

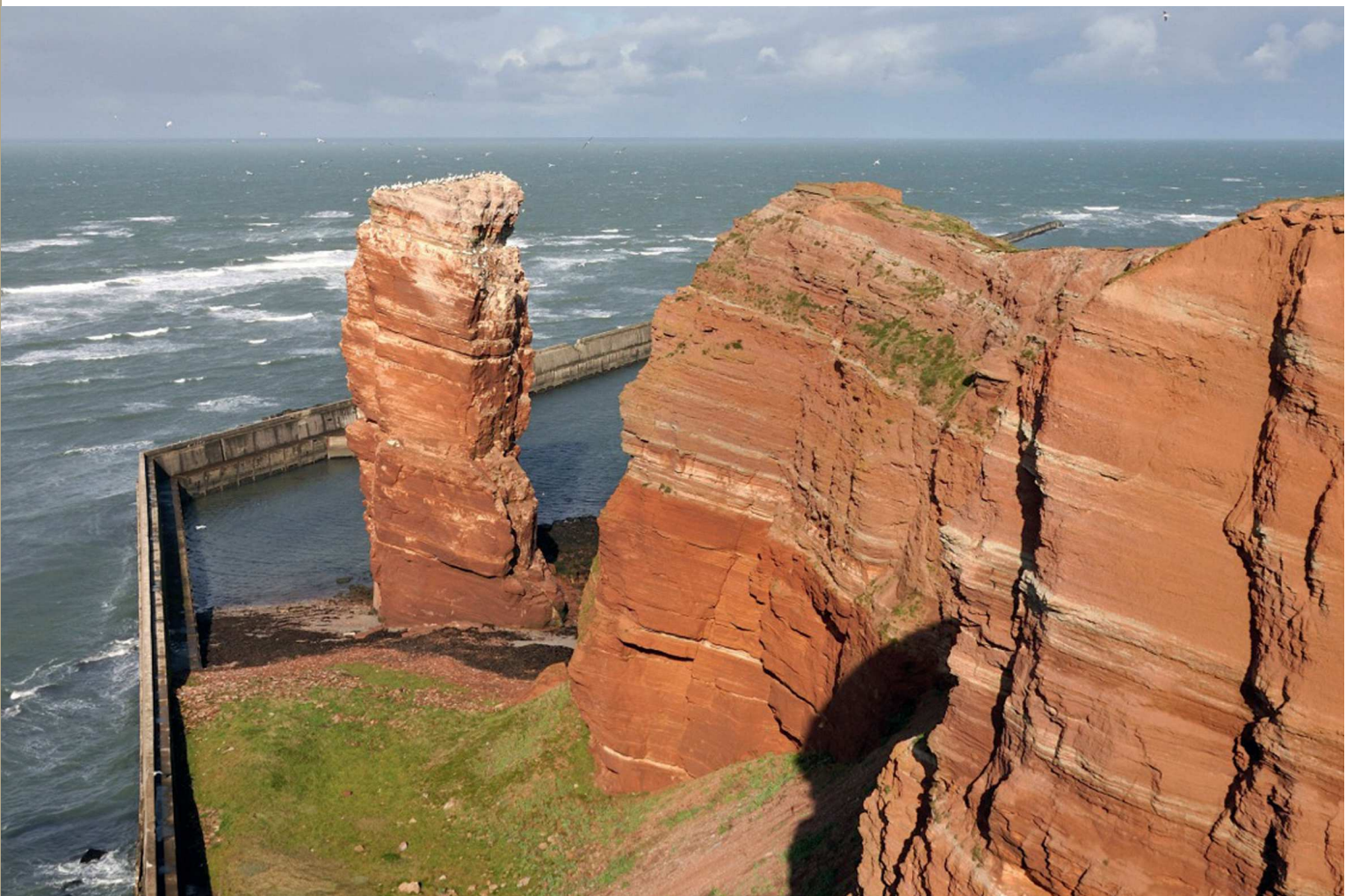
SDGG

Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften

2013 . Heft 69

Stratigraphie von Deutschland XI

Buntsandstein



■ BASF Gruppe

ERCOSPLAN

VORWEG GEHEN
GME

ISBN 978-3-510-49229-9



9 783510 492299

Schriftenreihe der
Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften
Heft 69

Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.)

Stratigraphie von Deutschland XI
Buntsandstein

Koordination/Redaktion:
Jochen Lepper & Heinz-Gerd Röhling
für die Subkommission Perm-Trias



Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, 2013

Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften SDGG
Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften
Schriftleitung: Jan-Michael Lange und Heinz-Gerd Röhling
ISSN 1860-1782

Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 69
Titel: Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein
ISBN ebook (pdf) 978-3-510-49268-8
ISBN 978-3-510-49229-9

Weitere Information zu diesem Titel: www.schweizerbart.de/9783510492671

Titelseite:

Einblick in den Buntsandstein des Norddeutschen Beckens:
Insel Helgoland mit „Langer Anna“

(Foto: Kurverwaltung Helgoland, mit frdl. Genehmigung durch den Tourismusdirektor Klaus Furtmeier)

© Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften, Hannover 2014
Printed in Germany

Vertrieb/Distributor:
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
(Nägele u. Obermiller)
Johannesstr. 3 A
70176 Stuttgart, Germany
<http://www.schweizerbart.de>
order@schweizerbart.de

Das Werk einschließlich aller Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Layout: DesignRing Designmanagement GmbH, Halle

Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort und Einleitung Jochen Lepper.....	5
2.	Rückblick auf die Erforschungsgeschichte des Buntsandstein Peter Puff, Karl-Heinrich Radzinski, Heinz-Gerd Röhling	9
3.	Paläogeographie des Mitteleuropäischen Beckens während der tieferen Trias (Buntsandstein) Heinz-Gerd Röhling, Jochen Lepper	43
4.	Lithostratigraphie des Buntsandstein in Deutschland Jochen Lepper, Dietrich Rambow (†), Heinz-Gerd Röhling.....	69
5.	Biostratigraphische Gliederungsmöglichkeiten des Buntsandstein Egon Backhaus (†), Hans Hagdorn, Carmen Heunisch, Eberhard Schulz	151
6.	Magnetostratigraphie, Zyklusstratigraphie, geologische Zeitskala und Nomenklatur des Buntsandstein von Mitteleuropa Manfred Menning, Karl-Christian Käding.....	165
7.1	Das Klima des Buntsandstein Josef Paul, Peter Puff.....	213
7.2.	Paläoböden im Buntsandstein und deren stratigraphische Bedeutung Wolfgang R. Dachroth.....	223
7.3.	Sequenz-, Base-level- und Zyklus-Stratigraphie im Buntsandstein - Ein Statusbericht Klaus-Werner Tietze, Heinz-Gerd Röhling.....	233
8.1	Der Buntsandstein im Norddeutschen Becken – regionale Besonderheiten Heinz-Gerd Röhling.....	269
8.2	Der Buntsandstein in der zentralen Hessischen Senke Michaela Dersch-Hansmann, Jochen Lepper, Dietrich Rambow (†), Klaus-Werner Tietze, Bernward Wenzel.....	385
8.3	Der Buntsandstein in der Thüringischen Senke Peter Puff, Karl-Heinrich Radzinski.....	421
8.4.	Der Buntsandstein in der Niederlausitz-Senke Peter Puff, Karl-Heinrich Radzinski.....	449
8.5.1	Raum Meckernich und angrenzende Gebiete Karl-Heinz Ribbert.....	457
8.5.2	Buntsandstein im Trier-Bitburg-Becken und dessen Umfeld (Südwest-Eifel und West-Hunsrück) Johannes Stets.....	467
8.6	Der Buntsandstein der Lothringen-Pfalz-Senke Wolfgang R. Dachroth.....	487
8.7	Buntsandstein im Saarland Erwin Müller	515
8.8	Der Buntsandstein in der Kraichgau-Senke und der südwestdeutschen Randfazies (Baden-Württemberg) Joachim Leiber, Helmut Bock, mit einem Nachtrag von Edgar Nitsch.....	525
8.9	Der Buntsandstein im nördlichen Bayern (nordwestliches Franken, Bruchschollenland und Randfazies im Untergrund) Walter Freudenberger, Gerd Geyer, Bernt Schröder	547
9.1	Der Buntsandstein in den Niederlanden und Nordost-Belgien Mark C. Geluk, Heinz-Gerd Röhling	583
9.2	Der Buntsandstein in Dänemark Heinz-Gerd Röhling.....	599
9.3	Der Buntsandstein in West-Polen Peter Puff, Karl-Heinrich Radzinski	625
9.4	Der Buntsandstein in Nordost-Frankreich Marc Durand	635
9.5	Die fazielle Entwicklung der Untertrias und unteren Mitteltrias in den Ostalpen Karl Krainer	647
	Verzeichnis der Autoren/Autorinnen.....	657

Wir danken den Sponsoren und Förderern



Lepper, J. (2013): Einführung. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 69: 5-7; Hannover.

1.

Vorwort und Einführung

[Preface and Introduction]

Jochen Lepper

Ahldener Str. 10E, D-30625 Hannover

Erste Vorarbeiten für die Buntsandstein-Monographie begannen, nachdem die Stratigraphische Kommission der DUGW im November 1984 beschlossen hatte, durch ihre Subkommissionen zusammenfassende Darstellungen für die grundlegenden stratigraphischen Einheiten der Bundesrepublik Deutschland zu erarbeiten. Zur Mitarbeit an der Monographie, die zunächst als ein kurzfristig zu erstellender Status-Report konzipiert war, erklärten sich 1985 bereit: E. Backhaus, G. Best, U. Brüning, H.-D. Dahm, M. Horn, H. J. Konrad, J. Kulick, J. Leiber, D. Ortlam, J. Paul, D. Rambow, E. Reitz, J. Schwarzmeier, K.-W. Tietze, H. Vossmerbäumer und J. Lepper, dem die Koordination übertragen wurde. Dieser Kreis bildete fortan die Arbeitsgruppe Buntsandstein, weitere Kollegen kamen später hinzu, andere hingegen schieden aus.

Entsprechend den Vorgaben der Stratigraphischen Kommission beschäftigte sich die Arbeitsgruppe bis 1989 vornehmlich mit der Sammlung von Referenzprofilen und deren einheitlicher Darstellung auf der Basis einer hierfür erarbeiteten Generallegende.

Nach der jahrzehntelangen Abschottung durch den Eisernen Vorhang und den damit einhergehenden Kontaktverboten führte die ebenso denkwürdige wie geschichtsträchtige Perm-Trias-Exkursion in das Thüringer Becken auf Einladung von Prof. Dr. R. Langbein, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, im September 1989 wieder zu einem ersten fachlichen Ost-West-Austausch, mit dem die Arbeit an der Buntsandstein-Monographie einen spürbaren Auftrieb erfuhr. Die im Rahmen dieser Exkursion entstandenen persönlichen Kontakte und Verbindungen zu Perm-Trias-Kollegen aus der damaligen DDR führten zu Beginn der 1990-er Jahre, unmittelbar nach der „Wende“, zur Integration der Kollegen G. Beutler, P. Puff, K.-H. Radzinski und F. Schüler in die Arbeitsgruppe. Die erste gemeinsame Arbeitssitzung fand im Frühjahr 1992 in Aschersleben statt. Vor allem die in den heutigen Bundesländern Thüringen und Sachsen-Anhalt vorhandenen Aufschlüsse und die aus ihnen abgeleiteten Kenntnisse waren ein großer Gewinn für die Erstellung der nunmehr zu erarbeitenden gesamtdeutschen Monographie. Die auf der Basis von Tiefbohrungen und reflexionsseismischen Messun-

gen erzielten Ergebnisse im norddeutschen Flachland führten zu einem deutlich besseren Verständnis der Beckenentwicklung im Buntsandstein. Jetzt entstanden Entwürfe für erste Becken-Schnitte. Gleichzeitig gab es einen Austausch mit der „ad-hoc-AG Geologie der BGR und der GLÄ“, die 1993 eine status-quo-Liste der stratigraphischen Begriffe, ihrer Symbole, Zuordnung zu Ländern und vertikalen Reichweite der stratigraphischen Einheiten zusammenstellen sollte (s. u.).

Ab 1994 konzentrierten sich die Arbeiten, nachdem die Datensammlung für die Referenzprofile und Beckenschnitte weitgehend abgeschlossen war, auf die Erarbeitung der Textbeiträge. Zunehmend banden dabei die Vorarbeiten für das internationale „Epi-continental Triassic Symposium 1998“ in Halle/Saale Kräfte, sie beförderten andererseits aber auch die Erörterung grundsätzlicher stratigraphischer Fragen.

Datengrundlage

Buntsandstein-Sedimente bedeckten zur Zeit ihrer Ablagerung den größten Teil Deutschlands. Heute dagegen treten sie nur auf weniger als 10 % der Gesamtfläche von Deutschland unmittelbar zutage, machen damit aber immerhin ca. 15 % der Festgesteinsverbreitung aus. Zusammen mit den jüngeren Muschelkalk- und Keuper-Ablagerungen der Germanischen Trias, prägen diese Gesteine jedoch weite Bereiche der Mittelgebirgs- und Schichtstufenlandschaften und gehören damit unbestritten zu den Charaktergesteinen Deutschlands.

Bedingt durch ihre weite Verbreitung hatten und haben die Ablagerungen des Buntsandstein eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung. Sie liegt nicht allein in der Ausbildung oberflächennaher Schichten (s. u.) sondern wesentlich in der Porosität der vielfach sandigen Gesteine des tieferen Untergrundes. Hier sind insbesondere die Erdgasspeichergesteine im Gebiet von Süddoldenburg und Umgebung zu nennen, das Geothermie-Potential von wasserführenden hochporösen Sandsteinen im tieferen Untergrund Norddeutschlands und die Trinkwassergewinnung in Mittel- und Süddeutschland sowie in der linksrheinischen Eifel und Pfalz. Auch ihre Ausbildung als poröses Trägergestein mesozoischer Vererzungen ist hier zu nennen.

Als Deckgebirge der Zechstein-Lagerstätten wurde der Buntsandstein in Hunderten von Kupferschiefer-, Kali- und Steinsalzbohrungen durchörtert sowie aus diesen und vielfältigen weiteren Gründen intensiv untersucht, gegliedert und bewertet. Der Buntsandstein enthält wichtige oberflächennahe Steine- und Erden-Lagerstätten. Hier sind insbesondere Bausandstein-Lagerstätten zu nennen, aus denen Rohmaterial für landschaftstypische Naturwerksteinprodukte sowie vielfältige Rohstoffe für die Fein- und Grobkeramik gewonnen werden. Geotechnisch besonders untersucht wurde der Buntsandstein für Tunnelbauten für die Bundesbahn-Neubaustrecke Hannover – Würzburg.

Die Zusammensetzung der Arbeitsgruppe Buntsandstein und des Autoren-Kollektivs spiegelt die vielschichtigen Interessen am Buntsandstein wider. Insbesondere aus den heutigen Staatlichen Geologischen Diensten (SGD) haben Kollegen der unterschiedlichsten Fachbereiche zusammen mit Spezialisten verschiedener Hochschulen sowie regionale Kenner in Deutschland und angrenzenden europäischen Ländern zur Monographie beigetragen.

Der in der Monographie dargelegte Kenntnisstand der Buntsandstein-Stratigraphie stützt sich in den Austrich-Gebieten des Buntsandstein im Wesentlichen auf regionalgeologische und stratigraphische Ergebnisse der geologischen Landesaufnahme der heutigen SGD (publiziert in zahlreichen Erläuterungen zur Geologischen Karte 1:25 000), Untersuchungen zur Wassererschließung, die Erkundung oberflächennaher Steine und Erden-Lagerstätten und Bundesbahn-Tunnelprojekte. Im norddeutschen Tiefland hingegen basiert der Kenntnisstand weitgehend auf Korrelationen geophysikalischer Bohrloch-Messkurven (Logs) aus Kohlenwasserstoff-Bohrungen; längere Kernstrecken, die stratigraphisch auswertbar wären, fehlen hier zumeist.

Zusammen mit den dafür zusammengetragenen Kenntnissen lieferten die leider unveröffentlichten „Lithologisch-paläogeographischen Karten der DDR 1 : 500 000“ (Nordhausen- bis Bernburg-Folge, Unterer Buntsandstein: Diener, Puff & Radzinski 1979; Volpriehausen- bis Solling-Folge: Radzinski, Hähnel, Puff & Dockter 1974; Röt: Jubitz, Menning, Stackebrandt & Wendland 1979) einen grundlegenden Beitrag.

Vorarbeiten für die Buntsandstein-Monographie beinhaltet auch der „Länderübergreifende Symbolschlüssel Geologie („Symbole aus der Geologie für die elektronische Datenverarbeitung“ im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft „Geologische Karte“ der geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Bodenforschung: Look & Vinken 1971) mit überarbeiteten Neuauflagen (1975 und 1991). Mit ihm wurden bundesweit stratigraphische Kürzel für Schichten flächendeckend eingeführt, wobei der Symbolschlüssel zum

stratigraphischen Inhalt und Umfang der Schichten natürlich nur begrenzte Aussagen enthalten konnte. Der „Arbeitsausschuß Buntsandstein“ der Geologischen Landesämter legte 1974 kurzgefasste „Richtlinien zur Gliederung des westdeutschen Buntsandstein“ vor; parallel hierzu, jedoch davon unabhängig, publizierte Richter-Bernburg 1974 – wesentliche Ergebnisse des Arbeitsausschusses nutzend – seine „Stratigraphische Synopsis des Buntsandstein“. Ebenfalls 1974 erschien in der damaligen DDR, wiederum unabhängig erarbeitet, die TGL (Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen) „Stratigraphische Skala der DDR, Trias“. Aufbauend auf dem „Symbolschlüssel Geologie“ (Preuss et al. 1991) liefen seit 1993 die Arbeiten der „ad-hoc-AG Geologie“ der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und der Geologischen Landesämter (heute SGD). Diese trugen der Tatsache Rechnung, dass in der Zwischenzeit eine Reihe länderspezifischer Symbolschlüssel entwickelt worden war. Der neue „Länderübergreifende Symbolschlüssel“ (LÜSS) hatte die Aufgabe, eine tabellarische Liste mit den in Deutschland verwendeten stratigraphischen Begriffen, ihrer Zuordnung zu Ländern, ihrer Symbole und ihrer generellen vertikalen Reichweiten zu geben. Der LÜSS hatte jedoch nicht das Ziel, länderübergreifende stratigraphische Richtlinien zu erarbeiten. Weil der bei den Geologischen Gemeinschaftsaufgaben (heute Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, LIAG) stationierte LÜSS kaum gepflegt wurde, hat er heute einen großen Aktualisierungsbedarf. Umso mehr war es Aufgabe der Buntsandstein-Monographie, nicht nur einen länderübergreifenden Statusbericht zu erarbeiten, sondern auch vielfältige Erläuterungen zu geben und länderübergreifende Präzisierungen vorzunehmen.

Ziel der Monographie

Die Ziele dieser Monographie sind:

- ein stratigraphisches Schema zu entwickeln mit dem Anspruch, den lithostratigraphischen Anforderungen unter Berücksichtigung der Allostratigraphie zu genügen, die stratigraphischen Grundbegriffe zu vereinheitlichen und den Empfehlungen zur stratigraphischen Nomenklatur und Klassifikation zu folgen (Hedberg 1976, Salvador 1994, Steininger & Piller 1999);
- vorhandene stratigraphische Unsicherheiten zu reduzieren und eine Nomenklatur zu erstellen, die eine breite Akzeptanz unter den Geowissenschaftlern findet (Staatliche Geologische Dienste, Universitäten, Industrie und Geologische Büros);
- die bereits existierende Nomenklatur soweit wie möglich zu bewahren, aber auch überholte Interpretationen zu revidieren;
- soweit erforderlich neue stratigraphische Einheiten zu definieren;

- existierende lithostratigraphische Definitionen zu präzisieren und
- grundlegende Neuerungen und Präzisierungen der SKPT umzusetzen (Subkommission Perm-Trias 2011: Beschlüsse seit 1991).

Die Buntsandstein-Monographie ist zwar ein gemeinsames Werk aller Autoren, darf aber nicht in allen Punkten als Ausdruck gemeinsamer und einheitlicher Auffassungen verstanden werden. Wo kein Konsens über stratigraphische Abgrenzungen oder Korrelationen von Schichten zu erzielen war, werden von den Autoren der Einzelkapitel z. T. unterschiedliche oder auch gegensätzliche Auffassungen und Interpretationen dargestellt, die teilweise auch dem Umstand der langwierigen Arbeit an der Monographie geschuldet sind; auf diese wird ggf. durch Querverweise oder Anmerkungen des Koordinators besonders hingewiesen. So konnte insbesondere im südwestdeutschen und linksrheinischen Buntsandstein mit dem angrenzenden nordostfranzösischen Buntsandstein bislang nur bedingt eine einheitliche und kohärente stratigraphische Gliederung erreicht werden; speziell diese Einzelbeiträge repräsentieren daher Auffassungen der jeweiligen Autoren. Demzufolge trägt die Buntsandstein-Monographie in diesen Fällen einen eher synoptischen Charakter.

Formalia/Terminologie

Alle stratigraphischen Namen werden substantivisch und mit Bindestrich benutzt, also z. B. Detfurth-Sandstein, adjektivische Formen sollen nicht verwandt werden (Steininger & Piller 1999) - dies z.T. entgegen den Festlegungen des Arbeitsausschusses Buntsandstein (1974). Die stratigraphischen Namen werden nicht dekliniert und daher konsequent ohne Flexionsendungen (Genitiv-s) geschrieben.

Die Namen für paläogeographische Einheiten werden vereinheitlicht und auf die vier folgenden Kategorien beschränkt:

Massiv: Alle randlichen, aber auch beckeninternen Hoch- und Abtragungsgebiete, auf denen der Buntsandstein primär fehlt,

Becken: Großräumige Buntsandstein-zeitliche Senkungsgebiete,

Senke: Buntsandstein-zeitliche beckeninterne Senkungsgebiete,

Schwelle: Buntsandstein-zeitliche beckeninterne Hochgebiete oder Hebungszonen (mit reduzierter Mächtigkeit).

Die Namen der paläogeographischen Großstrukturen finden sich in den Abbildungen zu Kap. 3 (Röhling & Lepper 2013 dieser Band). Für die paläogeographischen Elemente werden generell substantivische Namen benutzt, wenige traditionelle, adjektivisch gebildete Namen (wie z. B. Hessische Senke) werden jedoch beibehalten.

