WOODWARD 1831) (Abb. 9, 12)

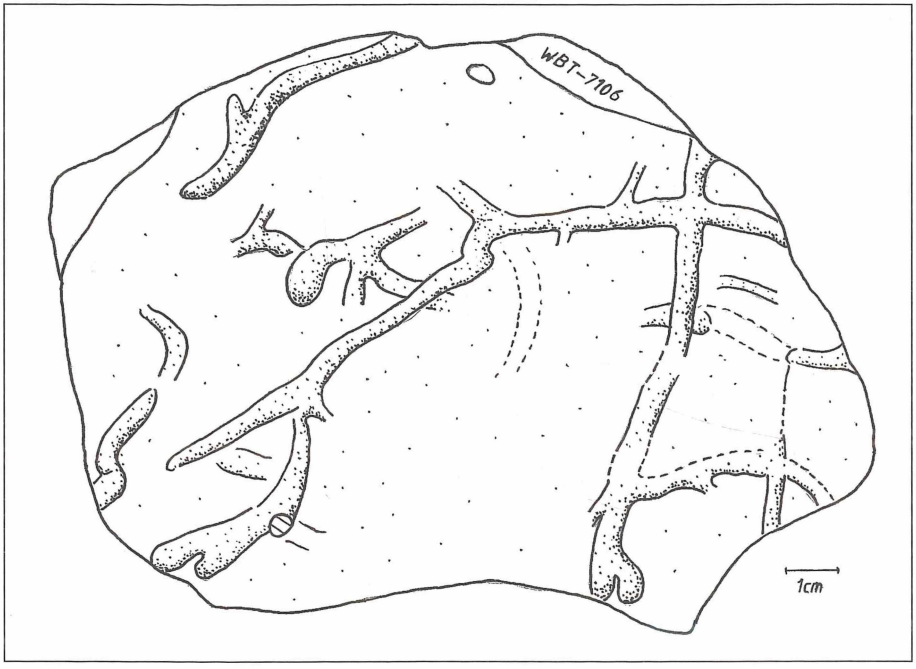


Abb. 12: *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD 1831), WBT 7106, Rothenberg-Schichten (T5?).

cf. 1923 *Spongeliomorpha*-Röhrenfüllungen, REIS, S. 155, T.VI, Fig. 7
cf. 1993 „Ophiomorphenbauten?", HORN et al., S. 49

Material: Netzwerk aus Hypichnia, WBT 7106 (A), Gang mit kurzen Seitengängen (Hypichnium) WBT 7107, Hypichnium, WBT 7102 (A), zahlreiche Endichnia im natürlichen Verband Lok. A.

Beschreibung und Anmerkungen: Strukturarme Gangbauten in fein- bis mittelkörnigen Klastika, morphologisch im Übergangsfeld von *Thalassinoides* zu *Ophiomorpha*, jedoch ohne differenzierte Wandstrukturen (s. FREY et al. 1978). Meistens ein unregelmäßiges, dreidimensionales Netzwerk (horizontale Verbindungen überwiegen deutlich), teilweise auch gerade verlaufende Gänge mit rechtwinklig abzweigenden Seitengängen, keine besonderen Verdickungen an Verzweigungen oder sackartig verdickte Blindgänge. Querschnitt der Gänge queroval, Gangfüllungen homogen. Keine Wandstrukturen. Hin und wieder treten längere Horizontalgänge oder Netzwerkbildungen auf. Von diesen zweigen nur sehr kleine, kurze (WBT 7102) oder gar keine Seitengänge ab.

Diese Form stimmt mit der Beschreibung „*Ophiomorpha*-artiger Gänge" aus dem klastischen Zechstein Hessens (Frankenberger Sandstein) und dem Grès d'Annweiler des Elsaß (HORN et al. 1993) überein. Ebenfalls sehr ähnliche, aber offenbar unverzweigte Formen beschrieb und bildete REIS (1923) von der Gehlmühle, nordwestlich von Bad Bergzabern als *Spongeliomorpha (=Thalassinoides)* ab. Sie scheint typisch für die westliche klastische Litoralfazies des Zechstein zu sein (s. 5). Vermutlich kann angenommen werden, daß für die Erzeuger eine Nähe zu marinem Milieu von Bedeutung war, da *Thalassinoides*-Bauten normalerweise auf marine Bereiche beschränkt sind (BROMLEY 1996). Erzeuger sind meist grabende, marine Malacostracen der (intertidalen) Litoralregion (z. B. *Callianassa*, rezent); die Bauten werden häufig in Kalkschlammsubstraten angelegt, die aber im Falle der hier besprochenen Sedimente nicht zur Verfügung standen.

