

Buntsandstein und Muschelkalk im östlichen Thüringer Becken (Saale-Unstrut-Triasland, Sachsen-Anhalt)

Annette E. Götz, Institut für Geologische Wissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, D-06099 Halle (Saale), E-Mail: annette.goetz@geo.uni-halle.de

Einleitung

Die Trias des Thüringer Beckens ist durch faziell sehr abwechslungsreiche Sedimente gekennzeichnet, die in einem flachen Epikontinentalbecken, dem nördlichen Peri-Tethysbecken (Szulc 2000) abgelagert wurden. Marin-karbonatische, fluviatile, äolische und lakustrine Ablagerungen des ariden Klimabereiches treten in zyklisch gegliederten Abfolgen in erstaunlich lateraler Konstanz auf. Die Ablagerungsserie vom oberen Zechstein zum Unteren und Mittleren Buntsandstein hat zunächst einen regressiven Charakter von marinen zu kontinentalen Ablagerungen. Im Folgenden ist ein transgressiver Trend von den gemischt kontinentalen und marinen Ablagerungen des Oberen Buntsandstein zum eingeschränkt marinen bis vollmarinen Muschelkalk zu beobachten.

Im östlichen Teil des Thüringer Beckens, im Süden Sachsen-Anhalts, ist diese Sedimentationsgeschichte triassischer Ablagerungen in zahlreichen instruktiven, z.T. spektakulären Aufschlüssen dokumentiert. Neuere stratigraphische und sedimentologische Untersuchungen in diesem Raum haben den Kenntnisstand der klassischen Germanischen Trias wesentlich erweitert und das Bild der Triasablagerungen präzisiert, aber auch viele neue Fragen aufgeworfen.

Im Rahmen der Exkursion sollen eindrucksvolle Aufschlüsse im Buntsandstein und Muschelkalk vorgestellt werden (Abb. 1), welche stratigraphisch wie regional eine Schlüsselposition für die genetische Interpretation der Germanischen Trias und deren Ablagerungsbedingungen darstellen.

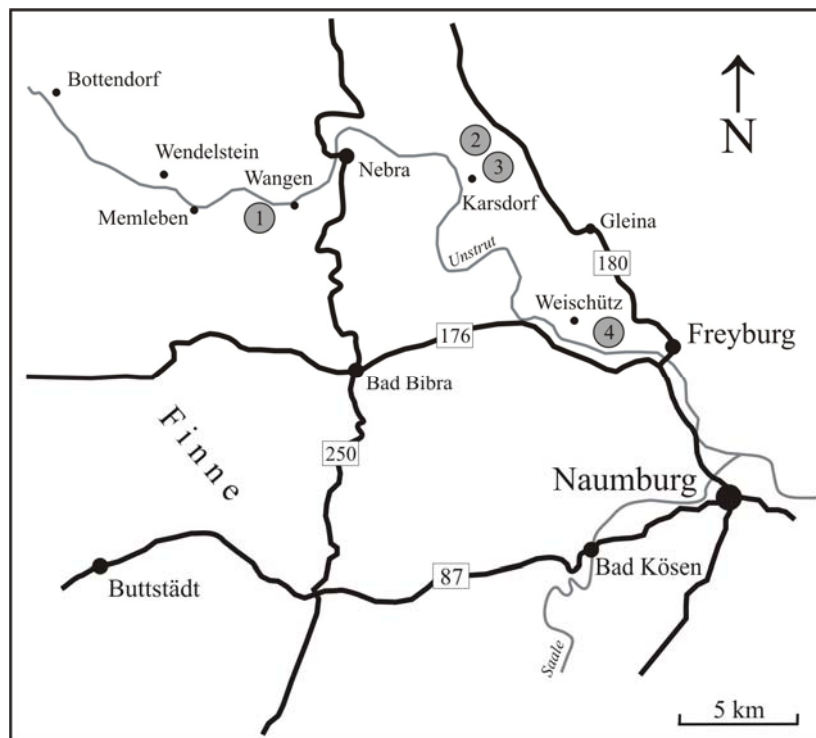


Abb. 1: Lage der Exkursionspunkte. 1 – auflässiger Steinbruch Wangen, 2 – ehemaliger Tontagebau Karsdorf, 3 – Straßenanschnitt Karsdorf, 4 – ehemaliges Steinbruchgelände Zscheiplitz.

Geologischer Rahmen

Paläogeographie

Zur Trias-Zeit lag Mitteleuropa zwischen 30° und 40° nördlicher Breite am Nordrand des Tethysmeeres (Abb. 2), das sich in die geschlossene Landmasse der Pangäa erstreckte. Die Lage im Inneren des Superkontinents Pangäa und nördlich der innertropischen Konvergenzzone lässt auf ein arides Klima schließen, das saisonal durch monsungesteuerte Regenzeiten abgeschwächt wurde (Parrish 1993). Das nördliche Peri-Tethysbecken, das sog. Germanische Becken, erstreckte sich von England bis Polen und von der südlichen Nordsee bis in die Nordschweiz (Abb. 3). Es entstand nach der variszischen Gebirgsbildung ab dem obersten Karbon und Perm. Sein Depozentrum lag in Norddeutschland und nahm bis ins Känozoikum bis zu 10 km Sedimente auf, davon allein bis zu 3 km Triasablagerungen (Ziegler 1990). Das Becken war zur Trias-Zeit fast vollständig von Erosionsgebieten umgeben und hatte nur über schmale Pfortenregionen zeitweise Verbindung mit der Tethys. Ab dem Oberen Buntsandstein waren dies die Karpaten- und Schlesisch-Mährische Pforte im Südosten. Ab dem höheren Unteren Muschelkalk (Pelson) bestand eine zusätzliche Verbindung über eine südwestliche Pfortenregion, die sog. Burgundische Pforte (Abb. 3). Diese Pforte war auch im Oberen Muschelkalk offen, während im Südosten keine Verbindung mehr zur Tethys bestand.