Rückblick und Ausblick

Die Arbeit der AG Buntsandstein ist mit der Drucklegung der Monographie nicht abgeschlossen:

Es gilt weiterhin offene oder strittige Fragen zu stratigraphischen Abgrenzungen und Korrelationen zu klären.

Neuerkenntnisse und Korrekturen müssen erfasst und aufbereitet werden (Datenpflege).

Die Sammlung der Referenzprofile muss konsequent erweitert, ergänzt und ggf. überarbeitet werden.

Diese Arbeiten sind auch für die laufende Erarbeitung des Lithostratigraphischen Lexikons (LithoLex) der DSK unerlässlich.

Rückblickend ist festzustellen, dass die Buntsandstein-Monographie in der Tradition des Ministerial-Erlasses vom 06.03.1875 steht „betr. Statut der königlich Geol. Landesanstalt und Bergakademie in Berlin“ (1) „*die geologische Untersuchung des Preußischen Staatsgebietes auszuführen und die Ergebnisse derselben in solcher Weise zu bearbeiten, daß sie für die Wissenschaft ebenso wie für die wirtschaftlichen Interessen des Landes allgemein zugänglich und nutzbringend werden*“ und (2) „*hiernach liegen der Geologischen Landesanstalt folgende Aufgaben ob: ... Die **Bearbeitung monographischer geologischer Darstellungen einzelner Landesteile (oder Mineral-Vorkommnisse)***“.

Möge die Buntsandstein-Monographie in diesem Sinne der geowissenschaftlichen Gemeinschaft von Nutzen sein!

Dank und Widmung

Unabhängig von individuellen Danksagungen in einzelnen Teilbeiträgen der Monographie waren die Autoren eigener Beiträge darüber hinaus vielfach auch bei der Abfassung anderer Kapitel konstruktiv beratend, mit kritischen Hinweisen oder auch Teilbeiträgen beteiligt, was an dieser Stelle besonders erwähnt und hier pauschal gewürdigt werden soll. Als externe Gutachter eines frühen Stadiums des Gesamtwerkes haben sich in besonderer Weise Carsten Hinze, Hannover, Franz Kockel, Burgwedel, und Reinhard Gaupp, Jena, verdient gemacht, denen hierfür ein besonderer Dank gebührt.

Gewidmet ist die Monographie den verstorbenen Kollegen

Egon Backhaus (1927–2002), Manfred Horn (1934–1999), Hans-Joachim Konrad (1935–1989), Jens Kulick (1931–1996), Dietrich Rambow (1933–2013) und Fritz Schüler (1935–1990), die durch ihren Tod aus der Mitarbeit herausgerissen wurden und die Fertigstellung der Monographie nicht mehr miterleben können.

Puff, P., Radzinski, K.-H. & Röhling, H.-G. (2013): Rückblick auf die Erforschungsgeschichte des Buntsandstein. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – In: Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 69: 9-41; Hannover.

2.

Rückblick auf die Erforschungsgeschichte des Buntsandstein

[The history of Buntsandstein research]

Peter Puff¹, Karl-Heinrich Radzinski², Heinz-Gerd Röhling³

¹ Dornburger Str. 136, D-07743 Jena (vormals Geologische Land- und Boden-Untersuchung Jena), ppuffjena@t-online.de

² Carl-von-Ossietzky-Str. 13, D-06114 Halle/Saale (vormals Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt)

³ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Geologischer Dienst von Niedersachsen, Stilleweg 2, D-30655 Hannover, heinz-gerd.roehling@lbeg.niedersachsen.de

Kurzfassung

Bei G. C. Füchsel (1719 - 1767) erscheinen die rötlichen Buntsandsteinsedimente in Thüringen als „Sandgebürge“, das er von seinem „Kalchgebürge“ (=Zechstein) im Liegenden und dem „Muschelkalch“ im Hangenden abgrenzt. Der stratigraphische Begriff „Bunter Sandstein“ wurde gegen Ende des 18. Jahrhunderts durch A. G. Werner geprägt. In den 1850er Jahren änderte sich dann die Schreibweise in „Buntsandstein“. 1834 vereinigte F. von Alberti Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper zur „Trias-Formation“ (heute: Trias-System).

Die in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts in Gebieten mit an der Oberfläche austreichendem Buntsandstein durchgeführten systematischen Kartierungsarbeiten führten zu detaillierten Kenntnissen seiner lithostratigraphischen Untergliederung – aber auch zu einer verwirrenden Vielfalt stratigraphischer Bezeichnungen von nur lokaler Bedeutung. O. Grupe (1914) versuchte eine erste umfassende Betrachtung des deutschen Buntsandstein.

Untersuchungen zum sohlbankzyklischen Aufbau des Buntsandstein, in den 1950er Jahren durchgeführt von H. Boigk und W. Hoppe und in der Folgezeit von zahlreichen Autoren fortgesetzt, führten schließlich zum aktuellen detaillierten hierarchischen Gliederungsschema. Im Norddeutschen Becken, wo der Buntsandstein von einer mächtigen Decke jüngerer mesozoischer und känozoischer Sedimente bedeckt ist, konnten detaillierte Kenntnisse zur Feingliederung mittels geophysikalischer Bohrlochmessungen erreicht werden. Bedeutung für die Gliederung besitzen seit A. Herrmann (1962/64) mehrere Diskordanzen mit unterschiedlich großen Schichtlücken, insbesondere im Liegenden der Solling-Formation (sogenannte H-Diskordanz). Die durch überwiegende oxidierende Sedimentationsverhältnisse und sehr eingeschränkten Faunenaustausch mit der marinen Tethys bedingte Fossilarmut behinderte biostratigraphische Gliede-

rungsversuche, jedoch erwiesen sich in jüngerer Zeit Unterteilungen mit Conchostraken und palynologischen Daten als erfolgreich.

Die Resultate aller dieser in den letzten Jahrzehnten angestellten Untersuchungen lieferten die Basisdaten für Darstellungen der Fazies- und Mächtigkeitsverteilung und der Position von Schwellen und Teilbecken auf paläogeographischen Karten. Sie erlauben auch zuverlässige stratigraphische Vergleiche mit dem Buntsandstein der Nachbarländer.

Abstract

G. C. Füchsel (1719 - 1767) defined the reddish Buntsandstein sediments in Thuringia as “Sandgebürge”, interbedded between his “Kalchgebürge” (the underlying Zechstein) and the overlying “Muschelkalch”. The stratigraphical term “Bunter Sandstein” was created by A. G. Werner at the end of the 19th Century. In the 1850s, “Bunter Sandstein” was changed to “Buntsandstein”. F. von Alberti established the system “Trias” after the tripartition of Buntsandstein, Muschelkalk and Keuper.

Systematic geological mapping of outcrops of Buntsandstein in the German uplands, carried out in the second half of 19th Century, resulted in a detailed knowledge of the lithostratigraphic subdivision, as well as a confusingly large number of lithostratigraphic terms. O. Grupe (1914) published a first synopsis for the German Buntsandstein.

Studies on the fining-upward cyclicity of the Buntsandstein, undertaken in the 1950s by H. Boigk, W. Hoppe and in the following decades by a lot of authors led to the present detailed hierarchical subdivision of the Buntsandstein. In the northern parts of Germany, where the Buntsandstein is overlain by a thick cover of younger Mesozoic and Cenozoic sediments, a detailed knowledge of the actual lithostratigraphic subdivi-

sion was supported by the systematic evaluation of geophysical logs of boreholes.

An additional effect was the identification of unconformities especially the pre-Solling unconformity (the so-called H-unconformity, A. Herrmann 1962/64). The scarce fossil content because of predominantly oxidizing conditions and the restricted faunal exchange with the marine Tethys make biostratigraphic subdivisions difficult, but in the last few decades attempts using conchostraces and palynological data were successful.

The data obtained provide the basis for the examination of facies distribution and thickness variation patterns, and for the construction of paleogeographic maps that show the positions of swells and sub-basins. They also reveal the correlations with the Buntsandstein in neighbouring countries.

Schlüsselwörter: Trias, Buntsandstein, Begründer der Nomenklatur, Forscherpersönlichkeiten, Historische Karten, Stratigraphische Entwicklung, Erforschungsgeschichte

Keywords: Triassic, Buntsandstein, originators of nomenclature, important personalities, historical maps, history of stratigraphy development, history of research

2.1. 18. Jahrhundert

Die klassische Germanische Trias und damit auch der Buntsandstein sind bereits seit mehr als 200 Jahren Ziel umfangreicher geowissenschaftlicher Untersuchungen. Die Urheberschaft des Begriffs „Bunter Sandstein“ wird Abraham Gottlob Werner (Abb. 2-1) zugeschrieben (Backhaus 1980), ohne dass der Begriff in seinen Publikationen erscheint. Wie aus den erhaltenen Manuskripten in der Handschriftensammlung der Bergakademie Freiberg hervorgeht, hatte Werner in seinen Vorlesungen zur Geognosie stets einen jüngeren „Bunten Sandstein“ vom älteren „Rothen Sandstein“ (des Rotliegenden) unterschieden (Hagdorn & Nitsch 1999). Der Name lässt sich gedruckt erstmals bei Meuder (1802), einem Schüler Werners nachweisen, gilt dort allerdings nur für den unserem heutigen Unteren und Mittleren Buntsandstein entsprechenden Schichtabschnitt, während der Röt als „neuere Flötzgypsformation“ gesondert ausgeschieden wurde.

Vor der Namengebung hatte 1761 bereits Georg Christian Fuchsel (Abb. 2-2), Mediziner und Naturforscher sowie Historiker, eine formationelle Gliederung des Tafeldeckgebirges Thüringens veröffentlicht. Er gilt – zusammen mit dem Arzt und preußischen Bergbeamten Johann Gottlob Lehmann [1719-1767] – in Nachfolge von Niels Stensen [1638-1686], der in seiner Schrift „*De solido intra solidum*“ bereits zu der grundlegenden Erkenntnis gelangt war, wonach von einander überla-



Abb. 2-1: Abraham Gottlob Werner (1749-1817), Urheber des Begriffs „Bunter Sandstein“ (Foto: Univ. Freiberg/Sachsen)

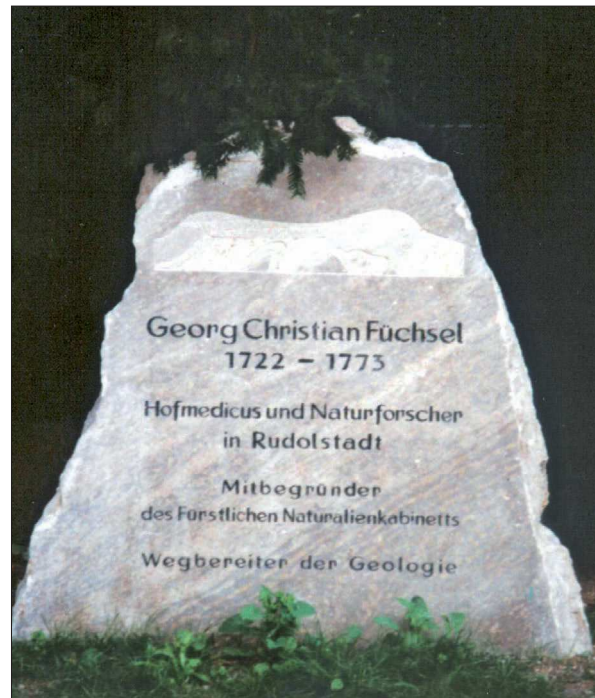


Abb. 2-2: Gedenkstein für Georg Christian Fuchsel (1722-1775) im Schlosspark Heidecksburg, Rudolstadt (Foto: Wolfgang Kühn).

gernden Sedimentschichten die oberste die jüngste sein müsse, als eigentlicher Begründer der Stratigraphie und Formationslehre (s. a. Wiefel 1999). Füchsel gliederte ein „Sandgebürge“ („12, 13 - Sandgebürge, zu unterst mit dem Glühsand, Hüttensandlager“) und ein „Rothes Gypslager“ („11 – Gipsgebürge, Rothes Gypslager“) aus, die er von je einem „Kalchgebürge“ im Liegenden (Zechstein) und im Hangenden (Muschelkalk = „10 – Muschelkalch, das oberste Kalchgebürge“) abgrenzte (s. a. Abb. 2-3a + b). Für Johann Wolfgang von Goethe (1780) waren damit nach kurzer Einarbeitung die geologischen Verhältnisse geklärt und er empfahl, nur noch einmal auszureiten, „die Lagen des (Bad) Berki-schen Sandsteins zu betrachten“.

2.2. Erste Hälfte des 19. Jahrhunderts

In den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts fand der „bunte Sandstein“ wieder Erwähnung, als man ihn auf der Suche nach Zechsteinsalzen vielfach durchteufte und er beispielsweise in der Umgebung von Gera auffallende Grundwasserzuflüsse erbrachte. Zugleich entbrannte eine heftige Diskussion um die Korrelation des Thüringischen Buntsandstein mit den süddeutschen Vorkommen. Seit Jahrzehnten hatte man in Franken und Württemberg die bunten Keupersandsteine als „Bunten Sandstein“ angesprochen, den Muschelkalk wegen seiner Steinsalzlager für Zechstein („Alpenkalk“) und den eher eintönig roten Buntsandstein des Schwarzwaldes und Odenwaldes für „Rothens Sandstein“ (Rotliegendes) gehalten (Keferstein 1821). Erst durch die Untersuchungen von Peter Merian (1821) und Johann Friedrich Ludwig Hausmann (1823) wurde der Irrtum aufgedeckt und nach eigenen Aufnahmen schließlich durch Friedrich August von Alberti (1826) für den Schwarzwald und entsprechend durch Elie de Beaumont (1827/28) für die Vogesen bestätigt (Hagdorn & Nitsch 1999). Jean Baptiste Armand Louis Léonce Elie de Beaumont (1827/28) beschrieb dabei in den Vogesen und im saar-lothringischen Raum Petrographie und Schichtenfolge für den Grès des Vosges (Vogesensandstein, heutige Einstufung Zechstein bis Mittlerer Buntsandstein), Grès bigarré (Buntsandstein, heutige Einstufung Oberer Buntsandstein, Muschelkalk) und Marnes irisées (Keuper). Der Obere Buntsandstein liegt diskordant auf Vogesensandstein und beginnt mit einem violetten Horizont (argile violette) und darüber mit Dolomitbröckelbänken (lit des rognons dolomitiques) und violetten Horizonten in sich mehrfach wiederholenden Abfolgen (Abb. 2-4). Viele der durch Elie de Beaumont aufgezeichneten Ergebnisse wurden in den folgenden 170 Jahren übernommen oder erneut beschrieben und umbenannt. Seine Untergliederung und stratigraphische Deutung ging in die Erläuterungen zur Carte géologique de la France 1:500 000 von Dufrénoy & Elie de Beaumont

(1841: T1; 1848: T2) ein. Walchner (1832) gliederte den Buntsandstein im badischen Schwarzwald erstmals in eine Untere, Mittlere und Obere Abteilung in Anlehnung an Elie de Beaumont (1827/28). Seine Mittlere und Obere Abteilung umfasst den „Bunten Sandstein“ (= Grès bigarré). Auch bei Jena fielen Jonathan Carl Zenker (1836) Dolomitknollen mit einem „carniol-ähnlichen“ Kern im obersten Bunten Sandstein auf. Darüber schied er die bereits Füchsel vertraut gewesene „Gyps- und Mergelregion“ aus.

F. von Alberti (1834) vereinigte den „Bunten Sandstein“ mit Muschelkalk und Keuper zur Trias-Formation und grenzte diese vom Zechstein im Liegenden und vom Jura im Hangenden sowohl nach litho- als auch nach biostratigraphischen Gesichtspunkten ab.

Die Änderung der ursprünglichen Schreibweise „Bunter Sandstein“ in „Buntsandstein“ vollzog sich allmählich; sie ist nach Backhaus (1980) zuerst in den 1850er Jahren nachzuweisen.

Der Erstgebrauch des Namens Röt erfolgte bei Gutberlet (1847). Eine ebenfalls auf ihn zurückgehende Empfehlung zur Benutzung des Begriffs Röt mit dem maskulinen Artikel beschloss 1978 die Subkommission Perm-Trias der DUGW (Backhaus 1980: 106).

In ersten petrographisch beschreibenden Arbeiten, zum Beispiel aus den Departements Bas Rhin (Daurée 1852) und Moselle (Jaquot 1854, Jaquot et al. 1868), wurden Sedimentstrukturen, Herkunft von Geröllen und anderem Material für den Vogesensandstein und den Oberen Buntsandstein (Grès bigarré) benannt und hierzu detaillierte Zeichnungen für Gesteine, Schichtenfolgen und Gesteinslagerung gegeben.

Mit den Fährtenfunden von Barth im Jahr 1834 bei Heßberg/Hildburghausen (Schmid 1841) entflammte auch das wissenschaftliche Interesse an biostratigraphischen Untersuchungen dieser klastischen, relativ fossilarmen Rotsedimente (s. a. Abb. 2-5). Weitere Reptilienfunde u. a. durch von Cotta (1839), Schmid (1841) und Geinitz (1851) förderten dieses Interesse. H. von Meyer (1858) berichtete über „Labyrinthodonten aus dem bunten Sandstein von Bernburg“. Im Jahre 1854 wurde auf Helgoland eine Rippe eines Labyrinthodonten gefunden, die nach den Beschreibungen aus der Volpriehausen-Formation stammen dürfte. In diesem stratigraphischen Niveau wurde 1910 durch Wolff ein ausgezeichnet erhaltener Schädel eines *Capitosaurus* gefunden, den Schroeder (1914) als *Capitosaurus Helgolandiae* n. sp. beschreibt (s. a. Abb. 2-6).

Bei der geognostischen Landesaufnahme wurde der Buntsandstein von 1832 an erstmals auch in Karten großflächig dargestellt, so u. a. als Bunter Sandstein bei den Übersichtskartierungen in Sachsen und Thüringen (s. a. Abb. 2-7) durch Naumann & von Cotta (1836-1845).

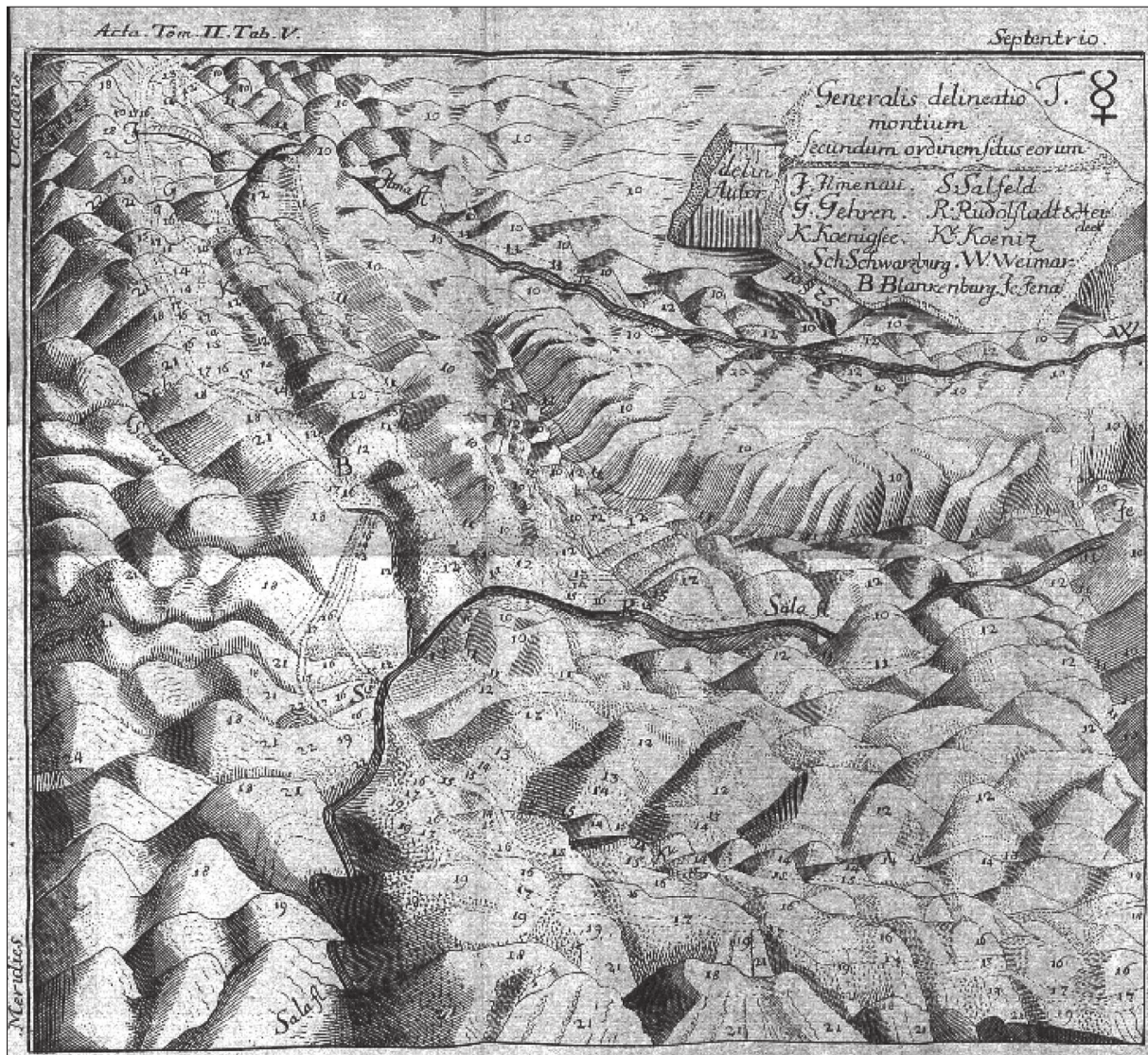


Abb. 2-3a: Die von Füchsel (1761) veröffentlichte „geologische Karte der Gegend zwischen Saalfeld – Ilmenau – Weimar – Jena – Pößneck“ zeigt erstmals eine stratigraphische Abfolge der Erdzeitalter in Thüringen, in der auch der Buntsandstein mit Zahlen oder Buchstaben dargestellt wird. Den Buntsandstein bezeichnet Füchsel als „l“ [12 und 13] „das Sandgebürge“ (Unterer und Mittlerer Buntsandstein), den Röt als „k“ [11] „das Unterlager des Muschelkalks“ (aus Rein 2009, Quelle: ThULB – Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek Jena, s. a. Wiefel 1999).