4. Ichnofazies

4.1 Lithofazies und sedimentäres Environment

Lithofaziell ist der Ablagerungsraum am Wolfsberg zur Zeit des Zechstein nur versuchsweise zu deuten, detaillierte sedimentologische Untersuchungen stehen nach wie vor aus.

Bereits HENTSCHEL (1963) stellte fest, daß die Lithofazies der pelitischen „Unteren Leberschiefer" vor allem auf den Bereich der Mittelhaardt beschränkt ist (daher „Nördliche Fazies" bei HENTSCHEL), während nach S zu im Annweiler Raum vor allem Karbonate und karbonatische Sandsteine (Südpfälzer Bucht) dominieren. Daß für diesen Bereich ein vollmariner Einfluß während des z1 anzunehmen ist, wird auch durch die marine Fauna belegt, in der ökologisch anspruchsvollere Gruppen wie Brachiopoden allerdings bereits fehlen (HENTSCHEL 1963, PAUL 1985). Im N werden die Karbonate immer stärker durch Pelite vertreten, bei Neustadt sind sie auf eine dünne dolomitische Zone reduziert. Bei den Peliten handelt es sich um Ablagerungen einer küstenparallelen Lagune (Edenkobener Bucht) (s. a. DACHROTH 1988), die in mehr oder weniger engem Kontakt zum „offenen" Zechsteinmeer im SE stand und somit vermutlich als mixohalin einzustufen ist.

Die Ausdehnung des lagunären Raumes kann nur vermutet werden, die Angabe lithofaziell den „Unteren Leberschiefern" identischer Sedimente als Zechstein bei Lindenberg durch MEHLIS (1917) macht eine W-Ausdehnung bis in den Raum Lambrecht-Lindenberg sehr wahrscheinlich.

Südlich von Weyher fehlen die Pelite und die fluviatile Schüttung der Annweiler-Schichten folgt direkt auf die marinen Karbonate. Eine hier schon früh von W vorgeschobene Sandbarre, die die Edenkobener von der Südpfälzer Bucht trennte, könnte die Abtrennung der Lagune vom „offenen" Zechsteinmeer entscheidend gefördert haben.

In die zunächst lagunäre Sedimentation schaltet sich an der Basis der Annweiler-Schichten ein immer stärkerer fluviatiler Einfluß ein, der sich durch Ablagerung von Feinsandsteinen und Rinnenbildung dokumentiert. Die fluviatilen Sedimente füllten schließlich von W das ohnehin nur flache Becken der Lagune auf und trangredierten anschließend auf die südöstlich und östlich gelegenen marinen Folgen (eine frühe psammitische Schüttung tritt im Raum Annweiler bereits im Liegenden der Rothenberg-Schichten auf: Eschbacher Sandstein, DACHROTH 1988).

Die Ichnofauna tritt an der Basis der Annweiler-Schichten auf. Dies impliziert stark eingeschränkte Lebensbedingungen während des Bestands der eigentlichen Lagune (Hypersalinität, O_2-Mangel, Überhitzung in aridem Klima). Diese verbesserten sich durch den Eintrag von Frischwasser bei beginnendem fluviatilem Einfluß, so daß kurzzeitig eine vielfältige Fauna die Lagune besiedeln konnte, die sich in den Ichnofossilien dokumentiert. Mit zunehmender Sandschüttung und Aussüßung hielt diese Phase allerdings nur kurz an, nur der Erzeuger der *Monocraterion spuhleri* n. isp. existierte in fluviatilem Environment und ist in der lagunären Fazies nur sehr untergeordnet anzutreffen (s. 5.2).