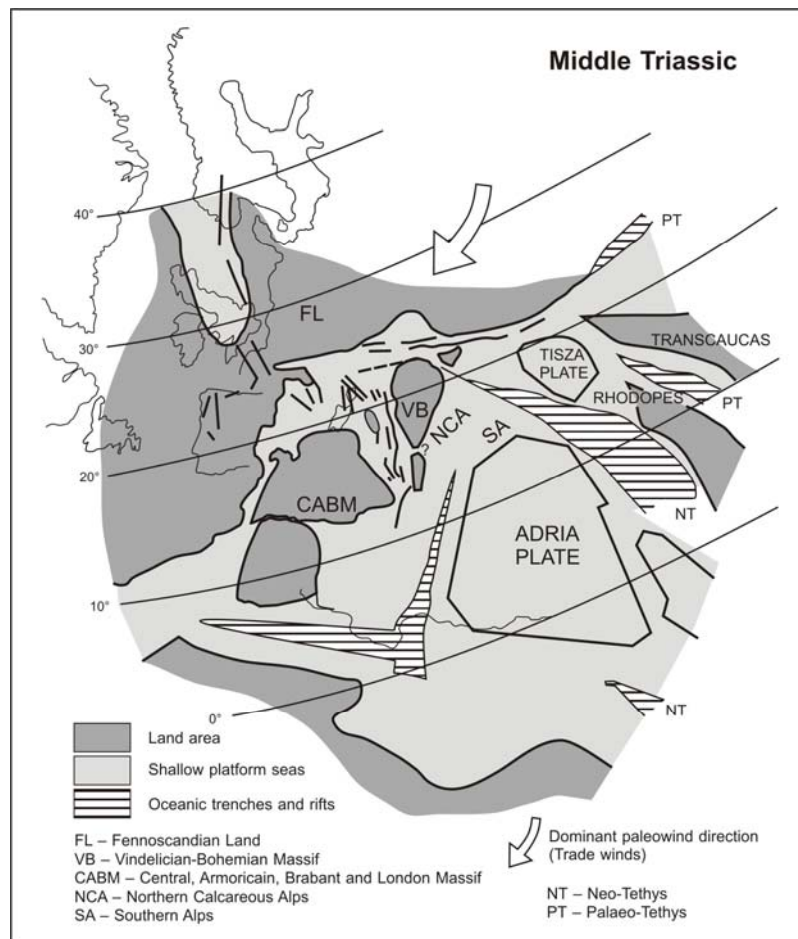


Abb. 2: Paläogeographie der Mitteltrias (verändert nach Szulc 2000).

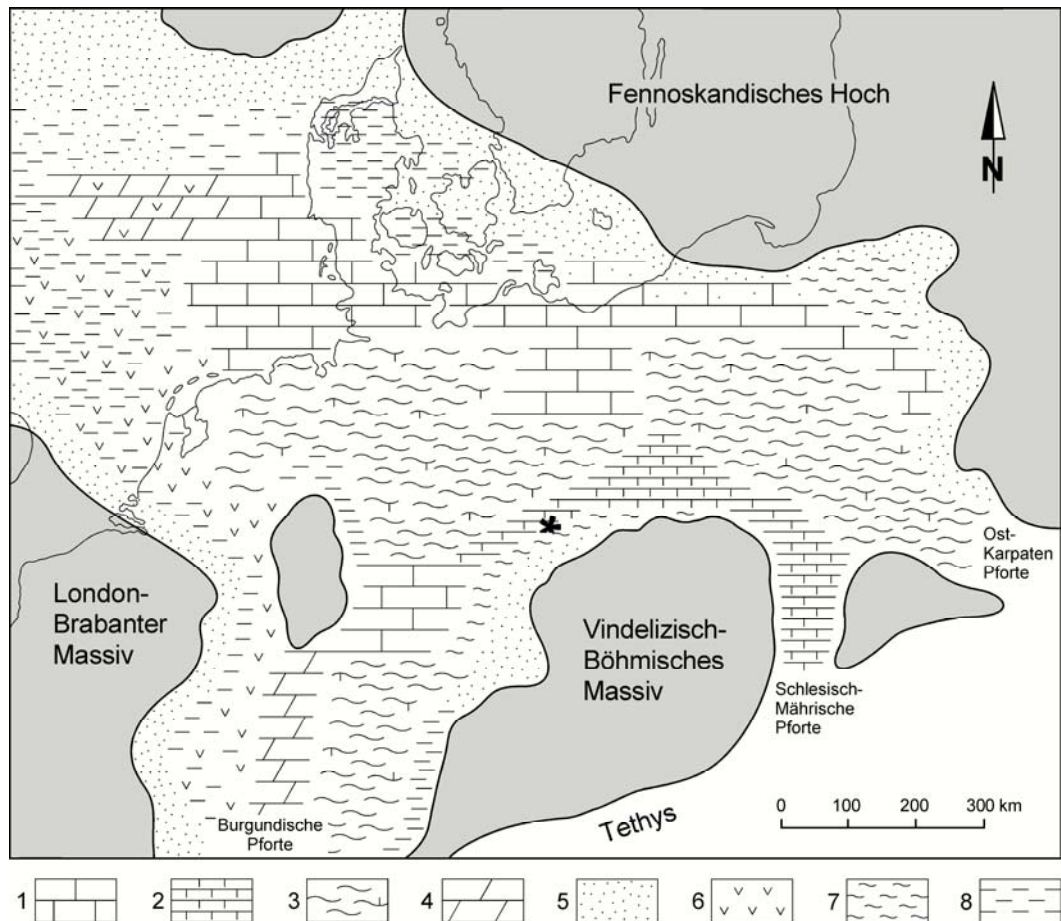


Abb. 3: Faziesverteilung im Germanischen Becken Mitteleuropas während des Unteren Muschelkalk (Pelson) und Lage des Exkursionsgebietes (Stern), aus Götz et al. (2005). Verwendeter Symbolschlüssel: 1 – bioklastische Kalksteine, 2 – mikritische Kalksteine, 3 – Mergel, 4 – Dolomite, 5 – Sandsteine, 6 – Evaporite, 7 – Kalksteine, 8 – Tonsteine.

Thüringer Becken

Das Thüringer Becken stellt eine große, schüsselförmige Synklinalstruktur zwischen dem herausgehobenen variszischen Grundgebirge des Thüringer Schiefergebirges und Thüringer Waldes im Süden und Südwesten und des Harzes im Nordosten dar (Abb. 4). Die Heraushebung der umgebenden Hochgebiete fand vor allem in der Oberkreide statt (Ziegler 1990). Nach Osten wird das Thüringer Becken durch die Halle-Störung begrenzt, im Westen quert der Leinetal-Graben. Innerhalb des Beckens bilden herzynisch und rheinisch bis erzgebirgisch streichende Störungszonen, wie z.B. die Finne-Störung oder die Eichenberg-Gotha-Saalfelder-Störungszone, die strukturprägenden Elemente saxonischer Tektonik. Im Kreuzungsbereich rheinischer und herzynischer Bruchzonen erfolgte im Tertiär der Magmenaufstieg basaltischer Ganggesteine (Grumbt & Lützner 1983, Götz 1994). Neben zahlreichen Dehnungsformen, d.h. Grabenbrüchen und Abschiebungen, treten typische Pressungsformen, d.h. Aufschiebungen, Überschiebungen und Falten auf. Dilatation und Kompression stehen in enger räumlich-zeitlicher Beziehung. Die Entstehung dieser unterschiedlichen Strukturelemente erfolgte synkinematisch durch rotationale Scherbewegung einzelner Teilschollen während eines einzigen Deformationsvorgangs. Eine rasche Aufeinanderfolge von Zerrung und Pressung durch entgegengesetzte Schollenbewegungen während eines zweiphasigen Deformationsvorgangs wird ebenfalls diskutiert (vgl. Beutler et al. 1997).