2.3. Zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts

Mit der offiziellen Messtischblattkartierung setzte die Erfassung von Detailkenntnissen ein. Hier sind z. B. die Kartierungen auf den Blättern Worbis (von Seebach 1872), Nordhausen (Beyrich & von Eck 1870; s. a. Abb. 2-8 und 2-9), Petersberg (heute Halle-Nord) (Laspeyres 1872, 1884) sowie Eckartsberga und Jena (beide Schmid 1872) zu nennen. Für den süddeutschen Raum müssen in diesem Zusammenhang u. a. die Arbeiten von Wilhelm von Gümbel (1866; s. a. Abb. 2-10) genannt werden, der „die geognostischen Verhältnisse des fränkischen Triasgebietes“ beschrieb. Bei der Kartierung und lithostratigraphischen Bearbeitung des ehemals als „Unglück Deutschlands“ bezeichneten „bunten Sandsteins“ (ertragsarme Ausstrichgebiete!)

ging es zunächst im Wesentlichen um die Erarbeitung von lokalen bzw. regionalen Gliederungen, wobei bereits früh der Versuch gemacht wurde, diese mit Nachbargebieten zu korrelieren. Bedeutende regionale Arbeiten, die sich (auch) mit dem Buntsandstein befassten, veröffentlichten z. B. von Eck (1875, 1884a, b) aus dem Schwarzwald, der damit die Grundlage für eine rd. 100 Jahre genutzte Gliederung legte, Bücking (1892) und Thürach (1895) aus dem Spessart, Klemm & Chelius (1894) aus dem Odenwald und Spessart, Loretz (1881) aus dem oberfränkisch-thüringischen Grenzgebiet, Dienemann (1915) aus den oberhessischen Buntsandsteingebieten und Dorn (1931) aus Oberfranken und der Oberpfalz. Cramer (1964) und Gudden (1985) lieferten einen Abriss der

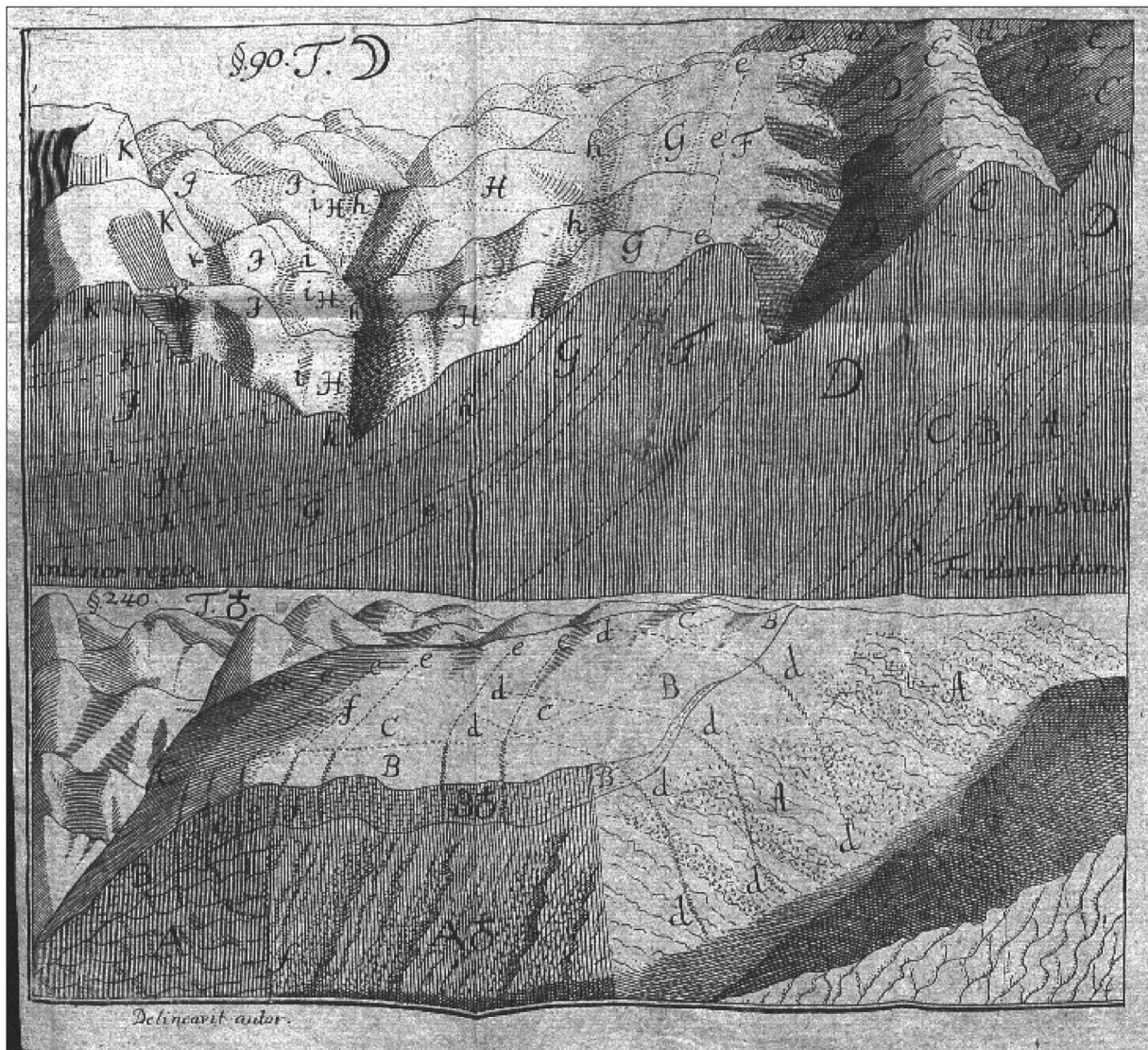


Abb. 2-3b: Im Blockbild oben stellt Fuchs (1761) nicht nur die stratigraphische Abfolge der verschiedenen Gesteinseinheiten dar, sondern er erkannte auch das Einfallen der Schichten bei Rudolstadt zur „Ebene“ hin und das in gleicher Weise bei Nordhausen aus der „Ebene“ wieder Ausstreichen der Schichten. Er belegt damit erstmals die Beckenstruktur Thüringens (Symbole s. a. Abb. 2-3a). (aus Rein 2009, Quelle: ThULB – Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek Jena, s. a. Wiefel 1999).

Erforschungsgeschichte in Bayern. Die vollständigste bibliographische Auflistung hat Mader (1992) erstellt. Radzinski (2008) berichtete über die Darstellung des Buntsandstein auf den geologischen Karten Sachsen-Anhalts.

Linksrheinisch unterteilte Weiss (1869a, b) den Oberen Buntsandstein in Muschel- und Voltziensandstein und definierte für den Umkreis von Saarbrücken die Grenzletten. Im Liegenden des Voltziensandstein schied er „Zwischensandsteine“ aus (später Zwischenschichten: Benecke 1878, Reis 1903, van Werveke 1906). Die Konglomerate im oberen Teil des Hauptbuntsandstein betrachtete er als eigenes Schichtglied unter der Bezeichnung „Hauptkonglomerat“. Auch Lepsius (1875) erkannte in den Vogesen den Schichtcharakter des Hauptkonglomerats, welches seitdem als selbständige Schicht auskartiert wird. Benecke (1877) gliederte

den Buntsandstein von Elsass und Lothringen nach petrographischen Merkmalen in su „sm1“ und „sm2“, Hauptkonglomerat, Zwischenschichten und Voltziensandstein, eine Gliederung, die besonders im Übergang von „sm1“ zu „sm2“ nicht nachvollziehbar war und in der Folge zu Irritationen führte. Besser anwendbar war die Gliederung des Hauptbuntsandstein durch Leppla (1888; s. a. Abb. 2-11) im Pfälzerwald in eine untere (Ruinsandstein mit basaler Unterer Geröllzone) und eine obere „Abtheilung“ (incl. zwei Felszonen und Kugelhorizont) mit Abschluss durch das „Hauptkonglomerat“. Den Oberen Buntsandstein unterteilte er in zwei „Stufen“ und setzte die obere dem Voltziensandstein gleich. Der „Bausandstein“ (später: Annweiler Sandstein) wurde – zusammen mit dem Zechstein – im Liegenden und Hangenden von „Röthelschiefern und thonigen Sandsteinen“ – ohne definitive Alterszuord-

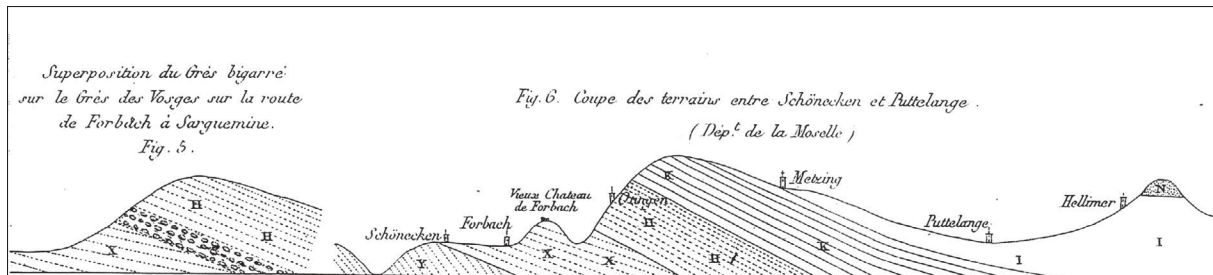


Abb. 2-4: Diskordante Überlagerung des Oberen Buntsandstein (H) auf Vogesensandstein (X) an der Straße Saargemünd – Forbach (Fig. 5) und Geländeschnitt zwischen Schönecken und Puttelange (Fig. 6. K – Muschelkalk, I – Keuper / Elie de Beaumont 1828). Mit dieser Darstellung nimmt Elie de Beaumont weitreichende Schichtausfälle zwischen Volpriehausen-Formation und Röt-Formation vorweg (vgl. Dachroth 1972, 1988 und Dachroth 2013 dieser Band).

nung begleitet. Ähnliche Gliederungsversuche unternahm Meyer (1888) und nachfolgend van Werveke (1906) im saar-lothringischen Raum.

Detaillierte Untergliederungsversuche führten Geologen der Preussischen Geologischen Landesanstalt mit Hilfe der Rogensteine im tieferen Teil des Buntsandstein durch. Hier sind die Arbeiten von Kayser, Speyer, von Beyrich und Moesta zu nennen, die in den letzten drei Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts Messischblätter im nordthüringisch-halleschen, nordhessischen und südniedersächsischen Raum geologisch aufnahmen. Richtungsweisend für petrographische Untersuchungen der Rogensteine wurde die Arbeit von Kalkowsky. In dieser 1908 in der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft veröffentlichten Arbeit „Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein“ wurde auch erstmals der Begriff „Stromatolith“ in die Literatur eingeführt (1908, s. a. Abb. 2-12).

Die Gliederung des Buntsandstein in einen Unteren, einen Mittleren und einen Oberen Buntsandstein wurde weitgehend vereinheitlicht. Aufbauend auf seinen Arbeiten u. a. am Harzrand und in Thüringen veröffentlichte Bornemann (1889; Abb. 2-13) eine Gliederung des Buntsandstein in (vom Hangenden zum Liegenden) Röth, Chirotherienschiefer, Hauptbuntsandstein, Rogensteinzone und Bröckelschiefer.

Bereits zu dieser Zeit wurde die Bröckelschiefer-Folge im gesamten mitteldeutschen Raum auskartiert, wobei



Abb. 2-5: Chirotherienplatten vom locus typicus Winzerscher Bruch zwischen Heßberg und Weitersroda bei Hildburghausen, gefunden etwa 1835 (Foto: Ralf Werneburg, Naturhistorisches Museum Schloss Bertholdsburg Schleusingen).

die Grenzziehung zwischen Perm und Trias bzw. die stratigraphische Stellung der Bröckelschiefer-Folge schon diskutiert wurde. Hier sei z. B. auf die Arbeit von Meyer (1913) hingewiesen, der sich mit dem Frankenberger Zechstein und grobklastischen Bildungen an der Grenze Perm/Trias beschäftigte.

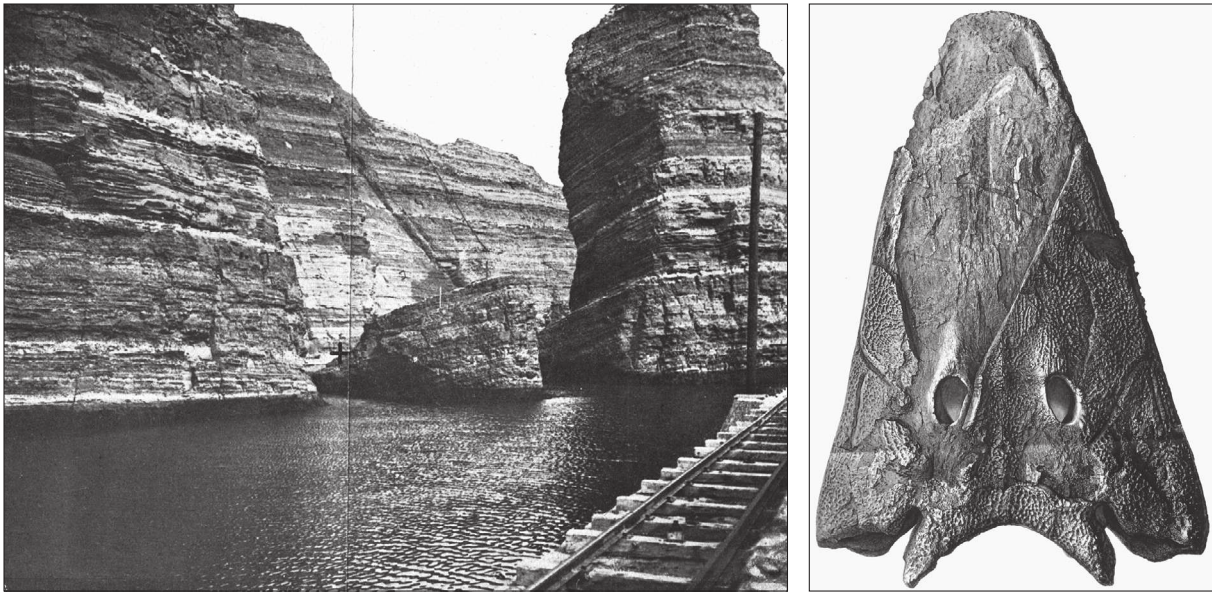


Abb. 2-6: links: Fundort des Helgoländer *Capitosaurus*-Schädels (Foto von Wolff 1912, aus Schroeder 1914: Taf. 15); im Bild rechts der „Mönch“, links davon der „Predigtstuhl“, daneben der Fundort +). Im Vordergrund die damals im Bau befindliche Uferschutzmauer. rechts: Schädel (Länge des Schädeldaches etwa 46 cm) des *Capitosaurus Helgolandiae* n. sp. (Zeichnung aus Schroeder 1914: Taf. 16) von der Südspitze von Helgoland.

Andere kartierende Geologen, wie z. B. Zimmermann (1885) oder Loretz (1881), versuchten trotz komplizierter Fazieswanderungen eine Abgrenzung des vorwiegend feinkörnig ausgebildeten Unteren Buntsandstein vom stärker grobkörnig entwickelten Mittleren Buntsandstein. Da die feinkörnigeren Sandsteine des Unteren Buntsandstein jedoch unterschiedlich weit in Richtung auf den Beckenrand vorstoßen und andererseits die tieferen Geröllhorizonte zum Becken hin rasch auskeilen, wurden anfangs durch die Methode, den „Mittleren Buntsandstein“ mit den ersten Grobhorizonten beginnen zu lassen, unterschiedliche stratigraphische Niveaus zu seiner Basis erklärt. Am Südostrand der Thüringischen Senke und in Südthüringen differiert die Basis des Mittleren Buntsandstein deshalb in den Erstkartierungen teilweise um bis zu 150 m.

Die erste Feingliederung des Röt im Saaletal zwischen Jena und Rudolstadt durch Passarge (1891) war dagegen glücklicherweise in einem Übergangsgebiet mit sandiger Randfazies und marinen Ingressionshorizonten aufgestellt worden, was gute Vergleichsmöglichkeiten in beide Faziesräume gestattete und ihr einen Bestand von fast 100 Jahren beschied.

Thürach veröffentlichte 1894 seine vielfach noch heute gültige Gliederung des Pfälzer Buntsandstein mit Trifelsvorschüttung (heute in den Zechstein gestellt), Trifelschichten, Rehbergsschichten, untere Karlstalschichten, Karlstalfelszone, obere Karlstalschichten,

Kugelfelshorizont, Hauptkonglomerat, Karneolhorizont, Zwischenschichten und Voltziensandstein. Annweiler Sandstein und Leberschiefer sowie Staufsichten stellte er in den Unteren Buntsandstein. Die Gliederung wurde in die Geognostische Karte von Bayern 1:100 000 übernommen. Bei der Bearbeitung der Blätter Zweibrücken und Donnersberg fand später Reis (1903, 1921) etwa den gleichen Schichtaufbau. Im Raum Zweibrücken unterschied er wie von Gümbel (1897) auf Blatt Speyer zwischen Hauptkonglomerat und Karneolkonglomerat (Zwischenschichtenkonglomerat). Die Staufsichten („Grundkonglomerat“) und deren Begleitsedimente wurden in der Nordpfalz jedoch auch als Randfazies des Mittleren Buntsandstein angesehen (s. a. zuletzt Spuhler 1957).

Bereits 1889 hatte van Werveke quarzitische Inselberge im Buntsandstein an der Obermosel erkannt. Mit dem Relief dieser „Quarzitschwelle Mettlach-Sierck“ beschäftigten sich später Théobald (1930, 1932) und Brinkmann (1932). Rössle (1937) widmete sich der spezifischen Sedimentation im Schwellenbereich.

Grebe (1880, 1882, 1884) unterschied im Trierer Raum nach den Vorgaben von Weiss (1869b) anfangs nur Vogesensandstein (unten) und Voltziensandstein (oben). Aber schon 1892 und anschließend wurde die im saarlothringischen Raum und der Pfalz übliche Gliederung des Buntsandstein (Leppla 1888) bei der geologischen Kartierung (Grebe 1892a-b, Leppla 1901, 1905, 1908, 1925) angewendet.

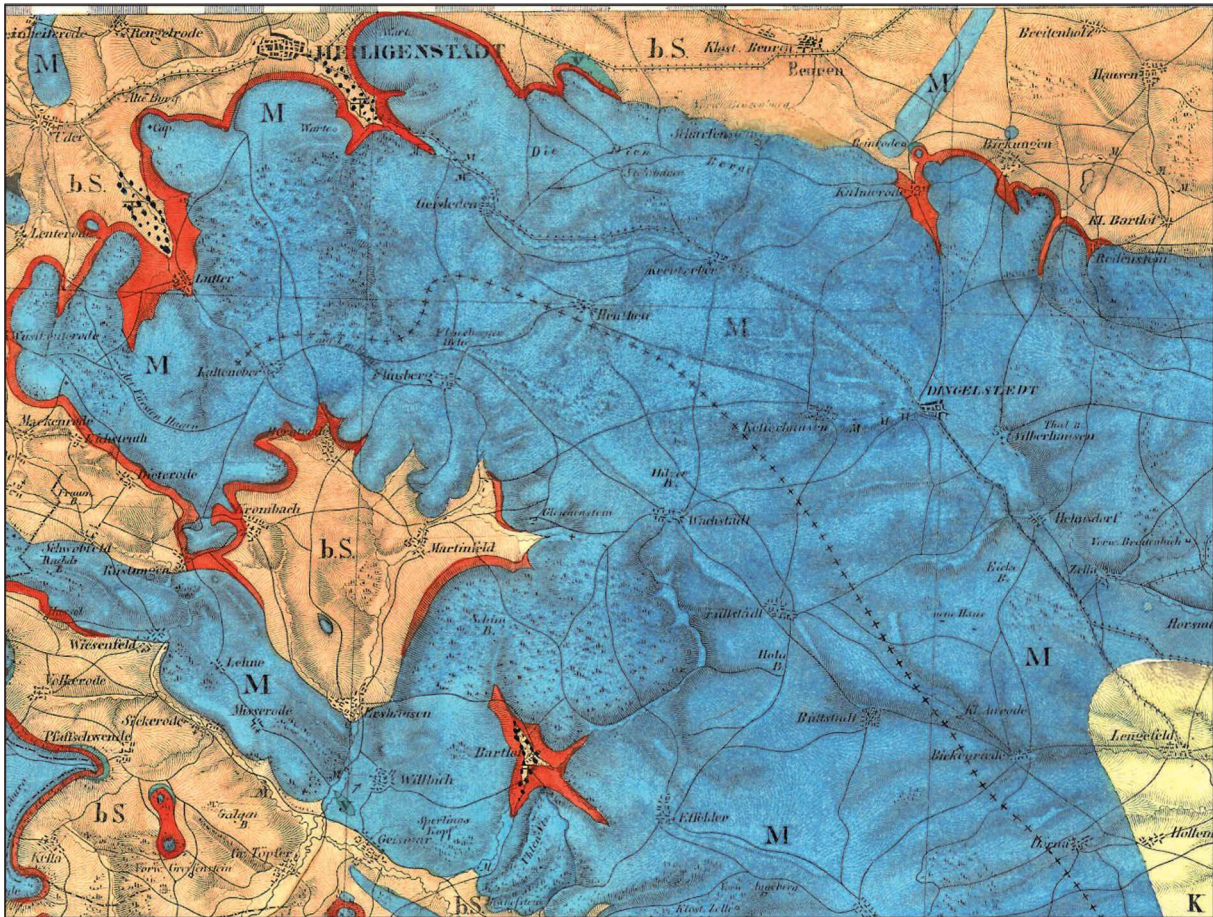


Abb. 2-7: Ausschnitt sowie Legende aus der Übersichtskarte von Sachsen und Thüringen (Naumann & von Cotta 1836-1845). Legende siehe gegenüberliegende Seite.