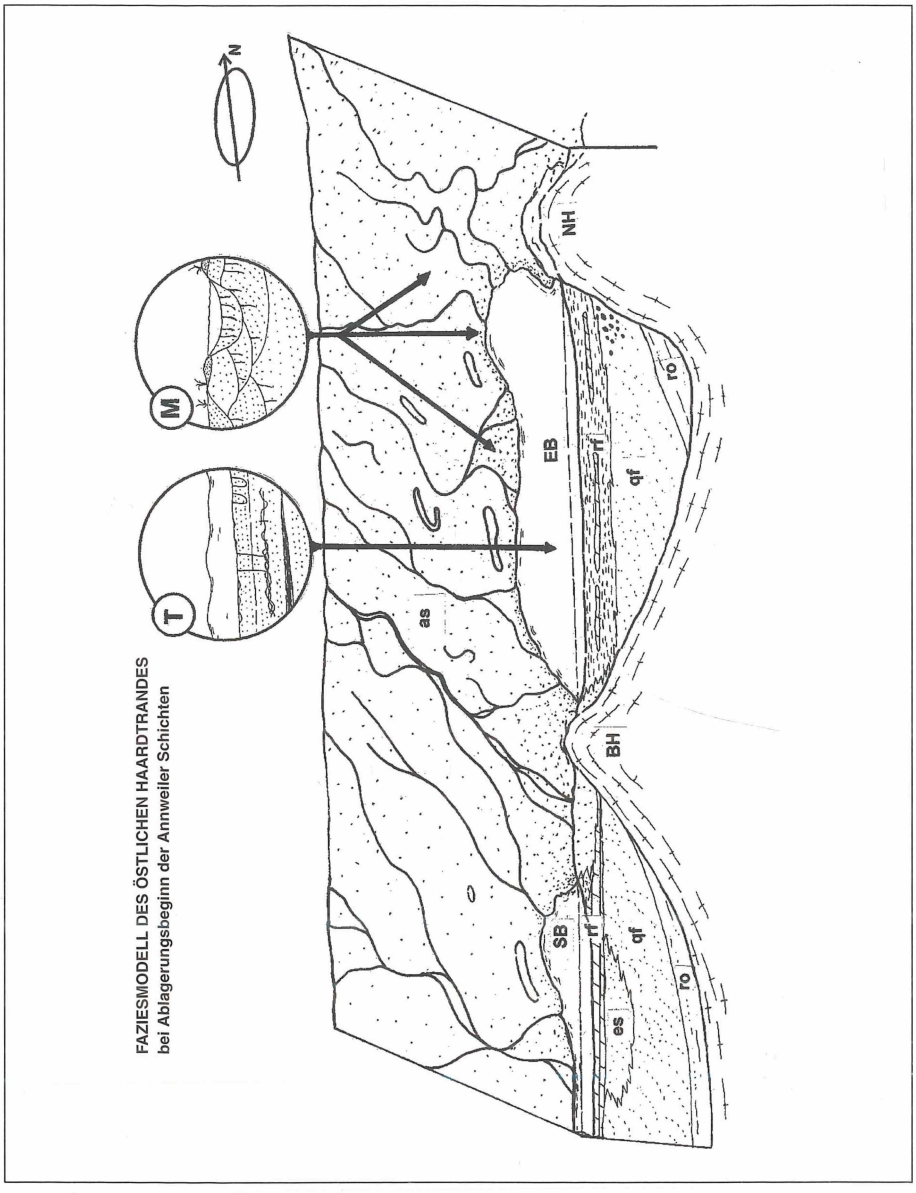


Abb. 13: Paläogeographische und fazielle Rekonstruktion der Haardt zu Beginn der Annweiler-Schichten (stark überhöht). In pelitische, z. T. karbonatisch geprägte Ablagerungsräume der Lagunen im Vordergrund (Südpfälzer Bucht und Edenkobener Bucht) werden fluviatile Sedimente der Annweiler-Schichten eingetragen. Stellenweise durchbricht noch variscisch gefaltetes Präperm die Sedimentdecke (Burrweiler Hoch, Neustadter Hoch). Die Lagunen sind Lebensraum der Erzeuger der *Thalassinoides paradoxicus*-Spurenassoziation (**T**), *Monocraterion spuhleri* n. isp. (**M**) ist dagegen eher auf die fluviatilen Sedimente beschränkt.
as = Annweiler-Schichten, BH = Burrweiler Hoch, EB = Edenkobener Bucht, es = Eschbacher Sandstein, NH = Neustadter Hoch, qN = Queich-Schichten, rN = Rothenberg-Schichten (Karbonate u. Pelite), rN = Rotliegend (Nahe-Gruppe), SB = Südpfälzer Bucht.