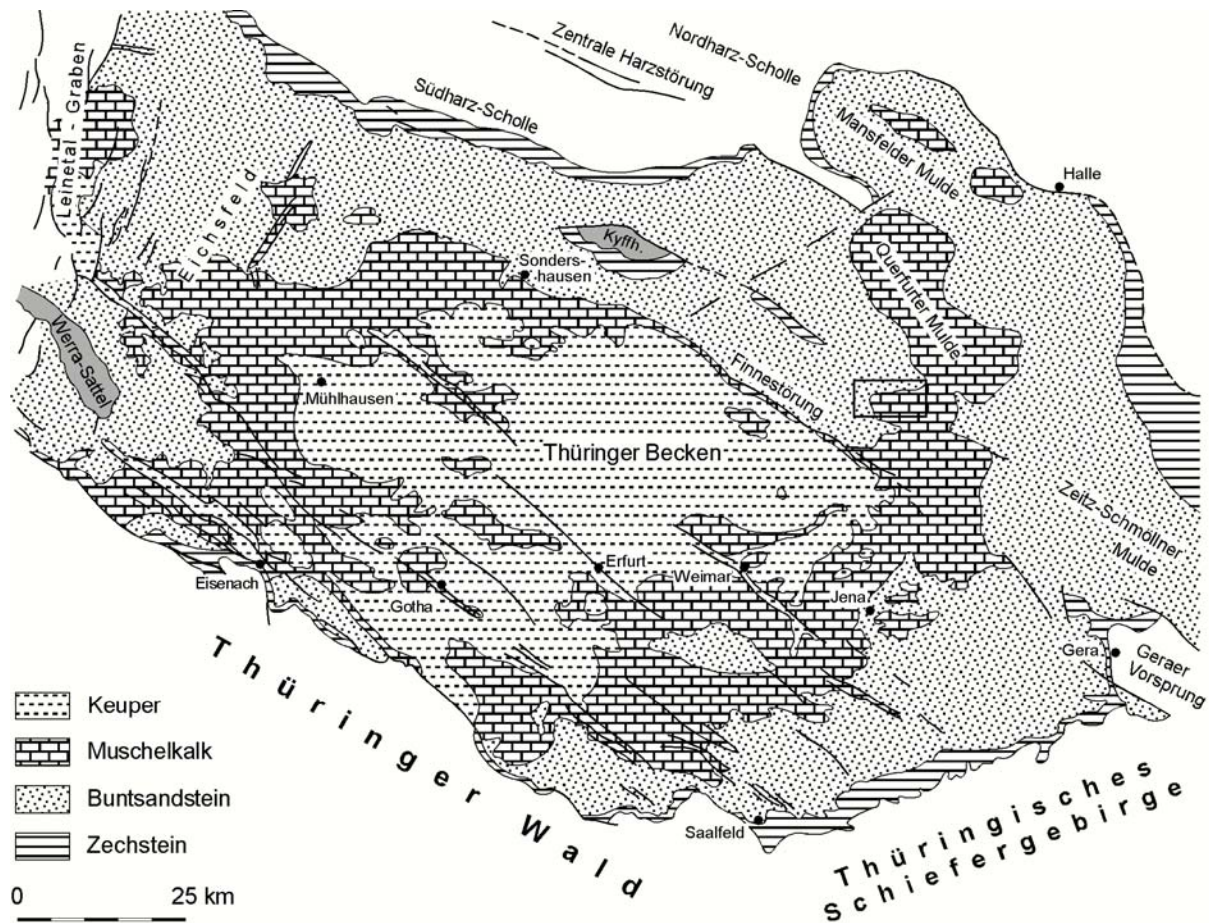


Abb. 4: Geologische Übersichtskarte des Thüringer Beckens und Lage des Exkursionsgebietes (verändert nach Puff 1994).

Stratigraphie

Das Thüringer Becken stellt ein klassisches Untersuchungsgebiet der Germanischen Trias dar. Noch vor der Definition der Trias durch Friedrich August von Alberti (1834) wurde dort bereits von Georg Christian Füchsel (1761) *Sandgebürg* und *Muschelkalch* als stratigraphische Einheiten des *Flözgebürges* beschrieben. Heute hat die Germanische Trias den lithostratigraphischen Rang einer Supergruppe, die aus den drei Gruppen Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper besteht. Jede wird in drei Untergruppen geteilt (z.B. Unterer, Mittlerer, Oberer Buntsandstein), die ihrerseits aus mehreren Formationen und Subformationen mit einzelnen Members bestehen (Abb.5, 6).

Die gut etablierte Litho- und Biostratigraphie der Germanischen Trias bildet die Basis für prozessorientierte sedimentologisch-fazielle Studien sowie für zylo- und sequenzstratigraphische Untersuchungen (z.B. Götz 1996). Die sequenzstratigraphische Gliederung der Germanischen Trias von Aigner & Bachmann (1992) wurde durch neuere Untersuchungen präzisiert und korrigiert (z.B. Szulc 2000) und durch zylostratigraphische Arbeiten erweitert (z.B. Kedzierski 2000, Roman 2003).

System	Stufe	Gruppe	Formation	Bestehende Gliederung (nach Jubitz, 1959 und Radzinski, 1995)	Neue Gliederung (Subformation)
TRIAS	Anisium	Muschelkalk	Jena-Formation	Myophorien-schichten	Dornburg-Subformation
		Buntsandstein	Röt-Formation	Obere Violett-Folge	Gleina-Subformation
	Rote Werksfolge			Karsdorf-Subformation	
	Untere Violett-Folge				
	Gips A3			Glockenseck-Subformation	
	Olenekium	Solling-Formation	Myophorien-dolomite	Göschwitz-Subformation	
	Basisgipse + Steinsalzresiduen bzw. Steinsalz		Vitzenburg-Subformation		

Abb. 5: Stratigraphische Neugliederung der Röt-Formation (nach Exner 1999 und Perm/Trias-Subkommission 2001).

Allerdings stößt die Übertragung der sequenzstratigraphischen Terminologie des EXXON-Modells, das für passive Kontinentalränder mit ihrem nahezu unbegrenzten Akkomodationsraum und relativ steilen Gradienten entwickelt wurde (vgl. Vail et al. 1977), in diesen reliefarmen Epikontinentalbecken auf ihre Grenzen (vgl. Shanley & McCabe 1994, 1998). Hier hat sich das Konzept der „Erosionsbasis“ (base level) bewährt (vgl. Cross et al. 1993; Aigner et al. 1999), dessen Anwendung bisher aber nur auf ausgewählte stratigraphische Bereiche mit ihren spezifischen Ablagerungssystemen beschränkt blieb (z.B. Pöppelreiter 1998).

Stufe	Unterstufe	Zone	Lithostratigraphie	FRANTZEN 1888	KOZUR 1974	HAGDORN et al. 1993	GÖTZ 1994	Sequenzstrat.
ANIS	illyr		Unterer Dolomit	Mittlerer Muschelkalk	mm ₁	Mittlerer Muschelkalk orbicularis-Member mmKO (orbicularis-Schichten)	Mittlerer Muschelkalk	An4
			Grenzbank orbicularis-Schichten					
	Obere Schaumkalkbank	Schaumkalk γ	mu ₂	muW3	Wellenkalk-3-Member (Oberer Wellenkalk)	mu III	d c b	
	Mittlere Schaumkalkbank							Schaumkalk β
	Untere Schaumkalkbank	Schaumkalk α	mu _{1γ}	muW2	Wellenkalk-2-Member (Mittlerer Wellenkalk)	mu I	e d c b a	
	Pelson							lockefel- Zone
		Untere Terebratelbank	Schaumkalk β	mu _{1βoo}	muWO	Oolithbankbank-Member (Oolithbänke)	mu I	
	Bithyn	germanica - A-Zone						Spiriferinabank
			Obere Oolithbank (β)	Röt	mu _{1α}	Röt	Röt	An1
	Aege		Untere Oolithbank (α)					
Grenzbank Grenzgelbkalk			Röt	mu _{1α}	Röt	Röt	An1	
		Myophorienschichten						Röt

Abb. 6: Stratigraphie des Unteren Muschelkalk (aktualisiert nach Götz 2000).