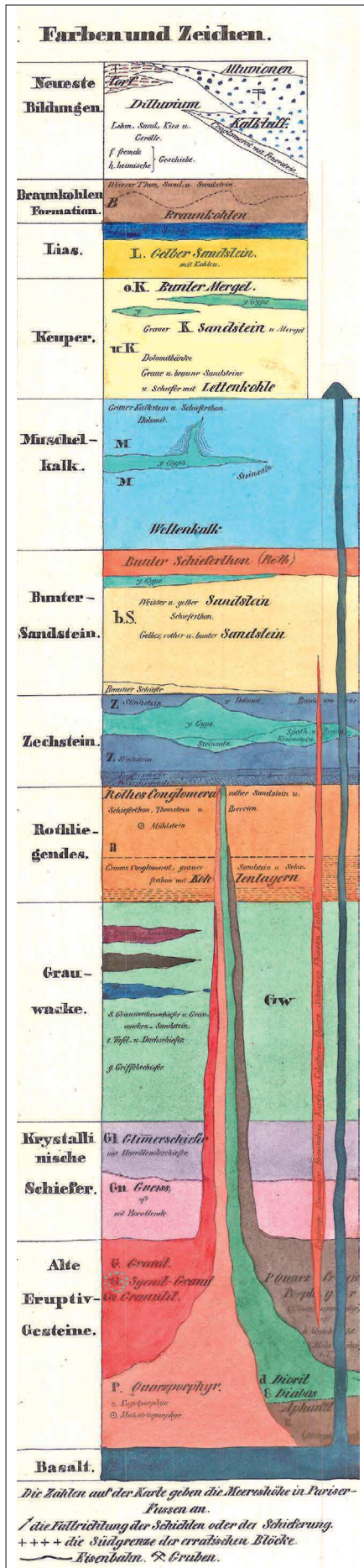
In der Nordeifel stand anfangs die Untersuchung der vererzten Partien des Buntsandstein im Vordergrund (u. a. von Dechen 1866). Blanckenhorn legte 1885 die erste grundlegende stratigraphische Bearbeitung in diesem Gebiet vor. Dabei lehnte er sich an die Vorstellungen von Weiss (1869b) und Benecke (1877) an, wies jedoch auf Unterschiede zu den südlich gelegenen Gebieten hin. Den Oberen Buntsandstein verglich er mit dem „Chirotheriumsandstein nebst gypsführenden Röth“ in Mitteldeutschland. Im Oberen Buntsandstein hielt er unter den Zwischenschichten (sensu Benecke 1878) sog. „Gemischte Schichten“ aus. Bei den Aufnahmen zu Blatt Nideggen (GK 25, Blatt 5304) gliederte Quaas (1913) den „Vogesensandstein“ nach lithologischen Kriterien in sm1, sm1c und sm2.

2.4. Erste Hälfte des 20. Jahrhunderts

Eine erste überregionale, ganz Deutschland umfassende Betrachtung des Buntsandstein versuchte im Auftrag der Direktion der Königlichen Preussischen Geologischen Landesanstalt Grupe (1914; Abb. 2-14). Auf der Basis von eigenen Untersuchungen sowie unter Verwendung der zu diesem Zeitpunkt bereits

vorliegenden umfangreichen Literatur fasste er die von den einzelnen Autoren in den verschiedenen Buntsandsteingebieten Deutschlands durchgeführten Gliederungen zusammen und legte einheitliche lithologische und stratigraphische Merkmale fest.

Einen weiteren Schritt zu einer auch biostratigraphischen Gliederung des Buntsandstein brachten die Abbildungen der ersten Funde von *Gervilleia purchisoni* (später umbenannt in *Avicula purchisoni* (Geinitz)) bei Stadtroda, die Geinitz (1841, 1861, 1880) veröffentlichte (Abb. 2-15). Mit der Verbreitung und dem Vorkommen dieses Fossils im Mittleren Buntsandstein befassten sich u. a. Ebert (1888) sowie vor allem Wüst (1907, 1916), der die Fossilführung des Mittleren Buntsandstein der Mansfelder Mulde untersuchte. Der von Kolesch (1922) erkannte leitende Charakter der Muschel führte schließlich in Thüringen zu einer praktischen Untergliederung der Schichtenfolge, die bis in die 1950er Jahre die Grundlage der offiziellen Kartierung im Thüringer Becken war. Abgegrenzt wurden im Mittleren Buntsandstein vom Hangenden zum Liegenden die Einheiten (Thüringischer) Chirotheriensandstein, (Thüringischer) Bausandstein, Ro-



Legende zu Abb. 2-7.

thensteiner Schichten (Begriff von Mägdefrau 1929), Gervilleienschichten und Kaolinschichten.

Die intensive Bearbeitung von Tiefbohrungen und deren stratigraphische Korrelation mit Übertageaufschlüssen setzte mit dem Beginn der Aufsuchungsarbeiten auf Kalisalze gegen Ende des 19. Jahrhunderts ein. Diese Untersuchungen befassten sich vor allem mit dem mitteldeutschen Raum (Thüringen, Hessen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen). Im südwestdeutschen Raum (Baden-Württemberg) handelte es sich um zahlreiche Versuchsbohrungen auf Kohle, bei denen häufig der Buntsandstein durchteuft werden musste. Hier sind u. a. die Arbeiten von Frantzen (1894), Zimmermann (1895), von Ammon (1901), Picard (1911), Haack (1923) und Hoppe (1925, 1927, 1930) zu nennen. In diesen Jahren wurden auch erste sorgfältige, auf paläontologischen Untersuchungen beruhende Gliederungsvorschläge für den Buntsandstein im ober-schlesischen Raum und dem Gebiet um Krakau veröffentlicht (Tietze 1888, nach vorausgegangenen Arbeiten von Eck schon aus dem Jahre 1865). Hier sind u. a. die Arbeiten von Assmann (1933) erwähnenswert, der sich mit der Trias bzw. dem Buntsandstein in Oberschlesien befasste, die er unter anderem mit Hilfe von Kartierungsbohrungen erkundete. Genannt sei hier die Bohrung Leschna auf Blatt Rosenberg, die ein komplettes Triasprofil erschloss (Assmann 1929; Abb. 2-16).

Keilhack (1922; Abb. 2-17) kartierte im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts zahlreiche Messtischblätter des nördlichen Harzvorlandes, darunter das durch seine Rogensteinvorkommen (Typusregion der Bernburg-Formation des Unteren Buntsandstein) sowie Chirotherien- und Pleuromeiafunde wichtige Blatt Bernburg.

Schuster (1932-36; Abb. 2-18) veröffentlichte die erste Gliederung des unterfränkischen Buntsandstein (s. a. Abb. 2-19). Die in den 1930er Jahren beginnenden Spezialkartierungen des Buntsandstein in Ostbayern hat Steinlein (1953) in einem stratigraphischen Überblick zusammengestellt.

2.5. Zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts

Nach Jahrzehnten eines gewissen Stillstandes wurde Mitte der 1950er Jahre der Buntsandstein erneut Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Impulse für das nun erneut erwachende Interesse gingen vor allem von der Wiederaufnahme der Kartiertätigkeit, oft im Zusammenhang mit hydrogeologischen Zielsetzungen, der Intensivierung der Exploration auf Erdöl und Erdgas im Zechstein Nordwestdeutschlands und der Suche nach Uran aus. Ursache hierfür war die Notwendigkeit einer für die Bohrungsbearbeitung verfügbaren detaillierten und vor allem einheitlichen



Abb. 2-8: Heinrich Ernst Beyrich (1815-1896) wurde 1866 mit der Erstellung der „Geologischen Spezialkarte von Preußen“ im Maßstab 1:25.000 beauftragt und wurde im darauffolgenden Jahr zum Gesamtleiter der preußischen geologischen Kartierung ernannt. Er gehörte zu den Gründervätern der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Foto: Fotosammlung BGR).



Abb. 2-9: Heinrich von Eck (1838-1925), lieferte grundlegende Arbeiten für die südwestdeutsche Randfazies des Buntsandstein u. a. des Schwarzwaldes und ist Namensgeber für das „Eck'sche Konglomerat“ (heute Eck-Formation, vgl. auch Lepper et al. 2013 dieser Band) (Foto: Universitätsarchiv Stuttgart, Fotosammlung).



Abb. 2-10: Wilhelm von Gümbel (1823-1898), bearbeitete u. a. die fränkischen Trias-Gebiete (Foto: Friedrich Pfeil-Verlag).



Abb. 2-11: August Leppla (1859-1924), preußischer Landesgeologe und Geheimer Bergrat, Bearbeiter des pfälzischen Buntsandstein (Foto: Privataarchiv Roland Paul; mit frdl. Unterstützung Institut für pfälzische Geschichte und Volkskunde).

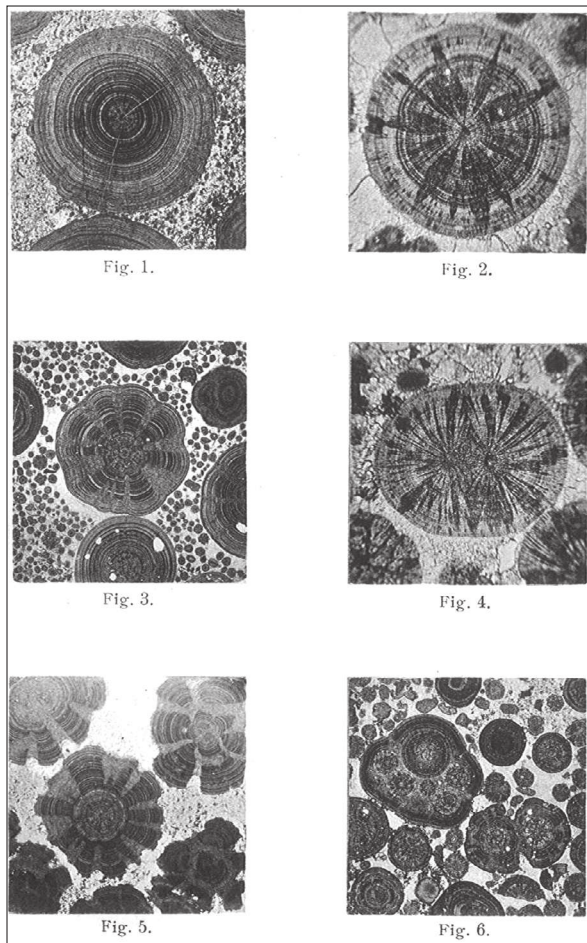


Abb. 2-12: links: Ooid-Darstellungen aus Kalkowsky (1908: Tafel IV: Fig. 1. Ooid mit Lagenstruktur. – Vergr. 6 fach. Fig. 2. Ooid mit Spindelstruktur. – Vergr. 30 fach. Fig. 3. Ooid mit Kegelstruktur; Oolith mit Brut und Kalkzement. Dispulsionsstruktur. – Vergr. 6 fach. Fig. 4. Ooid mit Spindelstruktur und zwei Kernen, umgeben von Kristallspitzen. – Vergr. 30 fach. Fig. 5. Ooide mit Kegelstruktur, mit tonig-sandigem Zement. – Vergr. 6 fach. Fig. 6. Kleiner Ooidbeutel und Ooidzwilling. – Vergr. 6 fach.); rechts: nicht nur Wissenschaft – Ernst Louis Kalkowsky (zweite Reihe, dritter von links) während einer Veranstaltung am 19. Dezember 1895 in Dresden (Foto: Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie in Dresden; mit frdl. Unterstützung von Jan-Michael Lange).



Abb. 2-13: Johann Georg Bornemann (1831-1896) (aus Hauschke & Röhling 2006, vgl. auch Hauschke et al. 2013).

Gliederung der in diesem Raum über weite Strecken relativ einförmigen Sedimentabfolge. Gesteigert wurde das Forschungsinteresse am Buntsandstein durch Erdgasfunde in Sandsteinspeichern des Mittleren Buntsandstein (Boigk 1961b, Plein 1979, 1999, s. a. Karnin et al. 2006).

Als Ergebnis dieser Aktivitäten entstand die auf einem zyklischen Wechsel der Korngrößenverteilung basierende Untergliederung des Mittleren Buntsandstein. Hier ist vor allem Boigk (1951/52, 1956/57a, b, 1959a, 1961a; s. a. Abb. 2-20) zu nennen, der die bis heute gültige sohlbankzyklische Gliederung des Buntsandstein auf der Basis von Kartierungen sowie Bohrungsbearbeitungen im südlichen Niedersachsen (u. a. Bohrung Bockenem 1: s. a. Abb. 2-21, Profil Kleines Bodetal bei Salzdetfurth) entwickelte, die dann von anderen Kollegen auf die Nachbargebiete übertragen wurde (vgl. auch Lepper et al. 2013 dieser Band: Kap. 4.: Mittlerer Buntsandstein; erste Parallelisierungen und Nachweise in den Nachbargebieten). Die sohlbankzyklische Folgentgliederung des Buntsandstein wird seit Herrmann (1962/64; Abb. 22) und Backhaus (1994; Abb. 23) als tektonisch gesteuert angesehen. Etwa zeitgleich mit Boigk hatten Hoppe (1957, 1959;



Abb. 2-14: Oskar Grupe (1878-1944), erarbeitete im Auftrag der Preußischen Geologischen Landesanstalt eine erste deutschlandweite Korrelation des Buntsandstein (Foto: Fotosammlung BGR).

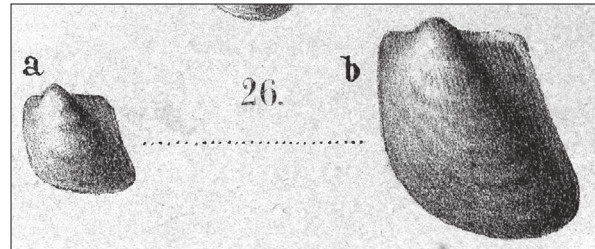


Abb. 2-15: oben: Erste Darstellung von *Gervilleia murchisoni* (heute *Avicula murchisoni* (Geinitz)) aus der „Dyas“ von Geinitz (1861), Erstbeschreibung durch Geinitz bereits 1841. Zum damaligen Zeitpunkt wurden die Fundschichten noch dem höheren Zechstein zugeordnet. „Als die einzigen Seethiere, welche ausser *Chiton Cottai* im Gebiet des bunten Sandsteines dieser Gegenden aufgefunden worden sind, dessen untere Abtheilung *Sir Rod. Murchison* als die obere Etage der permischen Formation betrachtet, verdienen sie hohes Interesse“ (aus Geinitz 1861); unten: Foto von Hanns Bruno Geinitz (1814-1900); (Fotosammlung Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie in Dresden; mit frdl. Unterstützung von Dedo Geinitz und Ulf Linnemann).

s. a. Abb. 2-28), Kreysing (1957) sowie Dockter & Puff (1959) die zyklische Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandstein übernommen, während Jung (1958) im Unteren Buntsandstein des südöstlichen Harzvorlandes nach lithologischen Gesichtspunkten die „Zonen“ su1 bis su5 unterschied.

Boigk (1956/57a, b, 1959a, 1961a), Trusheim (1961, 1963) sowie Wolburg (1968) konnten die im südniedersächsischen Bergland erarbeitete zyklische Gliederung des Buntsandstein auf die geophysikalischen Bohrlochmesskurven der nordwestdeutschen Tiefbohrungen übertragen (s. a. Abb. 2-21). Damit war eine überregionale Korrelation der einzelnen Folgen und Teilfolgen nicht nur innerhalb des norddeutschen Beckenteils, sondern darüber hinaus bis in die süddeutsche Randfazies, in die Nordsee, die Niederlande, nach England und nach Polen gewährleistet (s. a. Senkowiczowa & Szyperko-Śliwczynska 1961, Rhys 1974, Ziegler 1975, Puff 1970, 1976, Bertelsen 1980, Warrington et al. 1980, Geluk & Röhling 1997, 1999).

Zeitgleich, jedoch unabhängig von den Richtlinien des Arbeitsausschusses Buntsandstein (1974), schlug Richter-Bernburg (1974) in seiner Buntsandstein-Synopsis anhand exemplarisch ausgewählter, schematischer Säulenprofile – unabhängig von historischen Lokalnamen

– nach Gunzert (1958) eine weitere Bezifferung (S1 bis S8) für die seitens der Geologischen Landesämter beschlossene namentliche Folgenreihe des westdeutschen Buntsandstein (Bröckelschiefer- bis Röt-Folge) vor. Die synoptische Säulenprofil-Darstellung erfuhr wegen ihrer Anschaulichkeit zwar vielfach Beachtung, die vorgeschlagene Folgen-Bezifferung fand in der westdeutschen geologischen Landesaufnahme vor dem Hintergrund der zweiten Auflage des „Symbol-schlüssel Geologie“ (Barckhausen et al. 1975) hingegen keine Berücksichtigung.



Abb. 2-16: Paul Assmann, Bearbeiter der schlesischen Trias (1881-1967; Foto: Fotosammlung BGR).

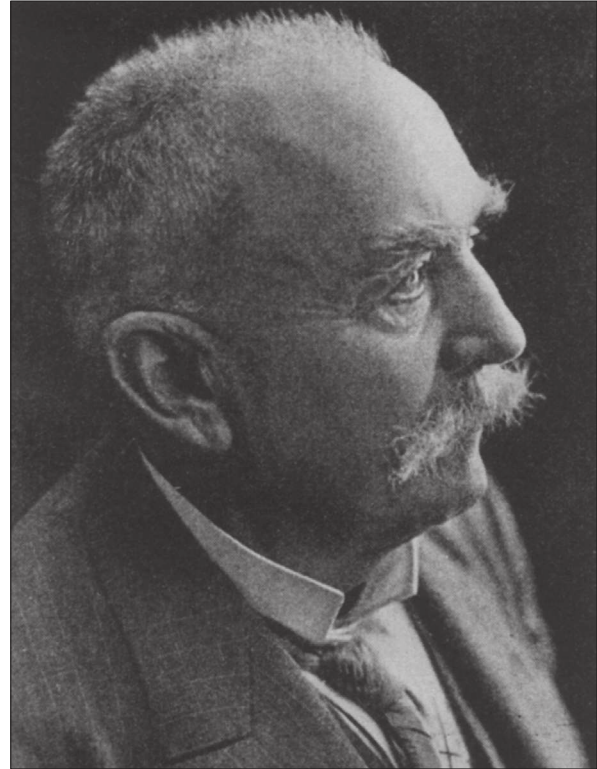


Abb. 2-17: Friedrich Ludwig Heinrich Konrad Keilhack, preußischer Landesgeologe und Bergrat (1858-1944; Foto: Fotosammlung BGR).

Für Süddeutschland sind die Arbeiten von Gunzert (1958), Eissele (1957, 1966), Wendt (1963) und Leiber (1970a, b) zu erwähnen, da insbesondere durch Eissele eine auf der Korngrößenverteilung beruhende Neugliederung des Schwarzwälder Buntsandstein erstellt wurde. Durch Leiber wurde der Grenzbereich alter Unterer/Mittlerer Buntsandstein, d. h. Grenzbereich Zechstein/Buntsandstein nach heutiger Sicht, im Schwarzwald lithologisch untersucht. Instruktive Übersichten zu stratigraphischen und regionalen Konnexen im Nordteil der Süddeutschen Scholle gemäß aktuellen Vorstellungen enthalten die Erläuterungen zur GK500 von Bayern (Cramer 1964, Schwarzmeier 1981, Freudenberger 1996). Fortschritte im nordostbayerischen Bruchschollenland brachten die Revisionsaufnahmen von Leitz (1976a, b) und – weiter übergreifend – durch Klare (1989). Die Versuche zu beckenwärtiger Anbindung der dortigen Stratigraphie über Log-Auswertungen (Gudden 1985, 1993, Freudenberger 2005, Freudenberger et al. 1998, Freudenberger & Helmke 2006) stehen noch in Diskussion (Vorträge 2008 in Basel und 2009 in Chemnitz). E. M. Müller (1954) hatte die Schichtenfolge im Oberen Buntsandstein des Saarlandes beschrieben. Seine Gliederung wurde von Perriaux (1961) für die Vogesen übernommen. Betont wurde die Bedeutung der Violetten Horizonte und Dolomitbröckelbänke, besonders der „Violetten Grenzzone“. Ortlam (1967,



Abb. 2-18: Mattheus Schuster (1881-1953), Bearbeiter des bayerischen Buntsandstein (Foto: LFU Bayern).

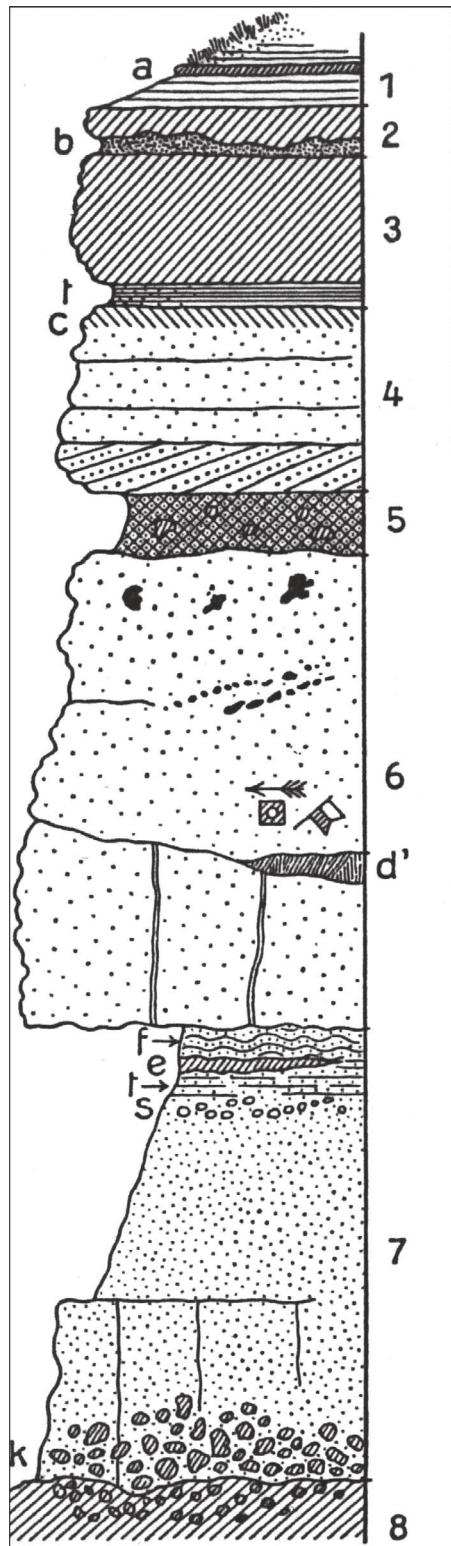


Abb. 2-19: Schlüsselprofil Gambach am Main von Schuster (1933). Im Grenzbereich Mittlerer–Oberer Buntsandstein sind noch heute vom Liegenden zum Hangenden aufgeschlossen: Top Felssandstein, Karneol-Dolomit-Bank, Karneol-Dolomit-Übergangsschichten, (Thüringischer oder Unterer) Chirotheriensandstein (i.e.S.), Basis Chirotherienschiefer. (1) = Chirotherienschiefer, (2) = (Unterer) Chirotheriensandstein (i.e.S.), (3) bis (6) Karneol-Dolomit-Übergangsschichten, (7) = Karneol-Dolomit-Bank, (8) = Felssandstein

1968, 1974) bearbeitete umfassend solche fossilen Böden. Eine zusammenfassende Literaturrecherche zu „Violetten Horizonten“ bzw. Paläoböden wurde jüngst von Dachroth (2008) veröffentlicht.