Die Rolle der Haardt-Schwelle, die vermutlich seit dem Rotliegend als Erosionsgebiet Einfluß auf die Sedimentation der Region nahm, muß für die Zeit der Ablagerung der Basis der Annweiler-Schichten offen bleiben: Ob sie morphologisch noch hervortrat, kann nur vermutet werden. Das Neustadter Hoch, eine Kuppe aus variscisch aufgewölbten Kulm-Sedimenten (SPUHLER 1957, ZAMINER 1957, BAUER 1993), östlich des Wolfsbergs, war sehr wahrscheinlich nach wie vor präsent, ein Einfluß auf die Sedimentation bis in den Muschelkalk hinein wird angenommen (HORNUNG 1998). Im Raum Burrweiler war eine weitere Kuppe aus aufgewölbtem, präpermischem Paläozoikum vorhanden, die erst von den Annweiler-Schichten eingedeckt wurde (ANSEL 1996). Dies spiegelt die kleinräumige morphologische Gliederung des Gebietes des Haardtrandes während des Perm wider.

4.2 Paläokologische Signifikanz der Ichnofauna vom Wolfsberg

Die Spurenassoziation vom Wolfsberg weist eine bemerkenswerte Diversität auf.

– *Monocraterion spuhleri* n. isp. ist, bezogen auf das Gesamtprofil, sicherlich am häufigsten, vor allem, da es in seiner vertikalen Verbreitung nicht so stark auf die Übergangszone zwischen Rothenberg-Schichten und Annweiler-Schichten beschränkt ist, wie alle anderen hier beschriebenen Ichnotaxa. Die Häufigkeit im Profil von Lokalität A nimmt aber ins Hangende mit seinen fluviatilen Rinnen deutlich zu, während die Form in den unteren, pelitisch dominierten Lagen stark zurücktritt oder ganz fehlt. *Monocraterion* ist typisches Element der *Skolithos*-Ichnofazies (ETTER 1994).

– *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD 1831) ist auf die psammitischen Einschaltungen in den pelitischen Lagen im Übergangsbereich Rothenberg-Schichten – Annweiler-Schichten beschränkt, tritt hier aber z. T. dominierend auf (vor allem in den Sandsteinbänkchen in T5). Eine stärkere ökologische Präferenz des Erzeugers für lagunäres als für fluviatiles Environment kann also angenommen werden. Nach ETTER (1994) ist *Thalassinoides* normalerweise ein typischer Indikator der *Cruziana*- und *Glossifungites*-Ichnofazies. Bei der vorliegenden Form, die morphologisch aufgrund der fehlenden Wandstruktur eindeutig als *Thalassinoides* klassifiziert werden muß, scheint ökologisch aber eher eine Annäherung an *Ophiomorpha* gegeben zu sein. Dies wird vor allem durch die Anlage der Gänge in klastischen Sedimenten und die gleichförmige Morphologie zum Ausdruck gebracht. „Typische" *Thalassinoides*-Formen (z. B. *Thalassinoides* cf. *suevicus* (RIETH 1931) bei POLLARD 1981) sind meist in vollmarinen Karbonaten angelegt und variieren in der Morphologie durch Anlage knolliger bis „blumenkohlartiger" Blindgänge. *Ophiomorpha* wird ebenfalls mit der *Skolithos*-Fazies assoziiert (ETTER 1994).

– *Palaeophycus triadicus* (FLICHE 1906) ist auf denselben Profilabschnitt beschränkt wie *Thalassinoides paradoxicus*. Diese Form wird von POLLARD (1981) als Mitglied der *Skolithos*-Ichnofazies eingestuft.

– *Arenicolites* isp. und *Phycodes* isp. können stratigraphisch nicht genau eingestuft werden, da keine Funde aus dem Anstehenden vorliegen. Nach POLLARD (1981) sind beide Formen in die *Skolithos*-Ichnofazies, nach BROMLEY (1996) eher in die *Cruziana*-Ichnofazies einzuordnen.