Exkursion

Exkursionspunkt 1: Unterer und Mittlerer Buntsandstein, ehemaliges Steinbruchgelände Großwangen (GK 25: 4735 Nebra, R: 44 67 800, H: 56 81 500).

Dieser Aufschluss gehört zu den wenigen Punkten in Mitteldeutschland, in denen die Schichtgrenze zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein erschlossen ist. Die große Aufschlussfläche ermöglicht eingehende Untersuchungen zur Genese, wobei insbesondere die fazielle Ausbildung des Dolomitischen Sandsteins eine vermittelnde Rolle zwischen der Entwicklung im nördlichen Harzvorland und in Südostthüringen einnimmt. Als bisher einmalig sind die synsedimentären Phänomene im Grenzbereich Unterer/Mittlerer Buntsandstein hervorzuheben, die tektonische Bewegungen in dieser Zeit belegen. Bearbeitet wurde der Aufschluss von Heinzelmann (1969), Schüler et al. (1989), Radzinski (1995), Radzinski & Seidel (1997), Gaupp et al. (1998), Voigt & Gaupp (2000) und Roman (2003).

Aufgeschlossen sind etwa 33 m des Buntsandstein (Abb. 7). Das Profil erschließt die obersten Teile der Bernburg-Formation des Unteren Buntsandstein und basale Teile des Mittleren Buntsandstein (?Quickborn-Formation, Volpriehausen-Sandstein). Der Untere Buntsandstein wird durch die grauen „Dolomitischen Sandsteine“, die mit maximal 16 m im unteren Teil des Steinbruchs aufgeschlossen sind und die knapp 3 m mächtigen „Rotbraunen Rippelschichten“ vertreten (informelle Gliederung nach Heinzelmann 1969).

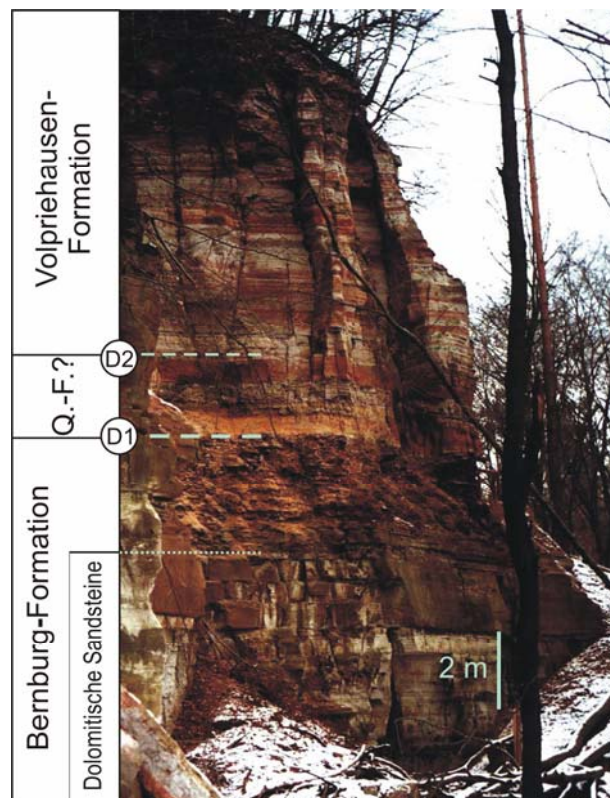


Abb. 7: Der auflässige Steinbruch Großwangen erschließt den obersten Teil der Bernburg-Formation des Unteren Buntsandstein und die Basis des Mittleren Buntsandstein (?Quickborn-Formation und Volpriehausen-Formation). Bei dem fraglichen Äquivalent der Quickborn-Formation handelt es sich um einen Erosionsrest im Liegenden des Volpriehausen-Sandsteins, der von diskordanten Schichtgrenzen im Liegenden und Hangenden begrenzt wird (Foto: A. Roman).

Der Dolomitische Sandstein ist überwiegend fein- bis mittelkörnig. Die meist gut gerundeten Quarz- und Feldspatkörner werden durch ein dolomitisch-calcitisches Bindemittel zementiert. Dünnschliffuntersuchungen zeigen, dass neben den Zementen auch ein primärer Karbonatanteil vorhanden ist, der

aus frühdiagenetisch dolomitisierten Ooiden besteht (Radzinski 1995, Voigt & Gaupp 2000, Roman 2003). Relikte dieser Ooide sind im Dünnschliff noch erkennbar (Abb. 8). Dominierendes Schichtgefüge der Dolomitischen Sandsteine sind planare Schrägschichtungskörper mit zwischengelagerten grünen Pelitlagen sowie flache Erosionsdiskordanzen, die typisch für auflaufendes Wasser am Rande stehender Gewässer sind. Gerippte Sandlagen sind in die tonigen Horizonte eingeschaltet. Trockenrissbildungen dokumentieren zeitweise subaerische Exposition. Der Sedimentationsraum wird als randnaher lakustriner Bildungsraum interpretiert, in dem wandernde Sandbarren für die Vermischung terrigener Klastika mit lakustrinen Ooiden sorgten, deren Bildungsraum beckenwärts auf isolierten Barren zu suchen ist (Gaupp et al. 1998, Voigt & Gaupp 2000).

In den Rotbraunen Rippelschichten überwiegen rotbraune, feinlaminierte Pelite als Bildungen eines flachen Playa-Sees. Eingeschaltet sind dünne Sandsteinlagen mit Oszillationsrippeln, die als Sedimente temporärer Sandschüttungen vom Seerand nach Starkniederschlägen gedeutet werden, welche später durch Wind und Wellen überformt wurden. In einzelnen Tonlagen wurden Conchostraken gefunden.