Lange Zeit unbestimmte Randkonglomerate im Grenzbereich zwischen Zechstein und Buntsandstein aus dem Raum Schmölln-Crimmitschau stufte erst Hecht (1980) in den oberen Bröckelschiefer ein. Ihm gelang es, die randlichen Schüttungen im ostthüringisch-west-sächsischen Raum mit der Beckengliederung zu verbinden.

Im Saarland war seit jeher die Abgrenzung der roten Sandsteine des Buntsandstein von den Schichten des Rotliegend in der Fazies des „Kreuznacher Sandstein“ unklar. Wehrli (1933) vertrat einen konkordanten Schichtverband inkl. Zechstein und Unterem Buntsandstein im Gegensatz zu der allgemeinen Ansicht einer deutlichen Schichtlücke zwischen Rotliegend und Mittlerem Buntsandstein. Diese untermauerten Müller & Klinkhammer (1963) durch Untersuchung von „Karbonat-Kiesel-Krusten“ offensichtlich pedogenen Ursprungs im Grenzbereich.

Bei der geologischen Landesaufnahme im Saarland wurden nach dem Zweiten Weltkrieg unter der Vorgabe, dass hier nur Mittlerer und Oberer Buntsandstein vorhanden seien (Théobald 1951), lithostratigraphisch im Mittleren Buntsandstein sm1 und sm2, lokal das Hauptkonglomerat und die Violette Grenzzone (VG; E. M. Müller 1954) ausgeschieden (auch Konzan 1987: sm1a, 1b).

Die Exhumierung des „saalischen Reliefs“ der Quarzschwelle von Mettlach-Sierck und die anschließende Sedimentation in deren Bereich beschäftigte Selzer (1958), E. M. Müller (1973), Schall (1968) und Stets (1995). Henrich (1962) und Dietz (1965) untersuchten die lithofaziellen Besonderheiten in diesem Gebiet.

A. Herrmann (1962/1964) führte transgressives und diskordantes Übergreifen der Solling-Formation auf verschieden alte Schichteinheiten des tieferen Mittleren Buntsandstein in den Schwellengebieten Nord- und Mitteldeutschlands auf epirogene Bewegungen zurück und setzte dies den Landoberflächenbildungen der Violetten Grenzzone Süddeutschlands gleich. Die Diskordanz bzw. die Violette Grenzzone stellen zugleich eine der bedeutendsten Leitmarken im Buntsandstein dar. Abb. 2-24 zeigt eine schematische Skizze des diskordanten Übergreifens der Solling-Formation in der Ziegeleigrube Krebeck/Eichsfeld (Zeichnung: A. Herrmann, in Boigk 1959b).

Abb. 2-25 zeigt eine Aufnahme der H-Diskordanz im Bahneinschnitt Heisenacken. Dort und in anderen Tagesaufschlüssen in Südniedersachsen haben Boigk, Trusheim und A. Herrmann im Beisein weiterer Bunt-



Abb. 2-20: Heinz Boigk (1914-1982), Begründer der sohlbankzyklischen Gliederung des Buntsandstein (Foto: Fotosammlung BGR).

sandsteinkollegen erstmals einvernehmlich die H-Diskordanz abgestimmt (mdl. Mitt. Axel Herrmann an Jochen Lepper 1965)

Der ursprünglich in Deutschland teils faziell, teils petrographisch gegliederte Röt ließ sich nur schwer an das zylostratigraphische Schema von Unterem und Mittlerem Buntsandstein anschließen. Mehrere lokal bis regional plausible Gliederungsversuche (Jubitz 1959, Pomper 1962, Schulze 1964, Kästner & Seidel 1965) zeigten im überregionalen Vergleich ebenso die Grenzen ihrer Gültigkeit wie die stärker terrestrisch geprägten, randnahen Faziesgliederungen von Bayern (Klare 1989).

Der bis 1974 erreichte Kenntnisstand fand in den „Richtlinien zur Gliederung des westdeutschen Buntsandsteins“ (Arbeitsausschuss Buntsandstein der Geologischen Landesämter 1974) sowie in dem zum gleichen Zeitpunkt

erschienenen Triasstandard der DDR 1974 (TGL 25 234 / 11) seinen Niederschlag.

Ausgehend von der Typusregion im Buntsandsteingebiet des Weser-Leine-Berglandes konnten die Grundzüge dieser Buntsandstein-Gliederung schon frühzeitig in Kartendarstellungen bestätigt werden, wobei diese Arbeiten nur z. T. und oftmals auch erst später veröffentlicht wurden und zu Unrecht heute vielfach nicht mehr beachtet werden: Herrmann (1956/57), Wiesemann (1956), Kreysing (1957), Müller (1957), Rexhäuser (1957), Backhaus et al. (1958), Brüggemann (1958), Horn (1958), Krämer (1959), Rambow (1958), Wolfart (1956, 1958), Wagner (1959), Hofrichter (1960, 1976), Käding (1960), Gaertner (1961), Herrmann (1961), Laemmlen (1963), Motzka (1963), Kupfahl (1965), Rösing (1958, 1966), von Gaertner & Herrmann (1968), Kulick (1968), Waldeck (1975).

Das im Gegensatz zu dem sohlbankzyklischen Gliederungsprinzip Boigks von Wolburg (1961, 1968) sowie Jung & Lorenz (1964) favorisierte Konzept eines dachbankzyklischen Aufbaus der einzelnen Folgen oder Formationen des Buntsandstein konnte sich trotz einer teilweisen Vergleichbarkeit beider Gliederungssysteme (Puff 1964, Krämer & Kunz 1969a-c) nicht durchsetzen.

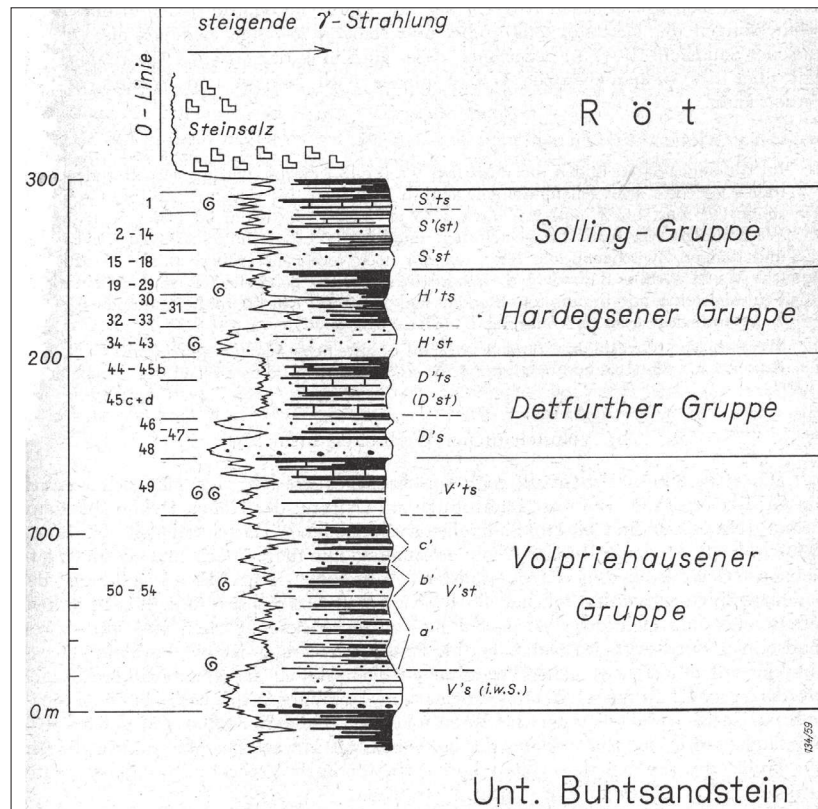


Abb. 2-21: Gamma-Ray-Log und Lithologie der Bohrung Bockenheim 1 mit der von Boigk (1959) veröffentlichten sohlbankzyklischen Gliederung des Buntsandstein in Nordwestdeutschland in Gruppen (später „Folgen“, heute Formationen; aus Boigk 1961a).



Abb. 2-22: Axel Herrmann (1926–1994), führte das diskordante Übergreifen der Solling-Formation auf verschiedenen alte Schichten des tieferen Mittleren Buntsandstein z. B. auf der Eichsfeld-Altmark-Schwelle auf epirogene Bewegungen zurück und setzte dies den Landoberflächenbildungen der Violetten Grenzzone Süddeutschlands gleich (Foto: Dorothea Herrmann, Schönfeld).



Abb. 2-23: Egon Backhaus (1927–2002) erkannte wie Axel Herrmann eine tektonische Steuerung des sohlbankzyklischen Aufbaus des Buntsandstein. Bearbeiter des Odenwälder Buntsandstein (Foto: Institut für Angewandte und Geowissenschaften TU Darmstadt).

Leitz (1976a, b) ermittelte, basierend auf Jungwirth (1969), für das nordostbayerische Anschlussgebiet vor der Böhmisches Masse eine randnahe Lokalgliederung. Die Schwermineralgehalte markieren z. T. einzelne Schuttfächer (Schnitzer 1957, 1960, Klare 1989). In der Randfazies westlich Bayreuth fanden sich die bestuntersuchten Paläoböden Mitteleuropas (Weber 1990, 1994, s. a. Dachroth 2008, 2013a dieser Band). Fortschritte für den Spessart brachten die Arbeiten von Schwarzmeier (1985, 1986).

Vor dem synsedimentär tektonisch aktiven Westrand der Böhmisches Masse liegt hier ein z. T. über 20 km breiter Gürtel von Schuttfächersedimenten (alluvial fans), in dem stellenweise mehr als die Hälfte des Unteren und Mittleren Buntsandstein aus polymikten Konglomeraten besteht (Klare 1989, Klare, Menzel & Schröder 1995, Menzel & Schröder 1996, Schröder et al. 1998). Daraus erklären sich die nur schrittweise gelösten lithostratigraphischen Probleme der Ausbiss- und Bohrungsbearbeitung in diesem Raum (z. B. bei Gudden 1985).

Die genannten „Richtlinien“ hatten für Baden-Württemberg zur Folge, dass – basierend auf der Arbeit von Eissele (1966) – die von Eck'sche Gliederung hinterfragt und überarbeitet werden musste, insbesondere im Hinblick auf eine sohlbankzyklische Gliederung. In zahlreichen Bohrungen des Schwarzwaldes und des Odenwaldes konnten weitere Grobkornhorizonte

erkannt und vor allem deren Horizontbeständigkeit auch durch Geländebegehungen nachgewiesen werden. Dabei zeigte sich, dass die Grenze Zechstein/Unterer Buntsandstein im badischen Odenwald nicht richtig erkannt worden war. Gravierender noch ist die unterschiedliche Ansprache der Basis des Hauptkonglomerats, eines der wichtigsten Schichtglieder der Eck'schen Gliederung. Da von Eck (1884a, b) von nur einem (!) konglomeratführenden Bereich ausging, wurden nachfolgend alle geröllführenden Abschnitte, die sich in der Bausandstein-Fazies finden, undifferenziert als Hauptkonglomerat angesprochen. So wurde bereits von Schalch (1895) der Schapbacher Geröllsandstein (Calvörde-Formation) als Hauptkonglomerat dargestellt. Damit wird deutlich, dass die Buntsandstein-kartierung der älteren amtlichen geologischen Karten revisionsbedürftig ist, und dass durch diese Fehlsprachen auch paläogeographische und tektonische Auswertungen mit erheblichen Mängeln behaftet sind. Die neuen Erkenntnisse fanden ihren Niederschlag in zahlreichen Erläuterungen zur Geologischen Karte von Baden-Württemberg (z. B. Leiber 1982, 1989, 1991a, b, 1994). Mit Leiber in Villingen & Fleck (1995) wurde ein vorläufiger Abschluss erreicht. Resultate aus regionalen Vergleichen der Log-Stratigraphie lassen für diese Region noch Revisionen und abweichende Auffassungen erwarten.

Dachroth (1972) und Konrad (1973) wiesen in den Zwischenschichten von Saarland und Pfalz auf stark diffe-

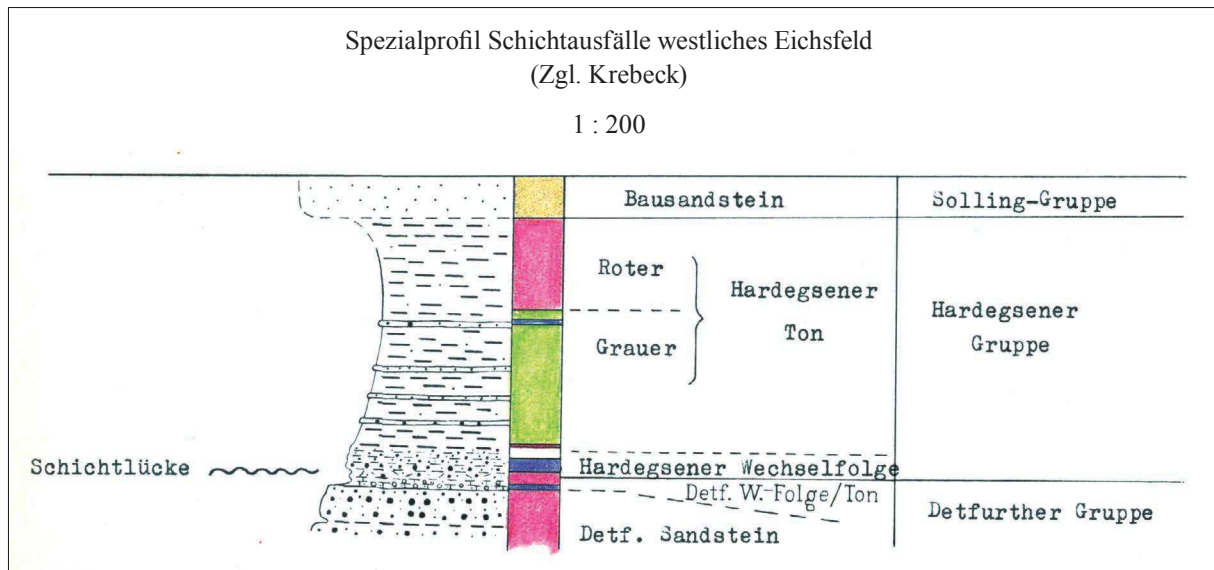


Abb. 2-24: Diskordante Auflagerung der Solling-Formation auf Detfurth-Wechselfolge in der Ziegeleigrube Krebeck (Eichsfeld). Das als Hardegsener Gruppe dargestellte Schichtpaket wird heute der Solling-Formation zugeordnet und als Solling-Basissandstein (Hardegsener Wechselfolge), Horizont der Grauen Tone und Horizont der Roten Tone (Grauer und Roter Hardegsener Ton) bezeichnet (Zeichnung: A. Herrmann in Boigk 1959b).

renzierte Abfolgen zwischen Senken- und Schwellengebieten hin. Dachroth (1967, 1980, 1988) bestätigte die Gültigkeit der Thürach'schen Gliederung für die an die Pfalz angrenzenden Gebiete Saarland, Lothringen und Nordvogesen. Unter Berücksichtigung der Ablagerungsbedingungen und mehrerer in der Schichtenfolge enthaltenen Schichtausfälle, die Dachroth (vgl. auch Dachroth 2013b dieser Band) verschiedenen Diskordanzen zuschreibt, können die Sandsteinausbildungen der Randfazies bestimmten stratigraphischen Einheiten zugeordnet werden.

Die Exploration zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung von Trier und Umgebung steigerte auch die Kenntnis des Buntsandstein zwischen der Sierck-Schwelle und der Eifel-Senke (Weiler 1972, 1991, Kaiser 1975, Krieger 1978, Heitele 1979, Negendank 1974, 1983). Zusammen mit den Ergebnissen von Mader (1979, 1982) u. a. gelang die Korrelation mit dem Buntsandstein der Pfalz. Die Ansicht, dass im Trierer Raum und in der Mechernicher Triassenke nur Mittlerer und Oberer Buntsandstein vorhanden seien, wurde bis in die jüngere Zeit (Kreimb-Wagner 1996, Ribbert 1995) vertreten. Erst in jüngerer Zeit (Dittrich 1999, 2004, Dittrich et al. 2003, Stets 2004, LGB Rhld.-Pf. 2005, Wagner et al. 2005) erfolgte eine Revision zugunsten von Unterem und Mittlerem Buntsandstein (neuer Gliederung). Die Konglomerate im höheren Buntsandstein („so“ bei Wagner 1983, „Usch-Schichten“ bei Mader 1979), werden dabei dem höchsten Mittleren Buntsandstein zugeordnet (LGB 2005, Dittrich & Norbistrath 2006).

Nach dem Zweiten Weltkrieg fasste Schröder (1952) die zwischen Mechernich und Trier bis dahin bekannten Daten erstmals zu einer Mächtigkeitkarte für den Hauptbuntsandstein zusammen und rekonstruierte das Paläorelief und das sukzessive Übergreifen der einzelnen Schichtglieder der Trias auf das Ardennische Massiv. In der Nordeifel (Mechernicher Trias-Dreieck) setzte die moderne Bearbeitung des Buntsandstein (s. a. Abb. 2-26) mit sedimentologischen Untersuchungen (Picard 1950) ein. Schröder (1952, 1954) stellte hier Diskordanzen zwischen permischen Relikten und dem übergreifenden Buntsandstein heraus und diskutierte die stratigraphische Stellung auch im Hinblick auf die Funde von Chirotherien-Fährten (Schömer 1939) bei Mechernich. Die hier abgegrenzten „Zwischenschichten“ im Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein wurden in den 1950er Jahren zwar als solche bezeichnet, ohne dass damit eine strenge stratigraphische Parallele zu den Zwischenschichten Südwestdeutschlands gezogen werden soll (Schröder 1954). Gegenstand von Diskussionen bleibt hier bis heute auch die genaue Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein (Ribbert 1995). Die Diskussion um eine Zuordnung des Nordeifeler Buntsandstein in den Mittleren Buntsandstein entzündete sich am Fund von *Parotosaurus mechernichensi*, wonach Teile des Oberen Buntsandstein bereits dem Muschelkalk zugeordnet werden müssten (Jux & Pflug 1958, Jux 1966). Diese Umstufung wurde jedoch später von Wo. Schmidt (1960 in: Müller & Schröder 1960) wieder zurückgenommen. Von großer Bedeutung für die

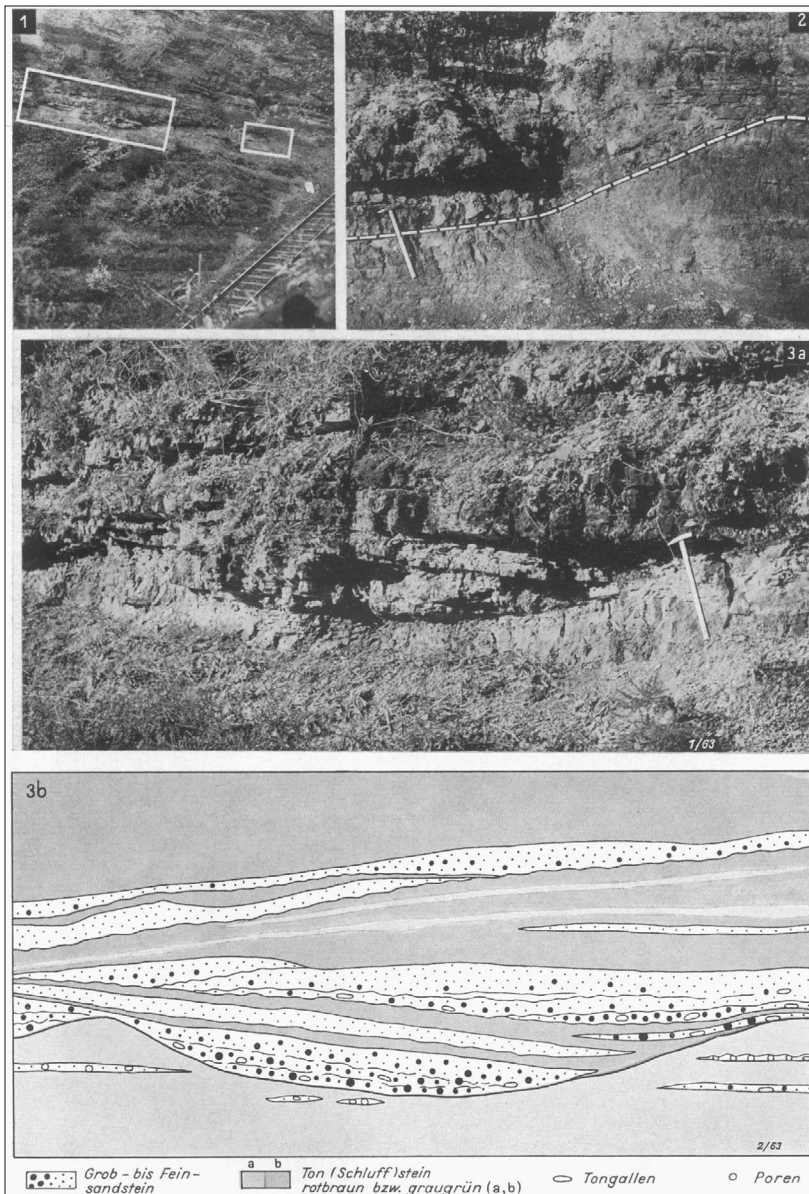


Abb. 2-25: Diskordante Überlagerung der Solling-Formation auf die Hardeggen-Formation 1 im Profil „Bahneinschnitt Heisennacken“ (aus Hermann & Hofrichter 1963).