– Repichnium 1 als kontinental-terrestrisches Element muß der *Scoyenia*-Ichnofazies zugeordnet werden und belegt zumindest teilweise Trockenfallen des Sediments.

Die hier offenbar dominierenden Vertreter der *Skolithos*-Ichnofauna sind typische Repräsentanten von Ichnotaxa in klastischen Schüttungen, ohne jedoch einen direkten Hinweis auf die bathymetrischen Verhältnisse zu geben (FREY et al. 1990). Die sedimentären und paläogeographischen Umstände erlauben jedoch eine Zuordnung zu einem lagunär-intertidalen Environment, wobei die Elemente der *Cruziana*-Ichnofazies die marinen Einflüsse unterstreichen, Repichnium 1 jedoch den intertidalen Charakter des Sedimentationsraums belegt.

Die Beobachtungen am Wolfsberg erlauben eine fazielle Gliederung des mittleren klastischen Zechstein im Ostpfälzer Raum auch nach Ichnofossilien bzw. Ichnofossilassoziationen:

- Der Erzeuger von *Monocraterion spuhleri* n. isp. bevorzugte fluviatil geprägtes Environment. Er tritt ganz überwiegend in der fluviatilen Fazies der Annweiler-Schichten auf und kommt bis in die Faziesbereiche der Stauf-Schichten vor. Daß Ichnogenera des *Skolithos*-Formenkreises entgegen älteren Angaben auch in fluviatilen Sedimenten auftreten, stellten bereits FITZGERALD & BARRETT (1986) fest.
- Der Erzeuger von *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD 1831) (und vermutlich aller weiterer hier beschriebener Ichnospecies, excl. Repichnium 1) war in der Pfalz offenbar an das marin-lagunäre Milieu der liegenden Pelite gebunden, für das Elsaß wird er von HORN et al. (1993) aus den Annweiler-Schichten beschrieben, der allerdings stärker marin beeinflußt ist als sein Pfälzer Äquivalent. Ein analoges Vorkommen von *T. paradoxicus* wird von MCCARTHY (1979) aus der permischen Wasp Head Formation, Sydney-Becken, Australien, beschrieben. Auch er ordnete die Form einem lagunären Environment (protected shoreface) zu.

Diese deutliche Zweigliederung unterstreicht auch den Sinn der Definition und Abgrenzung der Rothenberg-Schichten, die die marin-lagunäre Fazies repräsentieren.

4.3 Regionale stratigraphische Bedeutung der Ichnofauna vom Wolfsberg

Der regionale Leitwert von *Monocraterion spuhleri* n. isp. für die Fazies der Annweiler-Schichten wurde bereits von SPUHLER (1957) erkannt. Die weite Verbreitung dieser Form in der Pfalz und angrenzender Gebiete spiegelt sich in Tab. 1 wider. Wahrscheinlich würden durch zukünftige Untersuchungen weitere Fundpunkte hinzukommen.

Einschränkend muß allerdings gesagt werden, daß *M. spuhleri* n. isp. nicht ausschließlich in den Annweiler-Schichten vorkommt, sondern randlich auch auf die Fazies der Stauf-Schichten übergreift. Darüber hinaus ist er auch nicht im gesamten Verbreitungsgebiet der Annweiler-Schichten bekannt (s. Abb. 2).

Abgesehen von den meist nur als „Wurmröhren" genannten *Monocraterion*-Bauten sind keine differenzierten Ichnofossilien aus den Annweiler-Schichten der Pfalz bekannt geworden. Somit ist ein Vergleich der Formen vom Wolfsberg auf regionaler Ebene bislang nicht möglich.

4.4 Überregionale stratigraphische Bedeutung der Ichnofossilien im klastischen Zechstein

Während *Monocraterion spuhleri* n. isp. zur Zeit des Zechstein geographisch auf die Pfalz beschränkt zu sein scheint, tritt *Thalassinoides paradoxicus* scheinbar wiederholt entlang des W-Randes des vollmarinen Zechsteinbeckens, jeweils in der klastisch-lagunären Randfazies von Hessen bis zum Elsaß auf (HORN et al. 1993). Die Gegend um Neustadt stellt also lateral einen Überschneidungsbereich des Vorkommens beider Formen dar, wobei sie jedoch vertikal ± streng faziell getrennt bleiben. Offenbar war der Erzeuger von *T. paradoxicus* ein weit verbreiteter Bewohner der marin-lagunären, klastischen Übergangsfazies des marginalen Zechsteinbeckens und das Ichnofossil kann als regionale Leitform dieser Fazies betrachtet werden. Auch hier sind weitere Untersuchungen zur Verdichtung dieser Hinweise notwendig.