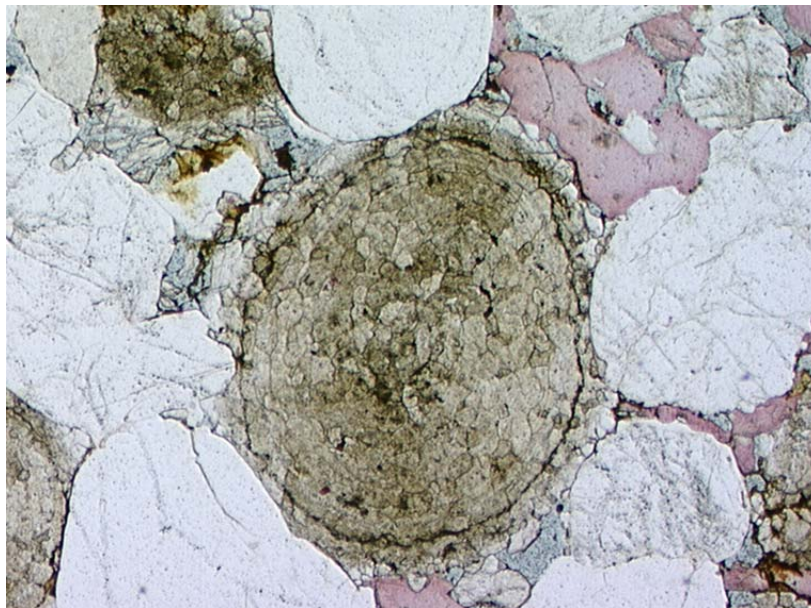


Abb. 8: Dünnschliffe des Dolomitischen Sandsteins zeigen neben gut gerundeten Quarzen und Feldspäten grobkristallinen Dolomit, in welchem tangentiale Geisterstrukturen von Ooiden und frühdiagenetische Hämatit-Kutane zu erkennen sind. Die erste Zementgeneration (anisopacher Faserzement?) wurde gemeinsam mit den Ooiden dolomitisiert. Außerdem tritt ein späterer Calcit-Blockzement (rot angefärbt) und geringfügig offener Porenraum (blau) auf. Der Durchmesser des Ooids beträgt 1,2 mm (Foto: T. Voigt).

Bei dem fraglichen Äquivalent der Quickborn-Formation handelt es sich um einen Erosionsrest im Liegenden des Volpriehausen-Sandsteins, der von diskordanten Schichtgrenzen im Liegenden und Hangenden begrenzt wird. Der untere Teil besteht aus einer gut geschichteten Wechselfolge von grüngrauen und rotbraunen Ton- und Siltsteinen, die von einem schlecht sortierten, rotbraunen, grobkörnigen Sandstein überlagert wird. Dieser Sandstein greift erosiv in die Liegendschichten ein. Es dürfte sich um Bildungen einer distalen Sandebene handeln, die durch Schichtfluten und temporäre Wasserbedeckung gekennzeichnet war. Mattierte, kugelige Quarzkörner deuten zusätzlich auf äolische Prozesse hin.

Der überlagernde Volpriehausen-Sandstein ist eine Wechselfolge von bunten (hellen, rotbraunen und ockerbraunen) mittelkörnigen, teilweise grobkörnigen Sandsteinen von > 8 m Mächtigkeit, bei einer Gesamtmächtigkeit von 25 m. Der aufgeschlossene untere Teil wird durch eine überwiegend flaserige, enge Feinschichtung charakterisiert; auffallend sind die bunten Gesteinsfarben. An der Oberfläche der Sandsteinbänke treten teilweise Trockenrisse auf, gelegentlich auch Oszillationsrippeln. Die Materialanlieferung erfolgte zumindest teilweise fluviatil, wie die Erhaltung einer eingeschnittenen

flachen Rinne im zweiten Steinbruch belegt. Der Ablagerungsraum wird als flache Überflutungsebene zwischen weitständigen Strömungsrinnen gedeutet, die teilweise von kleineren temporären Wasserflächen bedeckt war. Der äolische Einfluss wird durch mattierte Quarze, Deflationshorizonte („Einkornlagen“) und dünne Schrägschichtungseinheiten repräsentiert, die wohl als Reste kleiner Dünen betrachtet werden können. Die Flaserstrukturen, schlecht sortierte Pelit-Sand-Mischgesteine und verschiedene Deformationsgefüge weisen außerdem auf evaporitische Prozesse hin (salinare Sandebene mit Salzkrusten und Haloturbation), auch wenn die Salze selbst wieder gelöst wurden.

Als bisher einzigartiges Phänomen ist die synsedimentäre Tektonik im Grenzbereich vom Unteren zum Mittleren Buntsandstein anzusehen (vgl. Beutler et al. 1997, Voigt & Gaupp 2000, Voigt et al. 2001). Über einer flachen Winkeldiskordanz (D1) folgen Silt-, Sand- und Tonsteine, die noch im unverfestigten Zustand deformiert worden sind. Auffallend sind die Tondiapire. Die darüberliegende feingeschichtete Wechsellagerung von Ton-, Silt- und Sandstein ist an kleinen staffelartigen Störungen zu einer Grabenstruktur abgebrochen. In der abgesenkten Flanke blieben etwa 1,5 m einer sandigen Schichtenfolge erhalten, die außerhalb des Grabenbruchs flächenhaft abgetragen wurde. Erst die nachfolgende Sandsteinbank überdeckt diskordant (D2) die Paläostruktur. Sie belegt damit das Alter des Grabens (Grenze Bernburg-Formation/Volpriehausen-Formation). Dieser Zeitraum fällt mit der Anlage einer weit verbreiteten Erosionsfläche an den Schwellengebieten des Germanischen Beckens zusammen (V-Diskordanz). Da der synsedimentäre Graben die gleiche Orientierung wie die Kyffhäuser-NE-Rand-Störung aufweist, haben Schüler et al. (1989) eine Buntsandstein-zeitliche Aktivierung dieser Regionalstörung vermutet.

Exkursionspunkt 2: Oberer Buntsandstein, auflässiger Tontagebau Karsdorf (GK 25: 4736 Freyburg, R: 44 76 480, H: 56 82 320).

Mit einer Profilhöhe von ca. 50 m ist der als Biotop geschützte Tontagebau einer der besten Aufschlüsse in der Röt-Formation Mitteldeutschlands (Abb. 9). Seine Bearbeitung durch Jubitz (1959) bildete den Ausgangspunkt für eine lithogenetisch ausgerichtete Rötgliederung, die maßgeblich für die Gliederung im Triasstandard der DDR wurde (Docker et al. 1980). Da diese Gliederung auf die nördlichen Beckenteile des Germanischen Beckens übertragen werden konnte, wurde sie im Rahmen einer Neubearbeitung durch Exner (1999) und der daran anschließenden Diskussion in der Perm/Trias-Subkommission als Typusgliederung für das Hauptbecken ausgewählt. Tab. 1 zeigt die Untergliederung dieses Neuvorschlags und seine Korrelation zur älteren Gliederung sowie zur Gliederung von Hinze (1967), die mit ihren vier Einheiten als Typusgliederung für die stärker randlichen Rötprofile anzusehen ist.

Der Tontagebau ist das Typusprofil für die Karsdorf- und Gleina-Subformation. Die Karsdorf-Subformation ist weiter untergliedert in die Untere Violet-Folge und die Rote Folge (früher „Werksfolge Karsdorf“).

Die Untere Violet-Folge ist im östlichen Teil der Grube mit etwa 9,5 m aufgeschlossen, es fehlen bis zur Untergrenze etwa 3 m. Charakterisiert wird dieser Abschnitt durch eine intensive Wechsellagerung von gut geschichteten rotbraunen, violetten und grüngrauen, meist siltigen Tonsteinen, die von einzelnen Sandsteinlagen, dünnen Siltlagen und zahlreichen Gipslagen durchsetzt werden. Die Rote Folge ist mit 32 m Mächtigkeit komplett aufgeschlossen und besteht nahezu vollständig aus ungeschichteten, massigen rotbraunen Tonsteinen, die keine Sulfate führen. Auffallend sind mehrere grüne Lagen, die etwa in der Mitte des Profils Dezimeter starke verkieselte Feinsandsteine führen. Sie besitzen Leitbankcharakter und können als „Doppelquarzit“ für die regionale Korrelation genutzt werden. Relativ häufig ist die marine Muschel *Costatoria costata*.