Ökologie des Buntsandstein in der Eifel sind die Florenfunde von Lammersdorf nahe Gerolstein (Mittlerer Buntsandstein: Fuchs et al. 1991, Sander & Gee 1994), von Üdingen im Rurtal (Oberer Buntsandstein: Gothan 1938) und von Kommern bei Mechernich (Oberer Buntsandstein: Blanckenhorn 1885).

Für Südwestdeutschland, Ost-Frankreich und die Westschweiz erarbeiteten Boigk & Schöneich (1974) eine paläogeographische Karte mit Gesamtmächtigkeiten des Buntsandstein.

Neue Untergliederungsmöglichkeiten ergaben sich mit dem Nachweis der Horizontbeständigkeit oolithischer Einschaltungen vor allem für den Unteren Buntsandstein (Schulze 1969). Neben dieser auf der Scholle von Calvörde entwickelten Gliederung nach Oolith- bzw. Rogensteinhorizonten konnten die Fol-

gen des Unteren und Mittleren Buntsandstein in ebenfalls sohlbankzyklisch aufgebaute Kleinzyklen niedrigerer Rangordnung untergliedert werden. Erste Gliederungsversuche für einzelne Teilabschnitte des Buntsandstein hatten Roese (1963), Puff (1964), Seidel (1965a, b), Eschghi (1966), Radzinski (1967), Stephan (1970) sowie Radzinski & Seidel (1997) vorgestellt. Mit Hilfe geophysikalischer Bohrlochmessungen gelang der Nachweis, dass sich neben der großzyklischen Formationsgliederung auch dieser kleinzyklische Aufbau des Unteren und Mittleren Buntsandstein im gesamten Norddeutschen Becken (Puff & Radzinski 1976a, 1980, Brüning 1984, 1986, und besonders intensiv schließlich Röhling 1986, 1991a: Fig. 1-12, 1993) sowie darüber hinaus nach Westen bis in den holländischen und britischen Nordseesektor (Geluk & Röhling 1997, 1999, 2013 dieser Band), und bis nach Polen (Senkowiczowa & Szyperko-Sliwczynska 1961, Puff 1970, 1976, Becker 2005) verfolgen lässt und auch in die südliche und nördliche Randfazies korreliert werden kann (Kästner et al. 1966, Schüler 1976).

Für den Röt kam man im Osten Deutschlands 1974 zu einer Festlegung (TGL 25 234/11), die unter Berücksichtigung von Kästner & Seidel (1965) auf Jubitz (1959; s.

a. Abb. 2-27) aufbaute und den salinar und marin beeinflussten Verhältnissen dort am besten entsprach. Im Unterschied zum Unteren und Mittleren Buntsandstein existierte für den Oberen Buntsandstein keine allgemein akzeptierte Unterteilung. Es stehen in Diskussion eine auf der Basis von Hinze (1967) und Bühmann & Rambow (1979) beruhende Gliederung in vier Unterfolgen und eine von Bachmann et al. (2001) vorgeschlagene Gliederung in sechs Subformationen (vgl. Tab. 4.4), die insbesondere im evaporitisch geprägten Faziesbereich Anwendung findet (vgl. auch Lepper et al. 2013 sowie Röhling 2013, beide dieser Band).

Bis vor wenigen Jahren waren detaillierte biostratigraphische Untergliederungen, zumindest von Teilabschnitten des Buntsandstein, nicht möglich.

Mit der fossilen Flora (u. a. *Pleuromeia*) und pflanzengeographischen Verhältnissen zur Buntsandsteinzeit sowie mit stratigraphischen Fragen befasste sich Mägdefrau (1931a, b, 1932), mit Fossil- und Fährtenhorizonten im Buntsandstein u. a. Blanckenhorn (1924). Eine erste zusammenfassende Übersicht der Lebenswelt der Trias stammt von Schmidt (1928, 1938). In den letzten Jahrzehnten gab es intensive Bemühungen, auf der Basis von Pollen und Sporen eine für das Buntsandsteinbecken gültige biostratigraphische Detailgliederung zu erarbeiten. Hier sind vor allem die paläobotanischen bzw. palynologischen Arbeiten

von Vissher (1971), Doubinger & Bühmann (1981), Fuglewicz (1980), Reitz (1985), Ecke (1986), Schulz (1994) sowie Heunisch (1999) zu erwähnen. So veröffentlichten z. B. Reitz (1985: Tab. 4 + 5) sowie Heunisch (1999) eine auf palynologischen Befunden begründete Zonengliederung des Buntsandstein. Darüber hinaus besitzen für einzelne Teilabschnitte des Buntsandstein auch Fossilgruppen wie Ostracoden (Berger 1961) oder Tetrapoden-Fährten (Haubold 1971) einen gewissen Leitwert. Dies gilt in einem besonderen Umfang für Conchostraken. Hier sind die Arbeiten von Reible (1962), Kozur (1974a, b, 1980), Kozur & Seidel (1983a, b) sowie zuletzt Bachmann & Kozur (2004) zu nennen. Mit den häufig im Buntsandstein nachweisbaren Wurmbauten sowie andersartigen Lebensspuren befassten sich verschiedene Autoren wie Schindewolf (1923), Soergel (1923), Hundt (1940/42) oder A. H. Müller (1955a, b; Helminthoide Lebensspuren, *Isopodichnus*). Eine große Bedeutung für eine biostratigraphische Gliederung des Buntsandstein kann diesen Spuren wie auch Funden von Gastropoden (Wilckens 1920) oder Insekten (Kuhn 1937, s. a. Sinitshenkova et al. 2005) bisher nicht zugesprochen werden, denn erstens sind solche Funde selten, zweitens ist die Reichweite solcher biostratigraphisch definierter Zonen sehr groß. Andererseits zeigen biostratigraphische Arbeiten aber auch, dass die im Wesentlichen lithologisch begründeten Grenzen innerhalb des Buntsandstein als isochron anzusehen sind (Kozur 1980, Kozur & Seidel 1983b, Reitz 1985). Eine zusammenfassende Beschreibung



Abb. 2-26: Bleiglantz-Knotterz in konglomeratischem Sandstein der Mechernich-Formation, Mittlerer Buntsandstein, ehem. Tagebau am Kallmuther Berg, Blatt 5405 Mechernich (Foto: Karl-Heinz Ribbert).

der zum damaligen Zeitpunkt bekannten Fossilfunde im Buntsandstein und ihrer Bedeutung findet sich bei Hoppe (1965) und Backhaus (1996). Über die Fossilführung und die Fossilagerstätten im Buntsandstein



Abb. 2-27: Karl-Bernhard Jubitz (1925-2007; Foto: Werner Stackebrandt). Schuf grundlegende Arbeiten zur Gliederung des Röt und seiner regionalen Entwicklung wie die „Lithologisch-paläogeographischen Karten der DDR“ im Maßstab 1:500 000 (Oberer Buntsandstein) (s. a. Jubitz et al. 1979).



Abb. 2-28: Walter Hoppe (1896–1976), Erforscher des thüringischen Buntsandstein (Foto: Bildstelle FSU Jena).

der Vogesen berichten u. a. Gall (1971) sowie Gall & Grauvogel-Stamm (2000). Über Fischfunde im Oberen Buntsandstein berichtete Jörg (1969).

Die Arbeiten von A. H. Müller (1955a, b) über die Ichnologie, Stratinomie und Ökologie der Germanischen Trias waren Grundlage für palökologische Ansätze in der Triasforschung, die jedoch in der tieferen Trias bis auf wenige Versuche (u. a. Utech 1960, Gall 1971) kaum Beachtung fanden.

Mit der Entwicklung einer beckenweit anwendbaren Lithostratigraphie war der Weg frei für überregionale paläogeographische, paläotektonische und fazielle Untersuchungen, die mit Beginn des 20. Jahrhunderts neben den weiterhin dominierenden litho- und biostratigraphischen Fragestellungen zunehmend in den Vordergrund traten. Mit der Paläogeographie des Buntsandstein befassten sich zahlreiche Autoren. Für den süddeutschen Buntsandstein sind neben monographischen Arbeiten von Staesche (1930) und Strigel (1929) vor allem die Bestimmung der Schüttungsrichtung durch Schrägschichtungsmessungen durch Brinkmann (1933) und Jüngst (1938), die Gerölluntersuchungen in Konglomerathorizonten durch Kumm (1929) sowie Fragen zur Natur der Schichtgrenzen (u. a. Frank 1930, 1936, 1939, Hoppe 1930, 1976a, b) zu nennen. Brinkmann (1926) ging bereits auf die Beziehungen zwischen „Tektonik und Sedimentation im deutschen Triasbecken“ ein.

In diesem Zusammenhang befasste man sich auch mit der Herkunft und Genese der Buntsandstein-Sedimente. Während noch Deecke (1916) annahm, dass die Sedimentmassen von Norden in das Buntsandsteinbecken verfrachtet worden sind, sind sich spätere Bearbeiter über eine vorwiegende Anlieferung der Sedimente aus Süden einig. So betrachtete z. B. Kautzsch (1933) den Einfluss des Böhmisches Massivs auf die Entwicklung des Buntsandstein an seinem Nordwestrand. Mit seiner Arbeit über Stratigraphie und Paläogeographie des Buntsandstein im Umkreis der Vogesen gab Forche (1935) einen zusammenfassenden Überblick mit Mächtigkeitsangaben für den ungegliederten „Mittleren Buntsandstein“ und den Oberen Buntsandstein. Aus der Abnahme der Geröllgröße, aus der Einregelung der Gerölle und einem Quarz-Quarzit-Verhältnis schloss er auf eine nordwärts gerichtete Schüttung. Als westliches Liefergebiet definierte er das Gallische Land.

Eine erste fazielle Gliederung des (süd-)deutschen Buntsandsteinbeckens unternahm Frank (1937), der eine konglomeratische Randfazies von einer vorgelegerten Sand- und einer Beckenfazies mit mehr tonigen Sedimenten unterschied. Bereits Strigel (1929) forderte für die Entstehung der mächtigen Buntsandsteinabfolge Absenkungsbewegungen im Becken bzw. eine Hebung der umrahmenden Liefergebiete, wobei er den erhalten gebliebenen Sedimentkomplex als „inversen Schuttkegel“ bezeichnete. Zu späteren, teilweise kontrovers geführten Diskussionen zur Genese des Buntsandstein äußerten sich Wurster (1960) und Hoppe (1976a, b). Hoppe (1972; s. a. Abb. 2-28) befasste sich mit dem Klima des Buntsandstein.

Nachdem Backhaus seine frühen Arbeiten insbesondere den Fragen der Buntsandstein-Stratigraphie widmete (Backhaus et al. 1958, Backhaus 1960, 1967, 1968) waren es später vor allem stratifizierte Faziesanalysen, die ihm weitreichende Rückschlüsse hinsichtlich der Rekonstruktion des Ablagerungsmilieus in Raum und Zeit ermöglichten (Backhaus 1974, Backhaus & Bindig 1991, Backhaus & Heim 1995, Backhaus et al. 2002).

In Nordwestdeutschland beschrieb Boigk (1951/52, 1957a, b, 1959a, b, 1961a, b) erstmals überregional die Ausbildung, Faziesentwicklung und die paläogeographischen Verhältnisse im Buntsandstein zwischen Harz, Niederrhein und Emsland. Herrmann (1956/57, 1962/64), Trusheim (1961, 1963; s. a. Abb. 2-29), Wolburg (1969), Krämer & Kunz (1968, 1969a) u. a. sahen einen Zusammenhang zwischen den epirogenen Bewegungen im Mitteleuropäischen Buntsandsteinbecken, deckten ihre Bedeutung für die lithostratigraphische Korrelation auf und erstellten eine differenzierte Gliederung des Norddeutschen Beckens und seiner Randgebiete in Schwellen und Senken und



Abb. 2-29: Ferdinand Trusheim (1906–1997) in voller Montur während seiner Zeit bei „Senckenberg am Meer“ (Foto: Senckenberg Gesellschaft f. Naturforschung).

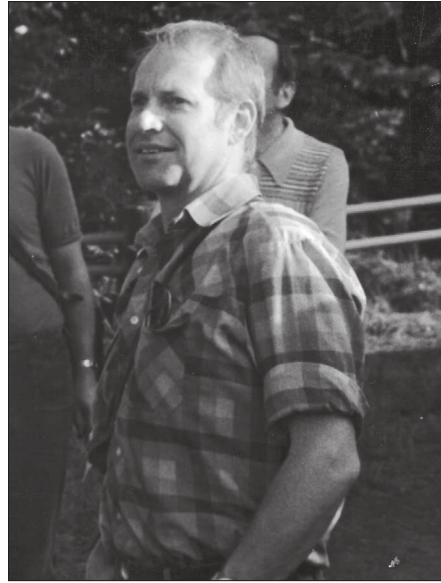


Abb. 2-30: Fritz Schüler (1934–1990), Bearbeiter des Buntsandstein Nordostdeutschlands.

erkannten bedeutende Schichtlücken und Erosionsdiskordanzen (V-, D-, H- sowie S-Diskordanz). Darüber hinaus konnte jüngst eine zumindest regional verbreitete Diskordanz im höheren Oberen Buntsandstein (Basis Gleina-Subformation) nachgewiesen werden (Gleina- bzw. G-Diskordanz, Röhling 2005). Im Nordostdeutschen Becken sind vor allem die Arbeiten von Schüler (1976, 1980: Abb. 2-30), Rusitzka (1967), Puff (1964, 1970) sowie Puff & Radzinski (1976a, b, 1980) zu nennen.

Eine Übersicht über den Buntsandstein in den östlichen Bundesländern geben die „Lithologisch-paläogeographischen Karten der DDR“ im Maßstab 1:500 000 (Oberer Buntsandstein: Jubitz et al. 1979, s. a. Abb. 2-31; Mittlerer Buntsandstein: Radzinski et al. 1974; Unterer Buntsandstein: Diener et al. 1979), in denen neben den Mächtigkeiten der einzelnen Formationen erstmals flächenhaft deren lithologische Ausbildung dargestellt worden ist. Mit überregionalen Fragestellungen, wie z. B. der Auswirkung paläotektonischer Prozesse auf die Ausbildung, die Mächtigkeitsentwicklung sowie die regionale Verbreitung des Buntsandstein, befassten sich Arbeiten am Geotektonischen Atlas von Nord-

westdeutschland (u. a. Best 1986, 1989, Röhling 1986, 1988, 1991a, b). Hierbei wurde erstmals die Bedeutung synsedimentärer bruchtektonischer Bewegungen auf die paläogeographische Entwicklung des deutschen Buntsandsteinbeckens aufgezeigt. Zudem erbrachten Log-Korrelationen den Nachweis, dass die o. g. Erosionsdiskordanzen z. T. beckenweit und teilweise sogar in den becken tiefsten Bereichen erkennbar sind (u. a. Geluk & Röhling 1997, 1999, Geluk 2005).

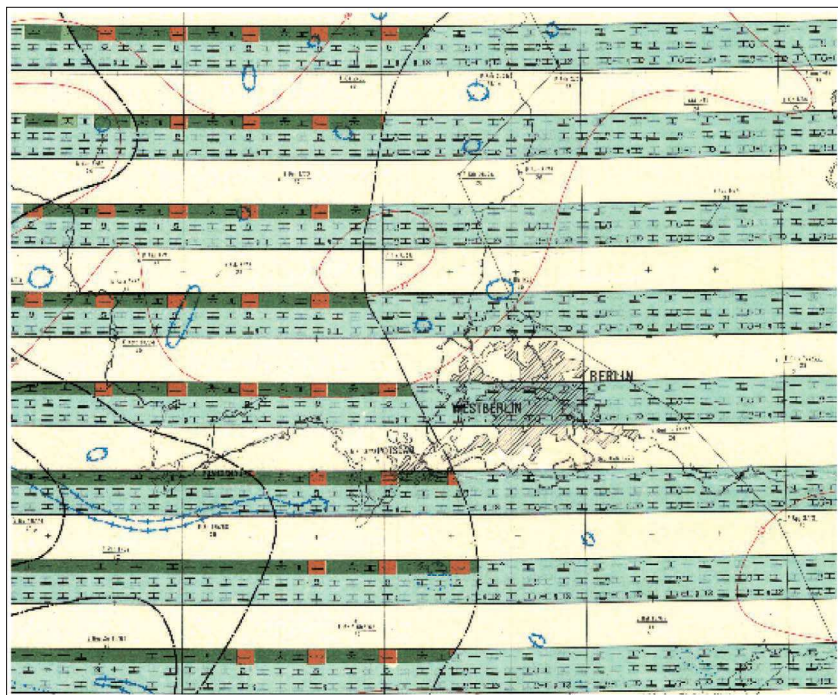


Abb. 2-31: Ausschnitt aus der „Lithologisch-paläogeographischen Karte der DDR 1 : 500 000, Röt“ (aus Jubitz et al. 1979).

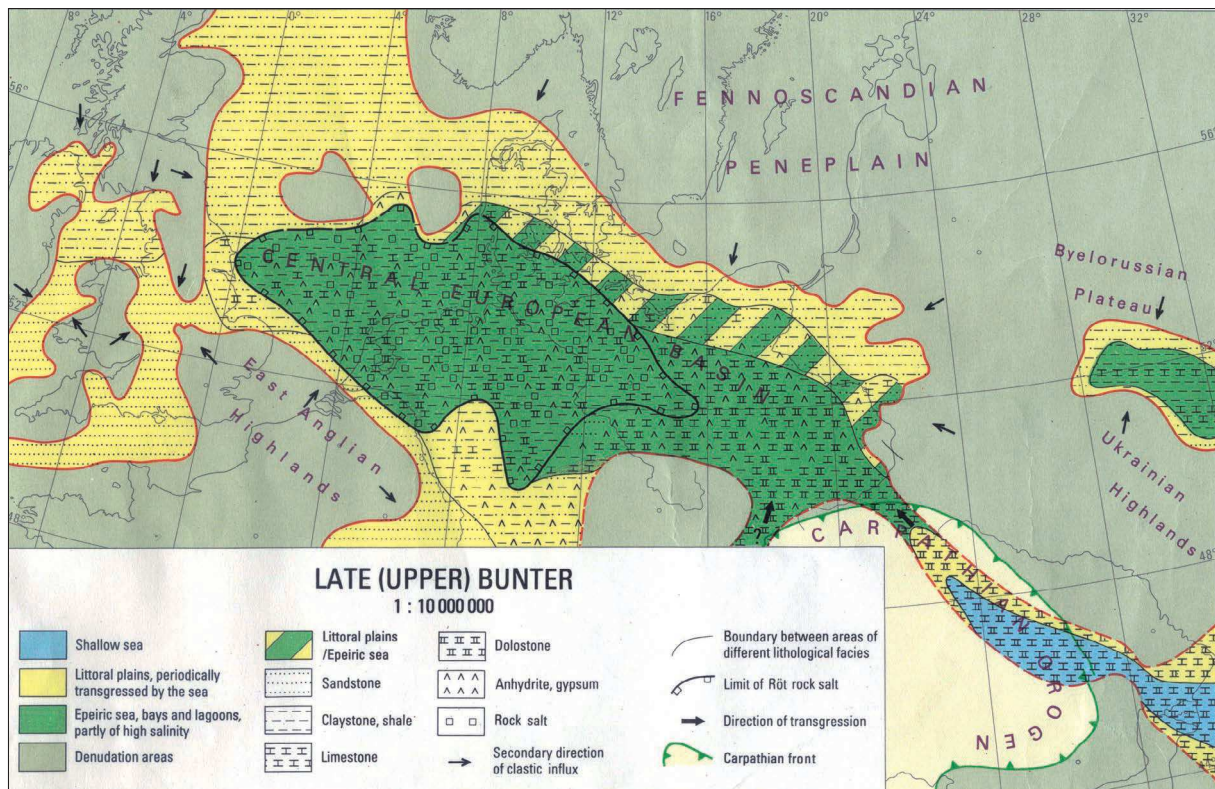


Abb. 2-32: Inset-Karte aus der IGCP-Karte „Lithologic-Palaeogeographical map MIDDLE BUNTER“ (Bertelsen et al. 1986).

Eine schematische Darstellung der lithologisch-faziellen und paläogeographischen Verhältnisse des gesamten mitteleuropäischen Buntsandstein wurde im Rahmen des IGCP-Projektes No. 86 „Südwest-Rand der Osteuropäischen Tafel“ (Bertelsen et al. 1986, s. a. Abb. 2-32) zusammengetragen und in Karten dargestellt (Internat. Koordinator: F. Schüler). Mit der Entwicklung des Sedimentationsbeckens der klassischen Germanischen Trias befasste sich auch Schröder (1982), mit der Fazies und den Sedimentstrukturen des Buntsandstein, insbesondere zu den Oolithen und Stromatolithen des Unteren Buntsandstein Paul (1982, 1999). Neuere zusammenfassende Übersichts Darstellungen der Trias des zentralen mitteleuropäischen Beckens finden sich bei Bachmann et al. (2010) sowie Feist-Burkhard et al. (2008).

Die Anwendung der von Vail in van Wagoner et al. (1988) für passive Kontinentalränder entwickelten Sequenzstratigraphie auf die triassischen Schichten des epikontinentalen Mitteleuropäischen Beckens steht erst in den Anfängen. Es ist aber festzuhalten, dass diese Methode in modifizierter Form auch auf das intrakratonale, durch kontinentale Sedimente geprägte Buntsandsteinbecken anwendbar ist. Eine erste sequenzstratigraphische Betrachtung der Germanischen Trias haben Aigner & Bachmann (1992) vorgenommen, wobei sie sich für den Buntsandstein auf veröffentlichte Daten stützten. Grundlage dieser sequenzstratigraphischen Gliederung des Buntsand-

stein ist der beckenweite Nachweis der o. g. Erosionsdiskordanzen, die als „Flächen maximaler Erosion“ erstklassige Markerhorizonte darstellen und daher auch als Sequenzgrenzen angesehen werden (Röhling 1991b, Aigner & Bachmann 1992, Geluk & Röhling 1997, 1999, Becker 2005, Geluk 2005). Über die Hauptdiskordanzen hinaus treten der tektonischen Situation und der paläogeographischen Höhe entsprechend in den beckenrandlichen Gebieten weitere Erosionsdiskordanzen auf.