5. Schlußbemerkung

Das hier vorgestellte Modell zur Sedimentation des Zechstein im Pfälzer und Elsässischen Raum ist eine Zusammenfassung verschiedener, an den jeweils zitierten Stellen gegebener Daten in Kombination mit den, an dem guten Aufschluß am Wolfsberg gesammelten Informationen und der Auswertung der Ichnofauna. Es kann nur als vorläufiges Gebilde angesehen werden und bedarf regional der Bestätigung und Vertiefung durch Detailuntersuchungen. In diesem Zusammenhang ist vor allem die Erkennung von Äquivalenten der Annweiler-Schichten, der Stauf-Schichten und insbesondere der marinen Einschaltungen (Rothenberg-Schichten und Äquivalente), sowie von Ichno- und Körperfossilien des Zechstein bedeutsam.

6. Dank

Der Verfasser dankt herzlich Frau Dr. Doris Dittrich, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz, für ihre kritische Durchsicht und umfassende Diskussion des Manuskripts, sowie Herrn Dr. Karl Stapf, Institut für Geowissenschaften, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz, für seine Hilfe beim Publizieren dieses Artikels.

7. Literaturverzeichnis

ALPERT, S. P. (1974): Systematic review of the genus *Skolithos*. – J. Paleont., **48** (4): 661–669, Tulsa/Okla.

ANSEL, Birgit (1996): Kartierbericht zum Kartierkurs für Anfänger WS 1995/1996 vom 4. – 16. 3. 1996 – Kartiergebiet 7, Burrweiler Süd / Gleisweiler. – A-Kartierber., Univ. Mainz: 1–1, [unveröffentlicht]

BAUER, A. (1993): Zur Geologie des Raumes um Neustadt an der Weinstraße. – Diplom-Kartierung Univ. Mainz: 1–50 [unveröffentlicht]

BROMLEY, R. G. (1996): Trace Fossils. Biology, Taphonomy and Applications. – 361 S., London

DACHROTH, W. (1988): Genese des linksrheinischen Buntsandsteins und Beziehungen zwischen Ablagerungsbedingungen und Stratigraphie. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **70**: 267–333, 17 Abb., Stuttgart

DITTRICH, Doris (1996): Unterer Buntsandstein und die Randfazies des Zechsteins in der nördlichen Pfälzer Mulde (Exkursionen C1 am 11. und C2 am 12. April 1996). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **78**: 71–94, Stuttgart

EL OUENJLI, A. (1995): Sind die diskordant dem Rotliegenden des St. Wendeler Grabens auflagernden Schichten Zechstein oder Buntsandstein? – Diplom-Arbeit Univ. Mainz: 1–107 [unveröffentlicht]

EL OUENJLI, A. & STAPF, K. R. G. (1995): Erstmaliger Nachweis einer küstenbeeinflußten, sandigen Zechstein-Sabkha im St. Wendeler Graben (Saar-Nahe-Becken, SW-Deutschland). – Mitt. POLLICHIA, **82**: 7–36, Bad Dürkheim

EMMERMANN, K.-H., GRIESSEMER, T. W., HEITELE, H. & KONRAD, H. J. (1987): Die Pfälzer Mulde und der Rand des Oberrheingrabens (Exkursion C am 23. und 24. April 1987). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **69**: 77–90, Stuttgart

ETTER, W. (1994): Palökologie – Eine methodische Einführung. – 294 S., Basel

FITZGERALD, P. G. & BARRETT, P. J. (1986): *Skolithos* in a Permian braided river deposit, southern Victoria Land, Antarctica. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol, Palaeoecol., **52**: 237–247, Amsterdam

FLICHE, P. (1906): Flore fossile du Trias en Lorraine et Franche-Comté. – Bull. séanc. Soc. sci. Nancy, **6**: 1–66, Nancy

FRENZEL, G. (1964): Im Buntsandstein des Pfälzerwaldes – Der Aufschluß, **15**: 175–200, Heidelberg

FREY, R. W.; HOWARD, J. D. & PRYOR, W. A. (1978): *Ophiomorpha:* its morphologic, taxonomic, and environmental significance. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **23**: 199–229, Amsterdam

FREY, R. W., PEMBERTON, S. G. & SAUNDERS, T. D. A. (1990): Ichnofacies and bathymetry: a passive relationship. – J. Paleont., **64** (1): 155–158, Tulsa/Okla.