Von der überlagernden Gleina-Subformation sind im Tagebau auf der oberen Berme noch etwa 14 m aufgeschlossen. Wegen der erneut häufig auftretenden violetten Tonsteinlagen wurde dieses Profilstück auch als „Obere Violet-Folge“ bezeichnet. Besonders häufig sind Knollengipslagen, die im Gelände als Terrassenbildner wirksam sind. Sie können als frühdiagenetische Gipsknollen gedeutet werden, die nahe der Sedimentoberfläche einer salinaren Tonebene gebildet wurden (sulfatische Aridisols). Gemeinsam mit der roten Farbe der umgebenden Pelite deuten diese Gipse auf längere subaerische Expositionszeiten der Sabkha hin. Hypersalines Grundwasser und arides Klima sind unabdingbare Voraussetzungen für diese Bildungen. Eingeschaltete Feinsandlagen enthalten fossile

Schwermineraleisen mit sehr hohen Zirkon-Magnetit-Konzentrationen. Sie wurden vermutlich unter sehr flacher Wasserbedeckung angereichert.

Die Lagerungsverhältnisse im Tagebau sind erheblich durch die Sulfatsubrosion gestört. An der westlichen Grubenwand ist ein fossiler Erdfall angeschnitten, der mit jüngeren Sedimenten gefüllt ist. Diese Erdfälle sind das Ergebnis von Ablagungsprozessen im Untergrund, die einen erheblichen Einfluss auf die Gründung der Betriebsanlagen gehabt haben. Von diesen Lösungsvorgängen war sowohl der unmittelbar im Liegenden folgende Gips der Glockenseck-Subformation, als auch über Störungen das Sulfat der Vitzenburg-Subformation betroffen.



Abb. 9: Auflässiger Tagebau Karsdorf. Der Pfeil markiert die Grenze zwischen Karsdorf- und Gleina-Subformation. Im Hintergrund die Weinlage Karsdorfer Hohe Gräte (Foto: T. Voigt).

Exkursionspunkt 3: Grenze Röt/Muschelkalk und basaler Unterer Muschelkalk, Straßenanschnitt NW Tagebau Karsdorf (GK 25: 4736 Freyburg R: 44 76 100, H: 56 84 250).

Die aufgeschlossene Schichtenfolge von der Röt/Muschelkalk-Grenze bis zu den Oolithbänken repräsentiert die erste Ablagerungssequenz 3. Ordnung innerhalb des Unteren Muschelkalk (vgl. Götz 2004, Abb. 6). Transgressive Ablagerungen (TSd) bilden den unteren Profilabschnitt des basalen Unteren Wellenkalk (muW1). Die Phase maximaler Überflutung ist im höheren Teil des Unteren Wellenkalk durch das Auftreten zahlreicher Hartgrundlagen dokumentiert, welche sich im süddeutschen Teilbecken mit dem sog. 9 m – Horizont, einem stark mergeligen Intervall, im Unteren Wellenkalk (vgl. Götz & Wertel 2002) korrelieren lassen. Die Oolithbänke bilden späte Hochstandablagerungen (eHSd) mit typischen Flachstwassersedimenten. Emersionsflächen im Bereich der Röt/Muschelkalk-Grenze und im Hangenden der Oberen Oolithbank, welche als Sequenzgrenzen interpretiert werden können, fehlen hier; sie treten nur an den Beckenrändern auf (Szulc 2000).

Eine Besonderheit im Unteren Wellenkalk ist ein auf 5 bis 6 m Länge eingeschaltetes Schlammstromsediment (debris flow), dessen Entstehung auf ein seismisches Ereignis während der Sedimentation zurückgeführt werden kann. Solche Sedimente sind in diesem stratigraphischen Niveau auch aus Oberschlesien, Thüringen, Hessen und Mainfranken bekannt (Szulc 1993, Götz 1996, Voigt & Linnemann 1996, Föhlisch & Voigt 1999). Im südlichen Sachsen-Anhalt wurden Seismite im Unteren Muschelkalk aus Aufschlüssen westlich von Halle (Köllme) und bei Querfurt beschrieben (Rüffer 1996, Götz 1996). Das sehr geringe Gefälle des Meeresbodens im Unteren Muschelkalk und die weite zeitgleiche Verbreitung der Massenbewegungen unterstützen eine seismische Interpretation. Die Orientierung von internen Deformationsstrukturen der Debrite gibt Auskunft über die Bewegungsrichtung der Rutschmassen. Daraus lässt sich wiederum die Lage der Epizentren im Unteren Muschelkalk des Germanischen Beckens nahe der Pfortenregionen im SE (Schlesisch-Mährische Pforte) und SW (Burgundische Pforte) am Nordrand der Tethys rekonstruieren (Föhlisch & Voigt 2001). Ein weiteres Epizentrum wird östlich der Rheinischen Masse postuliert (Abb. 10).

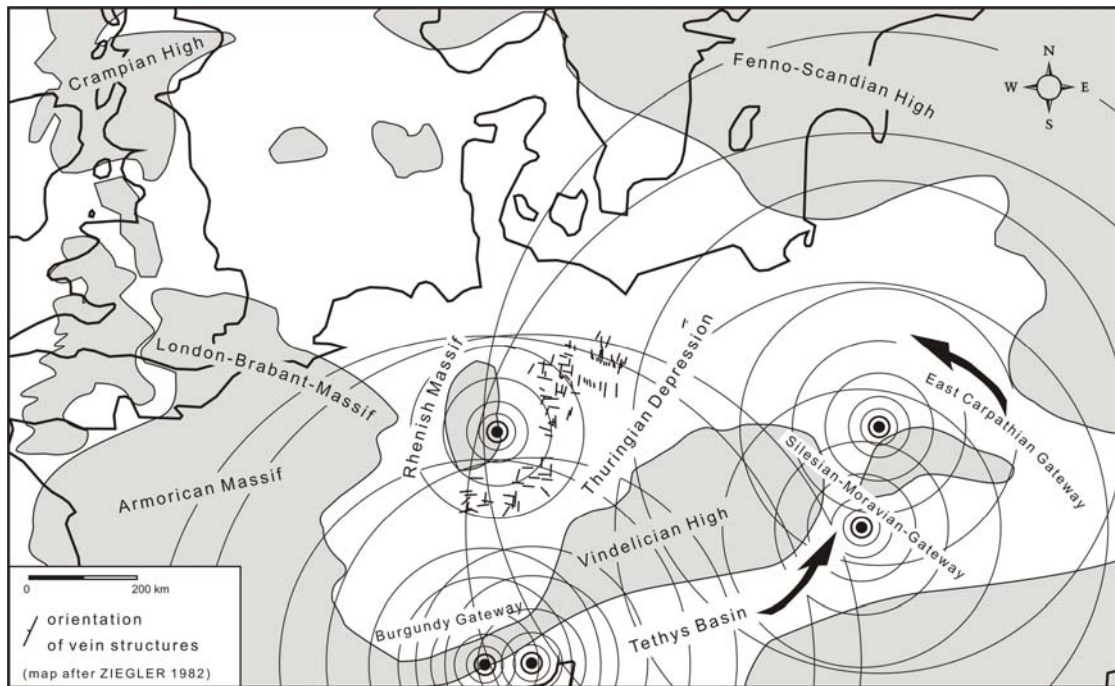


Abb. 10: Erdbeben-Epizentren im Germanischen Becken während des Unteren Muschelkalk (Anis), abgeleitet aus der Streichrichtung der Sigmoidalklüftung (aus Föhlisch & Voigt 2001).