3. Danksagung

Herrn Prof. Dr. Wolfgang Dachroth (Wilhelmsfeld), Herrn Dr. Jochen Lepper (Hannover) und Herrn Prof. Dr. Johannes Stets (Bonn) danken wir für wertvolle Hinweise zur Geschichte der Buntsandsteinforschung insbesondere der linksrheinischen Gebiete.

Ein besonderer Dank gilt auch den Herren Prof. Dr. Bernt Schröder (Bochum) sowie Prof. Dr. Klaus-Werner Tietze (Marburg) für wertvolle Hinweise zu diesem Beitrag sowie für ihr Engagement bei der Fertigstellung dieses Bandes.

Den Herren Dr. Dedo Geinitz (z. Zt. Lusaka, Zambia), Dr. Jan-Michael Lange (Dresden), Dr. Ulf Linnemann (Dresden), Roland Paul (Kaiserslautern), Prof. Matthias Reimann (Iphofen), Siegfried Rein (Erfurt), Dr. Karl-Heinz-Ribbert (Krefeld), Dr. Werner Stackebrandt (Potsdam), Dr. Hans Trusheim (München),

Dr. Harald Walter (Freiberg), Dr. Ralf Werneburg (Schleusingen), sowie der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hannover), der Friedrich-Schiller-Universität Jena, der Technischen Universität Darmstadt (Frau Ingrid Hirsmüller), dem Universitätsarchiv Stuttgart, dem Geologischen Dienst im LFU Bayern (Hof) sowie dem Friedrich-Pfeil-Verlag (München) danken wir für die Überlassung von Bild- und Kartenmaterial.

Schriftenverzeichnis

- Aigner, T. & Bachmann, G. H. (1992): Sequence-stratigraphic framework of the German Triassic. – *Sedim. Geol.*, 80: 115-135; Amsterdam.
- Alberti, F. von (1826): Die Gebirge des Königreichs Württemberg, in besonderer Beziehung auf Halurgie. – XX + 327 S.; Stuttgart, Tübingen (Cotta).
- Alberti, F. von (1834): Beitrag zu einer Monographie des Bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers und die Verbindung dieser Gebilde zu einer Formation. – 366 S.; Stuttgart, Tübingen (Cotta). Nachdruck: Hansch, W. (1998; zuzgl. 47 S. Ergänzung); Ingelfingen (F. v. Alberti-Stiftung Hohenloher Muschelkalkwerke).
- Ammon, L. von (1901): Über eine Tiefbohrung durch den Buntsandstein und die Zechsteinschichten bei Mellrichstadt an der Rhön. – *Geognost. Jahresh.*, 13 (f. 1900): 149-193; München.
- Arbeitsausschuss Buntsandstein der Geologischen Landesämter (1974): Richtlinien zur Gliederung des westdeutschen Buntsandsteins. – *Geol. Jb.*, A 25: 123-125; Hannover.
- Assmann, P. (1929): Die Tiefbohrung Leschna und ihre Bedeutung für die Stratigraphie der oberschlesischen Trias. – *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, 50 (1): 155-185; Berlin.
- Assmann, P. (1933): Die Stratigraphie der oberschlesischen Trias. Teil I: Der Buntsandstein. – *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, 53: 731-757; Berlin.
- Bachmann, G.-H., Beutler, G. & Exner, M. (2001): Es wird beantragt, für die Röt-Formation in der Beckenfazies folgende Untergliederung in Subformationen einzuführen. – In: <http://www.stratigraphie.de/perm-trias/beschluss.pdf>
- Bachmann, G.-H. & Kozur, H. (2004): The Germanic Triassic: Correlation with the international chronostratigraphic scale, numerical ages, Milankovitch-cyclicity. – *Hallesches Jb.*, B 26: 17-62; Halle (Saale).
- Bachmann, G.-H., Geluk, M.C., Warrington, G., Becker-Roman, A., Beutler, G., Hagdorn, H., Hounslow, M.W., Nitsch, E., Röhlings, H.-G., Simon, T. & Szulc, J. (2010): Triassic. – In: Doornenbal, J.C. & Stevenson, A.G. (eds.): *Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area*, 149-173; EAGE Publications b. v. (Houten).
- Backhaus, E. (1960): Zur Neugliederung des Odenwälder Buntsandstein und ein Vergleich mit Nordhessen und Thüringen. – *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.* 1960 (7): 292-313; Stuttgart.
- Backhaus, E. (1967): Zur Genese des Buntsandstein im Spessart. – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N. F., 49: 157-171; Stuttgart.
- Backhaus, E. (1968): Fazies, Stratigraphie und Paläogeographie der Solling-Folge (Oberer Buntsandstein) zwischen Odenwald - Rhön und Thüringer Wald. – *Oberrhein. geol. Abh.*, 17: 1-164; Karlsruhe.
- Backhaus, E. (1974): Limnische und fluviatile Sedimentation im südwestdeutschen Buntsandstein. – *Geol. Rundschau*, 63: 925 - 942; Stuttgart.
- Backhaus, E. (1980): Zu Fragen der Nomenklatur und Gliederung nach Formationen im Rotliegenden, Zechstein und Buntsandstein. – *Newsl. Stratigr.*, 9: 105-113; Berlin, Stuttgart.
- Backhaus, E. (1994): Der Einfluß der Tektonik und des skythisch-anisischen Meeresspiegelanstiegs auf die Faziesgliederung des Oberen Buntsandsteins im Germanischen Triasbecken. – *Z. dt. geol. Ges.*, 145: 325-342; Hannover.
- Backhaus, E., Lohmann, H. & Regenhardt, H. (1958): Der Mittlere Buntsandstein im Reinhardswald (Nordhessen). – *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 86: 192-201; Wiesbaden.
- Backhaus, E. & Bindig, M. (1991): Faziesanalytische Definition der lithostratigraphischen Einheiten der Solling-Formation (Buntsandstein, Hessische Senke). – *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, 1990, H. 11: 1587-1602; Stuttgart.
- Backhaus, E. & Heim, D. (1995): Die fluvio-lakustrine Fazies des Übergangsbereichs Plattensandstein/Rötquarzit (Oberer Buntsandstein) im Mittleren Odenwald unter besonderer Berücksichtigung der Violetten Zone. – *Geol. Jb. Hessen*, 123: 49-68; Wiesbaden.
- Backhaus, E. (1996): Eine biostratigraphische Bewertung der Faunen im Buntsandstein des germanischen Beckens. – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N.F. 78: 257 - 279; Stuttgart.
- Backhaus, E., Bähr, R. & Bindig, M. (2002): Faziesbild und stratigraphische Einstufung des Mittleren und Oberen Buntsandsteins am unteren Neckar (TK 25, Blatt 6620 Mosbach). – *Geol. Jb. Hessen*, 129: 79-101; Wiesbaden.
- Barckhausen, J., Look, E.R., Vinken, R. & Voss, H.H. (1975): *Symbolschlüssel Geologie*, 2. Auflage, Symbole für die Dokumentation und Automatische Datenverarbeitung geologischer Feld- und Aufschlußdaten. – Herausgegeben vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, – 135 S.; Hannover.
- Becker, A. (2005): Sequenzstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). – *Hallesches Jb. Geowiss., Reihe B, Beih.* 21: 1-117; Halle (Saale).
- Benecke, E. W. (1877): Über die Trias in Elsaß-Lothringen und Luxemburg. – *Abh. Geol. Specialkte. Els.-Lothr.*, I/IV: 491-829; Strassburg.
- Benecke, E. W. (1878): Abriß der Geologie von Elsaß – Lothringen. – 123 S.; Strassburg (F. Schmidt).
- Berger, F. (1961): Ostracoden-Vorkommen im Buntsandstein NW-Deutschlands. – *Senckenb. leth.*, 42: 147-155; Frankfurt/Main.
- Bertelsen, F. (1980): Lithostratigraphy and depositional history of the Danish Triassic. – *Danmarks geol. Undersøelse*, B 4: 57 S.; Kopenhagen.
- Bertelsen, F., Bless, M.J.M., Gajewska, I., Glusko, W.W., Kiserjus, J.L., Kockel, F., Larsson, K., Lupu, M., Monkevic, E.N., Njaga, V.J., Poluchtovic, B.M., Schüler, F., Suvež-

- dis, P.J., Szyperko-Teller, A., Visnjakov, I.B. & Watson, W. (1986): Lithologic-palaeogeographical map Middle Bunter (Triassic), inset map 1 : 10 000 000 (First version). – IGCP-Projekt No. 86 : Southwest border of the East European Platform, edited by the National Committee of the German Democratic Republic.
- Best, G. (1986): Die Grenze Buntsandstein/Zechstein nach Bohrlochmessungen (Gamma-Ray und Sonic-Log) im Nordwestdeutschen Becken. – Ber. Bundesanst. Geowiss. Rohstoffe, Arch.-Nr. 98933, 17 S.; Hannover [unveröff.].
- Best, G. (1989): Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Nordwestdeutschland nach Bohrlochmessungen. – Z. dt. geol. Ges., 140: 73-85; Hannover.
- Beyrich, E. & Eck, H. von (1870): Erl. Bl. Nordhausen. – Geol. Kte. Preußen 1 : 25 000, Blatt 4430; Berlin.
- Blanckenhorn, M. (1885): Die Trias am Nordrand der Eifel zwischen Commern, Zülpich und dem Roerthale. – Abh. Geol. Spezialkarte v. Preussen u. d. Thüring. Staaten, 6/2, 135 S.; Berlin.
- Blanckenhorn, M. (1924): Über Fossil- und Fährtenhorizonte im Buntsandstein Deutschlands. – Z. dt. geol. Ges., 76: 269-278; Berlin.
- Boigk, H. (1951/1952): Wege und Möglichkeiten zu einer Feingliederung im Mittleren Buntsandstein, erläutert an den Verhältnissen des nordwestlichen Vorharzes. – Z. dt. geol. Ges., 103: 102-105; Hannover.
- Boigk, H. (1956/1957a): Vorläufige Mitteilung über eine neue Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Raume Südhannover. – Geol. Jb., 72: 325-339; Hannover.
- Boigk, H. (1956/1957b): Ausbildung und Paläogeographie des Buntsandstein im nördlichen Teil der Niederrheinischen Bucht und seine Beziehungen zu benachbarten Gebieten. – Geol. Jb., 72: 347-366; Hannover.
- Boigk, H. (1959a): Zur Gliederung und Fazies des Buntsandstein zwischen Harz und Emsland. – Geol. Jb., 76: 597-636; Hannover.
- Boigk, H. (1959b): Buntsandsteinexkursion 17.-20.6.1959. – Ber. Nieders. L.-Amt Bodenforsch., Arch.-Nr. 009598: 15 Blatt; Hannover [unveröff.].
- Boigk, H. (1961a): Ergebnisse und Probleme stratigraphisch-paläogeographischer Untersuchungen im Buntsandstein Nordwestdeutschlands. – Geol. Jb., 78: 123-134; Hannover.
- Boigk, H. (1961b): Zur Fazies und Erdgasführung des Buntsandstein in Nordwestdeutschland. – Erdöl, Kohle, Erdgas, Petrochem., 14: 998-1005; Hamburg.
- Boigk, H. & Schöneich, H. (1974): Perm, Trias und älterer Jura im Bereich der südlichen Mittelmeer-Mjösen-Zone und des Rheingrabens. – In: Illies, J.H. & Fuchs, K. (eds): Approaches to Taphrogenesis, – Inter-Union Commission on Geodynamics, Scientific Report No. 8: 60–71; Stuttgart (Schweizerbart).
- Bornemann, J.G. (1889): Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias nebst Untersuchungen über Sand- und Sandsteinbildungen im Allgemeinen. – In: Bornemann, J.G. (Hrsg.): Beiträge zur Geologie und Paläontologie, 1: 61 S.; Jena (Fischer).
- Brinkmann, R. (1926): Tektonik und Sedimentation im deutschen Triasbecken. – Z. dt. geol. Ges., 78: 52-74; Berlin.
- Brinkmann, R. (1932): Über die Entstehung fossiler Inselberge. – Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, math. phys. Klasse, 1932: 242-248; Göttingen.
- Brinkmann, R. (1933): Über Kreuzschichtung im deutschen Buntsandsteinbecken. – Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, math.-nat. Kl. 4, 32: 1-12; Göttingen.
- Brüggemann, K. (1958): Stratigraphie und Tektonik des Mittleren Buntsandsteins im Raum Hann. Münden. – Dipl.-Arb. Univ. Göttingen, 39 S.; Göttingen [unveröff.].
- Brüning, U. (1984): Zur Stratigraphie und Lithofazies des Unteren Buntsandsteins in Südniedersachsen und Nordhessen. – Diss. Univ. Würzburg, 211 S.; Würzburg [unveröff.].
- Brüning, U. (1986): Stratigraphie und Lithofazies des Unteren Buntsandsteins in Südniedersachsen und Nordhessen. – Geol. Jb., A 90: 3-125; Hannover.
- Bücking, H. (1892): Der nordwestliche Spessart. – Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F. 12: 274 S.; Berlin.
- Bühmann, D. & Rambow, D. (1979): Der Obere Buntsandstein (Röt) bei Borken/Hessen, Stratigraphie und Tonmineralogie. – Geol. Jb. Hessen, 107: 125-138; Wiesbaden.
- Cotta, B. von (1839): Notiz über Thierfährten im bunten Sandstein bei Pölzig zwischen Ronneburg und Weiffenfels. – N. Jb. Mineral., Geogn., Geol. etc. f. 1839: 10-15; Stuttgart.
- Cramer, P. (1964): Buntsandstein. – In: Bayer. Geol. L.-Amt (Hrsg.): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000, 2. Aufl.: 69-81; München.
- Dachroth, W. (1967): Stratigraphie und Tektonik im Hauptbuntsandstein des östlichen Saarlandes. – Ann. Univ. Sarav., 5: 173-219; Saarbrücken.
- Dachroth, W. (1972): Der Obere Buntsandstein im Saarland. – Oberrh. geol. Abh., 21: 117-144; Karlsruhe.
- Dachroth, W. (1980): Rehbergschichten. – Mainzer geowiss. Mitt., 9: 7-40; Mainz.
- Dachroth, W. (1988): Genese des linksrheinischen Buntsandsteins und Beziehungen zwischen Ablagerungsbedingungen und Stratigraphie. – Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N.F. 70: 267-333; Stuttgart.
- Dachroth, W. (2008): Violette Horizonte. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 54: 75-104; Hannover.
- Dachroth, W. (2013a): Paläoböden im Buntsandstein und deren stratigraphische Bedeutung. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhlings für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 223-231; Hannover.
- Dachroth, W. (2013b): Der Buntsandstein der Lothringen-Pfalz-Senke. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhlings für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 487-513; Hannover.
- Daubrée (1852): Description géologique et mineralogique du département du Bas-Rhin. – 500 S.: Lithographie de E. Simon, Strasbourg.
- Dechen, H. von (1866): Orographisch-Geognostische Uebersicht des Regierungsbezirkes Aachen. – 292 S.; Aachen (Benrath & Vogelsang).
- Deecke, W. (1916): Geologie von Baden, Teil I (Buntsandstein). – 210-258; Berlin.
- Dienemann, W. (1915): Das oberhessische Buntsandsteingebiet. – Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1913, 34, T. II: 317-404; Berlin.

- Diener, I., Puff, P. & Radzinski, K.-H. (1979): Lithologisch-paläogeographische Karte der DDR 1 : 500 000 Nordhausen- bis Bernburg-Folge (Unterer Buntsandstein). – Zentr. geol. Inst.; Berlin.
- Dietz, V. (1965): Beiträge zur Geologie und Sedimentologie des südwestlichen Hunsrückrandes. – Ann. Univ. sarav., 4: 41-121; Saarbrücken.
- Dittrich, D. (1999): Triassic and Liassic of the Trier Embayment. – Meuse-Rhine Euregio Geologists Meeting, Excursion Guide, 35 pp; Mainz - Trier.
- Dittrich, D. (2004): Die ardennische Trias- und Lias-Randfazies in der Trierer Bucht (Exkursionen B1 am 15. und B2 am 16. April 2004). – Jber. Mitt. Oberhein. Geol. Ver., N.F. 86: 49-76; Stuttgart.
- Dittrich, D., Franke, W. R., Gad, J., Henek, J., Requadt, H., Schäfer, P. & Weidenfeller, M. (2003): Geologische Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz 1 : 300 000. – Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz; Mainz.
- Dittrich, D. & Norbisch, S. (2006): Konglomeratischer „Oberer“ Buntsandstein in den Forschungsbohrungen Roth/Our und Körperich (Südeifel) – stratigraphische Neubewertung und geologisches Umfeld. – Mainzer geowiss. Mitt., 34: 73-112; Mainz.
- Dockter, J. & Puff, P. (1959): Neue Kartensymbole für die Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Thüringen auf zyklischer Grundlage. – Z. angew. Geol., 5 (11): 548-553; Berlin.
- Dorn, P. (1931): Der oberfränkisch-oberpfälzische Buntsandstein. – Z. dt. geol. Ges., 83: 13-38; Berlin.
- Doubinger, J. & Bühmann, D. (1981): Röt bei Borken und bei Schlüchtern (Hessen, Deutschland), Palynologie und Tonmineralogie. – Z. dt. geol. Ges., 132: 421-449; Hannover.
- Dufrénoy, O. P. A. & Élie de Beaumont, J. B. A. L. L. (1841): Explication de la carte géologique de la France rédigée sous la direction de M. Brochant de Villiers Inspecteur Général des Mines – Vol. I + Carte; Paris.
- Dufrénoy, O. P. A. & Élie de Beaumont, J. B. A. L. L. (1848): Explication de la carte géologique de la France rédigée sous la direction de M. Brochant de Villiers Inspecteur Général des Mines. – Vol. II; Paris.
- Ebert, Th. (1888): Über die Art des Vorkommens und die Verbreitung der *Gervilleia muchisoni* GEIN. – Jb. preuß. geol. L.-Anst., 9: 237-242; Berlin.
- Eck, H. von (1865): Über die Formationen des bunten Sandsteins und des Muschelkalkes in Oberschlesien und ihre Versteinerungen. – 149 S.; Berlin (R. Friedländer u. Sohn).
- Eck, H. von (1875): Über die Umgebung von Oppenau. – N. Jb. Min. etc., 1875: 70-72; Stuttgart.
- Eck, H. von (1884a): Geognostische Karte der Umgebung von Lahr mit Profilen und Erläuterungen. – 113 S.; Lahr.
- Eck, H. von (1884b): Zur Gliederung des Buntsandstein im Odenwald. – Z. dt. geol. Ges., 36: 161-168; Berlin.
- Ecke, H.-H. (1986): Palynologie des Zechsteins und Unteren Buntsandsteins im Germanischen Becken. – Diss. Univ. Göttingen, 117 S.; Göttingen [unveröff.].
- Eissele, K. (1957): Sedimentpetrographische Untersuchungen am Buntsandstein des Nordschwarzwaldes. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., 2: 69-117; Freiburg i. Br.
- Eissele, K. (1966): Zur Gliederung des nordschwarzwälder Buntsandsteins. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F., 48: 143-158; Stuttgart.
- Élie de Beaumont, J. B. A. L. L. (1827): Observations géologiques sur les différentes Formations qui dans le système des Vosges séparent la Formation Houillère de celle du Lias. – Annales de Mines, Deuxième Série, 1: 393-468; Paris.
- Élie de Beaumont, J. B. A. L. L. (1828): Observations géologiques sur les différentes Formations qui dans le système des Vosges séparent la Formation Houillère de celle du Lias. – Annales de Mines, Deuxième Série, 2: 3-82; Paris.
- Eschghi, I. (1966): Zur Gliederung und Paläogeographie des Unteren Buntsandsteins zwischen Weser und Ems. – Dipl.-Arb. TH Aachen, 33 S.; Barnstorf [unveröff.].
- Feist-Burkhardt, S., Götz, A.E. & Szulc, J. (coordinators), Aigner, T., Geluk, M., Haas, J., Hornung, J., Jordan, P., Kempf, O., Michalík, J., Nawrocki, J., Reinhardt, L., Ricken, W., Röhling, H.-G., Rüffer, T., Török, Á. & Zühlke, R. (2008): Triassic. – In: McCann, T. (ed.): The Geology of Central Europe. – Spec. Publ. Geol. Soc. London, 749-821; London.
- Forche, F. (1935): Stratigraphie und Paläogeographie des Buntsandstein im Umkreis der Vogesen. – Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, 15: 15-55; Hamburg.
- Frank, M. (1930): Beiträge zur vergleichenden Stratigraphie und Bildungsgeschichte der Trias-Lias-Sedimente im alpin-germanischen Grenzgebiet der Schweiz. – N. Jb. Mineral. etc. Beil.-Bd., Abt. B, 64: 325-426; Stuttgart.
- Frank, M. (1936): Der Faziescharakter der Schichtgrenzen der süddeutschen und kalkalpinen Trias. – Centralbl. Mineral. etc., Abt. B: 475-502; Stuttgart.
- Frank, M. (1937): Ergebnisse neuer Untersuchungen über Fazies und Bildung von Trias und Jura in Südwest-Deutschland. I. Trias. – Geol. Rundschau, 28: 465-498; Stuttgart.
- Frank, M. (1939): Die Bedeutung stratigraphisch-fazieller Schichtverfolgung. – Z. dt. geol. Ges., 91: 377-391; Berlin.
- Frantzen, W. (1894): Der Zechstein in seiner ursprünglichen Zusammensetzung und der Untere Buntsandstein in den Bohrlöchern bei Kaiseroda. – Jb. preuß. geol. L.-Anst., 15: 63-121; Berlin.
- Freudenberger, W. (1996): Trias. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg.): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000. – 4. Aufl.: 64-89; München.
- Freudenberger, W. (2005): Buntsandstein. – In: Bayer. Geol. L.-Amt (Hrsg.): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000, 5. Aufl.: 65-72; München.
- Freudenberger, W., Fritzer, T. & Geiger, A. (1998): Der Mittlere und Obere Buntsandstein in Kernbohrungen bei Coburg. – Geologica Bavarica, 103: 295-320; München.
- Freudenberger, W. & Helmke, K. (2006): Der Buntsandstein in den Forschungsbohrungen Lindau 1 und Spitzzeichen 1. – Geologica Bavarica, 109: 51-63; München.
- Freudenberger, W., Geyer, G. & Schröder, B. (2013): Der Buntsandstein im nördlichen Bayern (nordwestliches Franken, Bruchschollenland und Randfazies im Untergrund). – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigra-