GRIESSEMER, T. W. (1987): Geologische Kartierung des westlichen Rheingrabenrandes zwischen Bad Bergzabern und Klingenmünster. – Mitt. POLLICHIA, **74**: 17–49, Bad Dürkheim

GRIMM, Kirsten I. & STAPF, K. R. G. (1991): Die geologische Entwicklung der Rhyolith/Kuselit-Kuppel Herrmannsberg/Pfalz im Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland). – Mitt. POLLICHIA, **78**: 7–34, 10 Abb., Bad Dürkheim

GÜMBEL, C. W. v. (1894): Geologie von Bayern, Bd. II. – 1–1184, Kassel

HÄNTZSCHEL, W. (1975): Trace Fossils and Problematica (2nd Ed.). – In: TEICHERT, C. (Ed.): Treatise of Invertebrate Paleontology. Part W: Miscellanea, Supplement I, xxi+1–269, Boulder/Colo.

HAUBOLD, H. (1974): Die fossilen Saurierfährten. – 168 S., Wittenberg Lutherstadt

HEIDTKE, U. (1990): *Pollichianum cubichnum* nov. ichnogen. et ichnospec. und *Pollichianum repichnum* nov. ichnospec., zwei neue Invertebratenichnia aus dem saar-pfälzischen Rotliegend (Unter-Perm, SW-Deutschland). – Mitt. POLLICHIA, **77**: 133–139, Bad Dürkheim

HEITELE, H. & KÄRCHER, Th. (1997): Geologie und Hydrogeologie des mittleren Pfälzerwaldes und des vorgelagerten Oberrheingrabenrandes. – Exkursionsführer Geol. Landesamt Rheinland-Pfalz, 56 S., Mainz [unveröffentlicht]

HENTSCHEL, H. E. (1963): Die permischen Ablagerungen im östlichen Pfälzerwald (Haardt) zwischen Neustadt-Lambrecht und Klingenmünster-Silz. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 143–176, Wiesbaden

HORN, M., KULICK, J. & TIETZE, K.-W. (1993): Kontinentale klastische Sedimente aus Oberperm und Untertrias am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges – In AMLER, M. R. W. & TIETZE, K.-W. (Eds.): 8. Sedimentologen-Treffen, 3.–5. Juni 1993 Marburg/Lahn, Exkursionsführer: 43–68, Marburg

HORNUNG, J. J. (1998): *Encrinus liliiformis* LAMARCK (Echinodermata: Crinoidea), *Antalis laevis* (SCHLOTHEIM) (Mollusca: Scaphopoda) und Ooide als Indikatoren für Fazies und Paläogeographie im unteren Hauptmuschelkalk (Mittlere Trias) der Haardt (Rheinland-Pfalz). – Mitt. POLLICHIA, **85**: 7–18, Bad Dürkheim

LAVEN, T. (1996): Kartierbericht Kartierkurs für Anfänger am westlichen Rheingrabenrand im Raum St. Martin – Albersweiler (Südpfalz). Kartiergebiet Nr. 5, Weyher Süd. – A-Kartierber., Univ. Mainz: 1–27 [unveröffentlicht]

MCCARTHY, B. (1979): Trace fossils from a Permian shoreface-foreshore environment, eastern Australia. – J. Paleont., **53 (2)**: 345–366, Tulsa/Okla.

MEHLIS, C. (1917): Das Zechsteinvorkommen bei Lindenberg. – Pfälz. Heimatkunde, **13**: 89–90, Speyer

PAUL, J. (1985): Stratigraphie und Fazies des südwestdeutschen Zechsteins. – Geol. Jb. Hessen, **113**: 59–73, 1 Abb., Wiesbaden

PEMBERTON, S. G. & FREY, R. W. (1982): Trace fossil nomenclature and the *Planolites – Palaeophycus* dilemma. – J. Paleont., **56**: 843–881, Tulsa/Okla.