Exkursionspunkt 4: Oberster Unterer Muschelkalk und Schaumkalkbänke, ehemaliges Steinbruchgelände Zscheiplütz (GK 4736 Freyburg (Unstrut), H: 56 75 650, R: 44 81 300).

Die Schaumkalkbänke im Raum Freyburg sind berühmt durch die Funde der Crinoidenart *Chelocrinus carnalli* (Abb. 11), welche dort als komplette Seelilienkronen mit Farbpigmenten erhalten sind (Hagdorn 1999, 2001).

Sedimentologisch-faziell stellen die Schaumkalkbänke typische Flachwasserablagerungen mit Peloiden und Schalenbruch als Hauptkomponenten von Karbonatsandbarren dar, welche sich von den Beckenrändern ins Beckenzentrum vorbauen. Daher sind die Mächtigkeiten der einzelnen Bänke und deren Anzahl innerhalb des Beckens unterschiedlich ausgebildet. Die Untere Schaumkalkbank ist mit bis zu 2 m am mächtigsten entwickelt und wurde früher als sog. Werksteinbank im Raum Freyburg in zahlreichen Steinbrüchen abgebaut (Pomper & Jubitz 1960). Diese Werk- und Ornamentsteine wurden an Kirchen und Profanbauten der Region, so z.B. am Freyburger Dom, verbaut.



Abb. 11: *Chelocrinus carnalli* aus dem Schaumkalk von Freyburg, Länge des Stücks 35 cm (Foto: Archiv, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg).

Sequenzstratigraphisch lassen sich die Schaumkalkbänke als späte Hochstandablagerungen der zweiten Ablagerungssequenz 3. Ordnung innerhalb des Unteren Muschelkalk interpretieren (Abb. 6). Eine Zyklizität höherer Ordnung (Abb. 12) ist in diesen Flachstwasserkarbonaten sehr deutlich dokumentiert. Bioklastische Grainstones bilden transgressive Ablagerungen (TSd), an deren Top eine dünne Mergellage die Phase maximaler Überflutung (mf) kennzeichnet. Die darüber lagernden Wellenkalke bilden die sog. Hochstandablagerungen (HSd), wobei flaserige Wellenkalke die frühe Hochstandphase (eHSd) und plattige Kalke die späte Hochstandphase (IHSd) charakterisieren. Hartgründe bzw. aufgearbeitete Hartgrundgerölle sowie die erosive Basis überlagernder Kalkbänke markieren Sequenzgrenzen (sb).

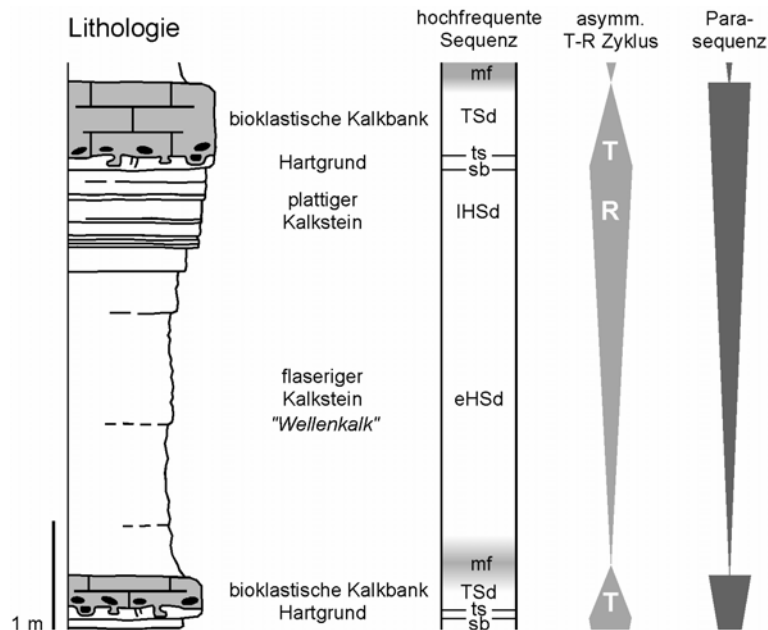


Abb. 12: Sequenzstratigraphische Interpretation von Kleinzyklen im Unteren Muschelkalk (verändert nach Götz 1996).

Literatur

- Aigner, T. & Bachmann, G.H. (1992): Sequence-stratigraphic framework of the German Triassic. *Sedimentary Geology*, **80**, 115-135.
- Aigner, T., Hornung, J., Junghans, W.-D. & Pöppelreiter, M. (1999): Baselevel cycles in the Triassic of the South-German Basin: a short progress report. In: Bachmann, G.H. & Lerche, I. (eds), *Epicontinental Triassic. Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Teil I*, **1998**, 537-544.
- Alberti, F.A. von (1834): Beitrag zu einer Monographie des Bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers, und die Verbindung dieser Gebilde zu einer Formation. 366 S., Cotta; Stuttgart.
- Beutler, G. Ernst, W., Franzke, H.J., Götz, A.E., Kellner, A., Schubert, J. & Voigt, T. (1997): Sedimentation und Tektonik der Trias im Thüringer Becken. In: Lützner, H. & Seidel, G. (eds): Regionale Geologie von Mitteleuropa. *Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, **3**, 59-81.
- Cross, T.A., Baker, M.R., Chapin, M.S., Clark, M.S., Gardner, M.H., Hanson, M.S., Lessenger, M.A., Little, E.L.D., McDonough, K.J., Sonnenfeld, M.D., Valasek, D.W., Williams, M.R. & Witter, D.N. (1993): Applications of high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis. In: Eschard, R. & Doligez, B. (eds): *Subsurface reservoir characterization from outcrop observations*, 11-33, Paris (Editions Technip).
- Dockter, J., Puff, P., Seidel, G. & Kozur, H. (1980): Zur Triasgliederung und Symbolgebung in der DDR. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften*, **8**, 951-963.
- Exner, M. (1999): Zyklische Stratigraphie und Fazies des Oberen Buntsandsteins (Röt-Formation) im Unstrut-Tal, Sachsen-Anhalt. unveröff. Diplomarbeit, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 86 S.; Halle (Saale).

- Föhlisch, K. & Voigt, T. (1999): Genese und Internstrukturen von slumps und debris flows im Unteren Muschelkalk. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Teil I*, **1997**, 1189-1203.
- Föhlisch, K. & Voigt, T. (2001): Synsedimentary deformation in the Lower Muschelkalk of the Germanic Basin. *International Association of Sedimentologists, Special Publications*, **31**, 279-297.
- Füchsel, G.C. (1761): Historia terrae et maris ex historia Thuringiae per montium descriptionem eruta. *Acten der Erfurter Academie*, **II**, 44-254.
- Gaupp, R., Voigt, T. & Lützner, H. (1998): Exkursion C: Stratigraphy and sedimentological evolution of Lower and Middle Triassic deposits in the SE part of the Germanic Triassic Basin. *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B*, **6**, 99-120.
- Götz, A.E. (1994): Feinstratigraphie des Unteren Muschelkalks und Tektonik am Südwestrand des Kreuzburger Grabens (Bl. 4927 Kreuzburg/Westthüringen). *Geologisches Jahrbuch Hessen*, **122**: 23-38.
- Götz, A.E. (1996): Fazies und Sequenzanalyse der Oolithbänke (Unterer Muschelkalk, Trias) Mitteldeutschlands und angrenzender Gebiete. *Geologisches Jahrbuch Hessen*, **124**, 67-86.
- Götz, A.E. (2000): Hochfrequente Sequenzen im Unteren Muschelkalk (Mitteltrias, Anis). *Beiträge zur Geologie von Thüringen, Neue Folge*, **7**, 115-123.
- Götz, A.E. (2004): Zyklen und Sequenzen im Unteren Muschelkalk des Germanischen Beckens. *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B, Beiheft* **18**, 91-98.
- Götz, A.E. & Wertel, C.G. (2002): Zyklische Sedimentation im Unteren Muschelkalk. *Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, **18**, 37-44.
- Götz, A.E., Szulc, J. & Feist-Burkhardt, S. (2005): Distribution of sedimentary organic matter in Anisian carbonate series of S Poland: evidence of third-order sea-level fluctuations. *International Journal of Earth Science (Geologische Rundschau)*, **94**, 267-274.
- Grumbt, E. & Lützner, H. (1983): Saxonische Tektonik und Basaltvulkanismus zwischen Thüringer Wald und Vorderrhön. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften*, **11**, 943-954.
- Hagdorn, H. (1999): Seelilien und Crinoidenkalke des Muschelkalks. – In: Hausche, N. & Wilde, V. (eds): *Trias – eine ganz anderer Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter*, 321-330, München (Pfeil).
- Hagdorn, H. (2001): Der Schaumkalk des Unteren Muschelkalks von Freyburg an der Unstrut. – In: Weidert, W.K. (ed.): *Klassische Fundstellen der Paläontologie*, Band 4, 62-75, Korb (Goldschneck-Verlag).
- Heinzelmann, W. (1969): Der Untere und Mittlere Buntsandstein auf Blatt Nebra. *Hallesches Jahrbuch für Mitteldeutsche Erdgeschichte*, **9**, 132-160.
- Hinze, C. (1967): Der Obere Buntsandstein (Röt) im südniedersächsischen Bergland. *Geologisches Jahrbuch*, **84**, 637-715.
- Jubitz, K.-B. (1959): Die Trias Ostthüringens als Rohstoffbasis (Baustein, Kalk, Zement). – In: Hoppe, W. (ed.): *Exkursionsführer Thüringer Becken. Jahrestagung der Geologischen Gesellschaft der DDR*, 99-138; Berlin (Akademie-Verlag).
- Kedzierski, J. (2000): Sequenzstratigraphie des Muschelkalks im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). *unveröff. Diss., Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*, 210 S.; Halle (Saale).
- Parrish, J.T. (1993): Climate of the supercontinent Pangaea. *Journal of Geology*, **101**, 215-233.
- Pöppelreiter, M. (1998): Controls on epeiric successions exemplified with the mixed siliciclastic-carbonate Lower Keuper (Ladinian, German Basin). *unveröff. Diss., Eberhard-Karls-Universität Tübingen*, 127 S.; Tübingen.
- Pomper, J. & Jubitz, K.-B. (1960): Der Schaumkalk von Freyburg/Unstrut, ein hochwertiger Werk- und Ornamentstein. – *Silikatechnik*, **11**, 167-174.
- Puff, P. (1994): Thüringen – Geologische Übersicht 1 : 400 000; Gotha (Perthes).
- Radzinski, K.-H. (1995): Zum Unteren und Mittleren Buntsandstein im Unstruttal bei Nebra (Südwestrand der Querfurter Mulde). *Mitteilungen zur Geologie von Sachsen-Anhalt*, **1**, 85-103.
- Radzinski, K.-H. & Seidel, G. (1997): Regionaler Vergleich der Profile des Unteren und Mittleren Buntsandstein zwischen Thüringer Becken und dem nordöstlichen Harzvorland. *Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen*, **5**, 117-132.

- Roman, A. (2003): Sequenzstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). *unveröff. Diss., Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*, 144 S; Halle (Saale).
- Rüffer, T. (1996): Seismite im Unteren Muschelkalk westlich von Halle (Saale). *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B*, **18**, 119-130.
- Schüler, F., Beutler, G. & Franzke, H.J. (1989): Über synsedimentäre Bruchtektonik an der Grenze Unterer/Mittlerer Buntsandstein auf der Hermundurischen Scholle. *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften*, **14**, 49-54.
- Shanley, K.W. & McCabe, T.J. (1994): Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, **78**, 544-568.
- Shanley, K.W. & McCabe, T.J. (1998): Relative role of eustacy, climate and tectonism in continental rocks. *Society for Sedimentary Geology (SEPM), Special Publications*, **54**, 1-334.
- Szulc, J. (1993): Early Alpine tectonics and lithofacies successions in the Silesian part of the Muschelkalk Basin. *In: Hagdorn, H. & Seilacher, A. (eds): Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991*, 19-28; Stuttgart (Goldschneck-Verlag).
- Szulc, J. (2000): Middle Triassic evolution of the northern Peri-Tethys area as influenced by early opening of the Tethys Ocean. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **70**, 1-48.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M. & Thompson, S. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 4: global cycles of relative changes of sea level. *In: Payton, C.E. (ed.): Seismic stratigraphy – Applications to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists, Memoire*, **26**, 83-97.
- Voigt, T. & Gaupp, R. (2000): Die fazielle Entwicklung an der Grenze zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein im Zentrum der Thüringer Senke. *Beiträge zur Geologie von Thüringen, Neue Folge*, **7**, 55-71.
- Voigt, T. & Linnemann, U. (1996): Resedimentation im Unteren Muschelkalk – das Profil am Jenzig bei Jena. *Beiträge zur Geologie von Thüringen, Neue Folge*, **3**, 153-167.
- Voigt, T., Bachmann, G.H. & Gaupp, R. (2001): Buntsandstein und Muschelkalk im Thüringer Becken. – *In: Gaupp, R. & Van der Klauw, S. (eds): Sediment 2001 – Programm, Kurzfassungen, Exkursionsführer. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, **13**, 137-169.
- Ziegler, P.A. (1990): Geological atlas of Western and Central Europe, *Shell Internationale Petroleum Maatschappij B. V. and Geological Society of London*, 239 S. (2. Auflage).