Subkommission Perm-Trias (1993): Beschlüsse zur Festlegung der lithostratigraphischen Grenzen Zechstein/Buntsandstein/Muschelkalk und zu Neubenennungen im Unteren Buntsandstein in der Bundesrepublik Deutschland. – Nachr. deutsch. geol. Ges., **49**: 76–81, Hannover

POLLARD, J. E. (1981): A comparison between the Triassic trace fossils of Cheshire and South Germany. – Palaeontology, **24** (3): 555–588, London

REGENBERG, W. (1983): Geologische Kartierung an der SE-Flanke des Pfälzer Sattels auf Blatt 6411 Wolfstein (im SW-Quadranten) und Blatt 6511 Landstuhl (im NW- und SW-Quadranten). – Diplom-Kartierung Univ. Heidelberg: 1–65 [unveröffentlicht]

REIS, O. M. (1921): Erläuterungen zu dem Blatte Donnersberg (Nr. XXI) der Geognostischen Karte von Bayern (1:100 000). – 1–320, München

REIS, O. M. (1923): Über Böden, Gesteine, Schichtenfolge und Gebirgsbau der östlichen Hälfte des Blattes Speyer 1:100 000. – Geogn. Jh., **36**: 131–168, München

RÜCKLIN, H. (1934): Über Wurmspuren im Voltziensandstein des Nordsaargebiets. – Bad. geol. Abh., **6** (1): 81–100, Karlsruhe

SCHULTHEISS, K. (1990): Der erste Nachweis von Tetrapodenfährten in der Prims-Mulde (Rotliegend, Saar-Nahe-Becken, SW-Deutschland). – Mitt. POLLICHIA, **77**: 141–146, Bad Dürkheim

SCHWEISS, D. (1984): Sedimentpetrographische Untersuchungen an Rotsedimenten des Grenzbereichs Perm/Trias am südwestdeutschen Beckenrand. – Geol. Jb. Hessen, **112**: 83–126, Wiesbaden

SPUHLER, L. (1957): Einführung in die Geologie der Pfalz. – Veröff. pfälz. Ges. Förd. Wiss., **34**: 1–432, Speyer

STAPF, K. R. G. (1997): Rotliegend lacustrine sediments of the Saar-Nahe Basin (SW-Germany). – Gaea heidelbergensis, **4**: 15–28 (18th IAS European Regional Meeting of Sedimentology Heidelberg, September 2–4, 1997, Excursion A2), 7 Abb., Heidelberg

STAPF, K. R. G. & SUES, H.-D. (1974): Der erste Nachweis der Reptilfährte *Ichniotherium cottae* (POHLIG 1885) im Rotliegenden Südwest-Deutschlands. – Mitt. POLLICHIA, III. R., **21**: 5–18, Bad Dürkheim

THÜRACH, A. (1894): Bericht über die Excursionen am 29. und 30. März und 1. April. – Ber. oberrhein. geol. Ver., **27**: 27–71, Stuttgart

VOELCKER, Ilse (1934): Wurmröhren aus dem unteren (?) Buntsandstein der Rheinpfalz. – Bad. geol. Abh., **6** (1): 101–102, Karlsruhe

WURFSCHMIDT, J. (1982): Geologische Kartierung an der SE-Flanke des Pfälzer Sattels im Bereich von Schwedelbach. – Diplom-Kartierung Univ. Heidelberg: 1–51 [unveröffentlicht]

(bei der Schriftleitung eingegangen am 25. 10. 1999)

Anschrift des Verfassers:
Jahn Hornung
Kasteler Str. 5
65203 Wiesbaden
e-mail: hornj005@mail.uni-mainz.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 86

Autor(en)/Author(s): Hornung Jahn Jochen

Artikel/Article: Eine Ichnofauna aus dem klastischen Zechstein (oberes Perm) vom Wolfsberg bei Neustadt a. d. Weinstraße und Anmerkungen zur Paläogeographie/Paläoökologie des kontinentalen Zechstein in der Pfälzer Synform (Pfalz) 7-33