- phie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 547-582; Hannover.
- Füchsel, G. C. (1761): *Historia terrae et maris, ex historia Thuringiae, per montium descriptionem eruta.* – Acta Acad. elect. Moguntinae Erford., II: 44-254; Erfurt.
- Fuchs, G., Grauvogel-Stamm, L. & Mader, D. (1991): Une remarquable flore à *Pleuromeia* et *Anomopteris* in situ du Buntsandstein moyen (Trias inférieur) de l'Eifel (R.F. Allemagne) – Morphologie, Paléoécologie et Paléogéographie. – *Palaeontographica*, Abt. B., 222: 89-120; Stuttgart.
- Fuglewicz, R. (1980): Stratigraphy and palaeogeography of Lower Triassic in Poland on the basis of megaspores. – *Acta Geol. Polonica*, 30: 417-468; Warszawa.
- Gall, J.-Cl. (1971): Faunes et paysages du Grès à Voltzia du Nord des Vosges. – Essai paléoécologique sur le Buntsandstein supérieur. – *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 34: 318 S.; Strasbourg.
- Gall, J.-Cl. & Grauvogel-Stamm, L. (2000): Der Voltziesandstein, Ablagerungen eines Deltas im frühen Mesozoikum (Trias, Anis) Nordost-Frankreichs. – In: Pinna, G. & Meischner, D. (Hrsg.): *Europäische Fossilagerstätten*, 72-77; Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag.
- Gaertner, H. (1961): Die Ausbildung des Mittleren Buntsandstein bei Brehme (Ohmgebirge) im thüringischen Eichsfeld. – *Geol. Jb.*, 79: 173-206; Hannover.
- Gaertner, H.-R. von & Herrmann, A. (1968): Erläuterungen zu Blatt 4324 Hardegsen. – *Geol. Kt. 1 : 25 000 Niedersachsen*, 271 S.; Hannover.
- Geinitz, H. B. (1841): Über die organischen Reste bei Altenburg, Ronneburg und Gera. – *N. Jb. Min., Geogn., Geol. u.. Petref.-kde*, Jahrg. 1841 : 637-642; Stuttgart.
- Geinitz, H. B. (1851): In: Kirste, E. (1912): *Geologisches Wanderbuch für Ostthüringen und Westsachsen.* – 289 S.; Stuttgart (Enke).
- Geinitz, H. B. (1861): Die Dyas oder die Zechsteinformation und das Rothliegende. Die animalischen Reste in der Dyas. – 130 S.; Berlin (W. Engelmann).
- Geinitz, H. B. (1880): Nachträge zur Dyas I. – S. 39, Taf. VII; Kassel.
- Geluk, M. C. (2005): Stratigraphy and tectonics of Permian-Triassic basins in the Netherlands and surrounding areas. – *Diss. Utrecht Univ.*, 171 pp.; Utrecht.
- Geluk, M. C. & Röhling, H.-G. (1997): High-resolution sequence stratigraphy of the Lower Triassic „Buntsandstein“ in the Netherlands and northwestern Germany. – *Geol. en Mijnb.*, 76: 227-246; Amsterdam.
- Geluk, M. C. & Röhling, H.-G. (1999): High-resolution sequence stratigraphy of the Lower Triassic 'Buntsandstein': a new tool for basin analysis. – *Zbl. Geol. Paläont., Teil I, (7/8)*: 727-745; Stuttgart.
- Geluk, M.-C. & Röhling, H.-G. (2013): Der Buntsandstein in den Niederlanden. – In: *Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein.* – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 583-597; Hannover.
- Goethe, J. W. von (1780): *Acta eine Mineralogische Besichtigung der Herzogl. Weimarischen Lande betreffend.* – In: *Goethes Werke, Weimarer Ausgabe, II (13)*: 320; Weimar 1904.
- Gothan, W. (1938): Über eine Buntsandsteinflora von Üdingen bei Düren (Rheinland). – *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, 58: 352-360; Berlin.
- Grebe, H. (1880): Blatt Freudenburg. – *Erl. z. geol. Spezialkarte von Preussen u. d. Thüring. Staaten, L. Lfg., Gradabthlg. 80, No. 26*: 17 S.; Berlin. (GK25: Neue No. 6105).
- Grebe, H. (1882): Über das Ober-Rothliegende, die Trias, das Tertiär und Diluvium in der Trier'schen Gegend. – *Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1881, 2*: 455-481; Berlin.
- Grebe, H. (1884): Über die Trias-Mulde zwischen dem Hunsrück und Eifel-Devon. – *Jb. preuß. Geol. L.-Anst. f. 1883*: 462-485; Berlin.
- Grebe, H. (1892a): Blatt Bitburg. – *Erl. z. geol. Spezialkarte von Preussen u. d. Thüring. Staaten, L. Lfg., Gradabthlg. 80, No. 2*: 14 S.; Berlin. (GK25: Neue No. 6005).
- Grebe, H. (1892b): Blatt Trier. – *Erl. z. geol. Spezialkarte von Preussen u. d. Thüring. Staaten, L. Lfg., Gradabthlg. 80, No. 14*: 30 S.; Berlin. (GK25: Neue No. 6205).
- Grupe, O. (1914): Zur Gliederung des deutschen Buntsandsteins. – *Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst. f. 1912, 33 (1)*: 397-421; Berlin.
- Gudden, H. (1985): Der Buntsandstein in der Forschungsbohrung Obernsees. – *Geologica Bavarica*, 88: 69-81; München.
- Gudden, H. (1993): Buntsandstein. – In: *Gudden, H. & Haunschild, H.: Die Trias in der Forschungsbohrung Abenberg 1001.* – *Geologica Bavarica*, 97: 47-66; München.
- Gümbel, C. W. von (1866): Die geognostischen Verhältnisse des fränkischen Triasgebietes. – *Bavaria*, 4, T. I: 3-77; München.
- Gümbel, C. W. von (1897): Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Speyer (Nr. XVIII) der Geognostischen Karte des Königreiches Bayern 1 : 100000. – 77 S.; München (Piloty & Loehle).
- Gunzert, G. (1958): Die einheitliche Gliederung des Buntsandstein in der südlichen Beckenfazies. – *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 24, 62 S.; Wiesbaden.
- Gutberlet, W. C. J. (1847): Über die Pseudomorphosen nach Steinsalz zunächst in mineralogischer, petrographischer und kristallographischer Beziehung. – *N. Jb. Mineral., Geogn., Geol., Petrefakten-Kde*, Jg. 1847: 405-438; Stuttgart.
- Haack, W. (1923): Zur Stratigraphie und Fossilführung des Mittleren Buntsandsteins in Norddeutschland. – *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, 42 (f. 1921): 560-594; Berlin.
- Hagdorn, H. & Nitsch, E. (1999): Zum Begriff "Trias" – Ein geschichtlicher Abriss. – In: *Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.): Trias, eine ganz andere Welt: Europa im frühen Erdmittelalter: 13-21*; München (Pfeil).
- Haubold, H. (1971): Die Tetrapodenfährten des Buntsandstein in der Deutschen Demokratischen Republik und in Westdeutschland und ihre Äquivalente in der gesamten Trias. – *Paläont. Abh. A.*, IV, 3: 395-548; Berlin.
- Hauschke, N. & Wilde, V. (1999): *Trias. Eine ganz andere Welt.* – 647 S.; München (Pfeil).
- Hauschke, N. & Röhling, H.-G. (2006): *Johann Georg Bornemann (1831-1896) – Geologe, Paläontologe und Industrieller aus Mühlhausen/Thüringen.* – *Mühlhäuser Beiträge*, 29: 61-72; Mühlhausen/Thüringen.

- Hauschke, N., Lange, J.-M., Erler, D., Mertmann, D. & Röhling, H.-G. (2012): Ernst Kalkowsky (1851-1938) – Porträt eines bedeutenden Geowissenschaftlers und des erforschers von „Oolith und Stromatolith“ im norddeutschen Buntsandstein. – *Geohistor. Blätter*, 22: 1-27; Berlin.
- Hausmann, J. F. L. (1823): Über Steinsalzlager in den Neckargegenden. – *Göttingische gelehrte Anzeigen*, 196: 1953-1959; Göttingen.
- Hecht, G. (1980): Höherer Zechstein und unterer Buntsandstein in der Zeitz-Schmöllner Mulde. – *Z. geol. Wiss.*, 8: 645-667; Berlin.
- Heitele, H. (1979): Vergleich zweier Buntsandsteinprofile am SE- und NW-Rand der Bitburger Trias-Mulde. – *Clausthaler Geol. Abh.*, 30: 62-73; Clausthal-Zellerfeld.
- Henrich, H. W. (1962): Sedimentpetrographische Untersuchungen im Buntsandstein des Saarlandes und der angrenzenden Gebiete. – *Ann. Univ. Sarav. Sci.* X, 3: 81-134; Berlin.
- Herrmann, A. (1956/1957): Schichtausfälle im Mittleren Buntsandstein des nordwestlichen Eichsfeldes und deren mögliche Deutung. – *Geol. Jb.*, 72 : 1-72; Hannover.
- Herrmann, A. (1961): Der Mittlere Buntsandstein im nordwestlichen Eichsfeld und im Ahlhausener Buntsandsteinsattel bei Salzderhelden. – *Geol. Jb.*, 78: 347-386; Hannover.
- Herrmann, A. (1962/1964): Epirogene Bewegungen im Germanischen Buntsandsteinbecken und deren Bedeutung für lithostratigraphische Parallelisierungen zwischen Nord- und Süddeutschland. – *Geol. Jb.*, 81: 11-72; Hannover.
- Herrmann, A. & Hofrichter, E. (1963): Die Faziesgliederung der tieferen Solling-Folge des Mittleren Buntsandsteins Südniedersachsens. – *Geol. Jb.*, 80: 653-740; Hannover.
- Heunisch, C. (1999): Die Bedeutung der Palynologie für Biostratigraphie und Fazies der germanischen Trias. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.): *Trias. Eine ganz andere Welt*, 207-220; München (Pfeil).
- Hinze, C. (1967): Der Obere Buntsandstein (Röt) im südniedersächsischen Bergland. – *Geol. Jb.*, 84: 637-716; Hannover.
- Hofrichter, E. (1960): Bericht über die Kartierung des Mittleren Buntsandsteins auf MTB Lauenberg (4224). – *Arch. Nieders. L.-Amt Bodenforsch.*, 117 S.; Hannover [unveröff.].
- Hofrichter, E. (1976): Erläuterungen zu Blatt 4224 Lauenberg. – *Geol. Kt. 1 : 25 000 Niedersachsen*, 113 S.; Hannover.
- Hoppe, W. (1925-1930): Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandstein im Odenwald. – *Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. Landesanst.*, V, H. 8, 9, 10 u. 12; Darmstadt.
- Hoppe, W. (1957): Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Gebiet von Sondershausen in Thüringen. – *Ber. geol. Ges. DDR*, 2: 183-198; Berlin.
- Hoppe, W. (1959): Zyklische Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Thüringen. – *Ber. geol. Ges. DDR*, 4 (1): 3-58; Berlin.
- Hoppe, W. (1965): Die Fossilien im Buntsandstein Thüringens sowie ihre stratigraphische und ökologische Bedeutung. – *Geologie*, 14 (3): 272-323; Berlin.
- Hoppe, W. (1972): Das Klima des Thüringer Buntsandsteins. – *Geologie*, 21: 911-926; Berlin.
- Hoppe, W. (1976a): Die paläogeographisch-fazielle Entwicklung im Südteil des Germanischen Buntsandsteinbeckens. – *Schriftenr. geol. Wiss.*, 6: 5-61; Berlin.
- Hoppe, W. (1976b): Zur Bildungsgeschichte des Buntsandstein im Germanischen Buntsandsteinbecken. – *Z. geol. Wiss.*, 4 (11): 1457-1471; Berlin.
- Horn, M. (1958): Zur Stratigraphie und Tektonik des Mittleren Buntsandstein zwischen Bramwald und Solling. – *Dipl.-Arbeit Geol.-Paläont. Inst. Univ. Göttingen*, 37 S.; Göttingen [unveröff.].
- Hundt, R. (1940/42): Rhizocorallium und andere Lebensspuren aus dem Buntsandstein Ostthüringens. – *Beitr. Geol. Thür.*, 6: 3-10; Jena.
- Jaquot, E. (1854): *Esquisse géologique et minéralogique de la Moselle*. – 136 p.; Metz.
- Jaquot, E., Terquem, O. & Barré, O. (1868): *Description géologique et minéralogique du département de la Moselle*; Paris.
- Jörg, E. (1969): Fischfunde im Oberen Buntsandstein (Untertrias) von Karlsruhe-Durlach. – *Z. dt. geol. Ges.*, 105-110; Hannover.
- Jubitz, K.-B. (1959): Die Trias Ostthüringens als Rohstoffbasis (Baustein, Kalk, Zement). – *Jahrestagg. Geol. Ges. DDR*: 99-138; Berlin (Akademie-Verlag).
- Jubitz, K.-B., Menning, M., Stackebrandt, W. & Wendland, F. (1979): Lithologisch-paläogeographische Karte der DDR 1 : 500 000, Röt. – *Zentr. geol. Inst.*; Berlin.
- Jüngst, H. (1938): Paläogeographische Auswertung der Kreuzschichtung. – *Geol. Meere und Binnengewässer*, 2: 229-277; Kiel.
- Jung, W. (1958): Gliederung des Unteren Buntsandsteins im südöstlichen Harzvorland. – *Geologie*, 7: 1018-1031; Berlin.
- Jung, W. & Lorenz, S. (1964): Zyklische Gliederung des Buntsandstein zwischen Finne und Halle-Hettstedter Gebirgsbrücke. – In: *Beiträge zur regionalen Geologie Thüringens und angrenzender Gebiete sowie zu anderen Problemen*. (Festschrift zum 65. Geburtstag von Fritz Deubel). – *Abh. deutsch. Akad. Wiss. Berlin, Kl. Bergbau, Hüttenwes. u. Montangeol.*, Nr. 2: 53-77; Berlin.
- Jungwirth, J. (1969): Zur Stratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Südthüringen (Wassungen-Sonneberg). – *Geologie, Beih.* 66: 79 S.; Berlin.
- Jux, U. (1966): Entwicklungshöhe und stratigraphisches Lager des Mechnicher Stegocephalen. – *N. Jb. Geol. Paläont.*, Mh. 1966: 321-325; Stuttgart.
- Jux, U. & Pflug, H.D. (1958): Alter und Entstehung der Triasablagerungen und ihrer Erzvorkommen am Rheinischen Schiefergebirge, neue Wirbeltierreste und das Chirotheriumproblem. – *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 27: 50 S.; Wiesbaden.
- Käding, K.-Chr. (1960): Buntsandsteinkartierung im Werra-Kaligebiet östlich Bad Hersfeld. – *Dipl.-Arb. Univ. Berlin*; Berlin [unveröff.].
- Kaiser, D. (1975): Lithostratigraphische Korrelation und gesteinsphysikalische Parameter im Buntsandstein des Kylltales – Westeifel. – *Diss. Univ. Mainz*, 129 S; Mainz [unveröff.].
- Kästner, H. & Seidel, G. (1965): Zur Ausbildung des Oberen Buntsandsteins (Röt) in Westthüringen. – *Geologie*, 14 (2): 145-152; Berlin.
- Kästner, H., Kühn, W. & Langbein, R. (1966): Stratigraphische, petrographische und geochemische Untersuchungen

- im Unteren und Mittleren Buntsandstein des thüringischen Werra-Kaligebietes. – *Geologie*, 15 (4/5): 461-483; Berlin.
- Kalkowsky, E. (1908): Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein. – *Z. dt. geol. Ges.*, 60: 68-125; Berlin.
- Karnin, W.-D., Gast, R., Bärle, C., Clever, B. Kühn, M. & Sommer, J. (2006): Play types, structural history and distribution of Middle Buntsandstein gas fields in NW Germany: Observations and their genetic interpretations. – *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, 157/1: 121-134; Stuttgart.
- Kautzsch, E. (1933): Der Einfluß der Böhmisches Masse an der Entwicklung des Buntsandstein an ihrem NW-Rande. – *N. Jb. Miner. Geol. Paläont. B., Beil.-Bd.* 70: 29-91; Stuttgart.
- Keferstein, C. (1821): General-Charte von Teutschland auf der von Hauptmann Weiland gezeichneten Charte geognostisch begränzt. – 1 Bl.; Weimar (Landes-Industrie-Comptoir).
- Keilhack, K. (1922): Beiträge zur Stratigraphie und den Lagerungsverhältnissen der Trias und des Tertiärs des nördlichen Harzvorlandes. – *Jb. preuß. geol. L.-Anst. (f. 1920)*, 41/II: 264-307; Berlin.
- Klare, B. (1989): Gliederung und Paläogeographie des Buntsandstein im Ostteil der Süddeutschen Scholle. – Diss. Univ. Bochum, 150 S.; Bochum.
- Klare, B., Menzel, D. & Schröder, B. (1995): Fichtelgebirge/ZEV as source areas of Permotriassic alluvial fan deposits. – *Contrib. 8th ann. KTB coll. Gießen 1995, Abstracts*: 9-11; Gießen.
- Klemm, G. & Chelius, C. (1894): Zur Gliederung des Buntsandstein im Odenwald und Spessart. – *Notizbl. Ver. Erdkde. u. großherzogl. geol. L.-Anst. IV*, 15 (5): 50-51; Darmstadt.
- Kolesch, K. (1922): Beitrag zur Stratigraphie des Mittleren Buntsandsteins im Gebiet des Blattes Kahla. – *Jb. preuß. geol. Landesanst. (f. 1919)*, 40/2: 307-382; Berlin.
- Konrad, H. J. (1973): Zur Gliederung des höheren Buntsandstein der Pfalz. – *Mainzer geowiss. Mitt.*, 2: 35-44; Mainz.
- Konzan, H. P. (1987): In: Geologisches Landesamt des Saarlandes (1989): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Saarlandes 1 : 50 000. – GK50, 46 S.; Saarbrücken.
- Kozur, H. (1974a): Biostratigraphie der germanischen Trias. – *Freiberger Forsch.-H.*, C 280 Teil I - III, T. I: 56 S., T. II: 71 S., T. III: Anlagen; Leipzig.
- Kozur, H. (1974b): Probleme der Triasgliederung und Parallelisierung der germanischen und tethyalen Trias. Teil I: Abgrenzung und Gliederung der Trias. – *Freiberger Forsch.-H.*, C 298: 139-197; Leipzig.
- Kozur, H. (1980): Die Conchostracen-Fauna der mittleren Bernburg-Formation (Buntsandstein) und ihre stratigraphische Bedeutung. – *Z. geol. Wiss.*, 8 (7): 885-903; Berlin.
- Kozur, H. & Seidel, G. (1983a): Revision der Conchostracen-Faunen des unteren und mittleren Buntsandsteins. Teil I. – *Z. geol. Wiss.*, 11 (3): 295-423; Berlin.
- Kozur, H. & Seidel, G. (1983b): Die Biostratigraphie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins des Germanischen Beckens unter besonderer Berücksichtigung der Conchostracen. Teil II. – *Z. geol. Wiss.*, 11 (4): 429-464; Berlin.
- Krämer, F. (1959): Bericht über eine Spezialaufnahme des Buntsandstein im Bereich des westlichen Hildesheimer Waldes. – *Ber. Arch. Nieders. L.-A. Bodenforsch.*, 0009280 mit K 03293 u. K 03294: 41 S.; Hannover [unveröff.].
- Krämer, F. (1961): Sedimentuntersuchungen im Mittleren Buntsandstein (sm) Süd-Niedersachsens. – Diss. J.-W.-Goethe-Univ. Frankfurt, 181 S.; Frankfurt/M.
- Krämer, F. & Kunz, H. (1968): Zur Sedimentation des höheren Buntsandsteins in Osthessen und Südniedersachsen. – *Oberrhein. geol. Abh.*, 17 (2): 193-216; Karlsruhe.
- Krämer, F. & Kunz, H. (1969a): Zum Sedimentationsablauf im Buntsandstein. – *Erdöl und Kohle*, 22 (4): 187-192; Hamburg.
- Krämer, F. & Kunz, H. (1969b): Wege und Ziele der Buntsandstein-Gliederung. – *Aufschluß* 1969, 6: 141-152; Heidelberg.
- Krämer, F. & Kunz, H. (1969c): Leithorizonte und Schichtausfälle im Buntsandstein Hessens und Thüringens. – *Oberrhein. geol. Abh.*, 18 : 67-76; Stuttgart.
- Kremb-Wagner, F. (1996): Zur Geologie und Hydrogeologie der Trier-Bitburger Mulde. – *Schriftenreihe Schiefer-Fachverband, Sonderbd.* 1996: 1-130; Bonn.
- Kreysing, K. (1957): Zur Stratigraphie des Mittleren Buntsandsteins in Süd-Hannover und Nord-Hessen. I u. II. – *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.* 1957 (2 und 3/4): 72-83 u. 101-113; Stuttgart.
- Krieger, K.-H. (1978): Hydrogeologische Untersuchungen zur Grundwasserneubildung in der Bitburger Mulde (Kylltal). – *Berliner geowiss. Abh.*, A7: 109 S.; Berlin.
- Kuhn, O. (1937): Insekten aus dem Buntsandstein von Thüringen. – *Beitr. Geol. Thür.*, 4: 190-193; Jena.
- Kulick, J. (1968): Erläuterungen zu Blatt 4719 Korbach. – *Geol. Kt. Hessen 1 : 25000*, 272 S.; Wiesbaden.
- Kumm, A. (1929): Über die Bildungsweise der Konglomerate des Buntsandstein. – *Z. dt. geol. Ges.*, 80: 46-63; Berlin.
- Kupfahl, H.-G. (1965): Erläuterungen zu Blatt 5323 Schlitz. – *Geol. Kt. Hessen 1 : 25000*, 258 S.; Wiesbaden.
- Laemmlen, M. (1963): Erläuterungen zu Blatt 5223 Queck. – *Geol. Kt. Hessen 1 : 25000*, 327 S.; Wiesbaden.
- Laspeyres, H. (1872): Geognostische Mitteilungen aus der Provinz Sachsen. – *Z. dt. geol. Ges.*, 23: 265-360; Berlin.
- Laspeyres, H. (1884): Erl. Bl. Petersberg (heute Halle-Nord). – *Geol. Kte. Preußen 1:25.000*, Blatt 4437; Berlin.
- LGB (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz) (Hrsg.) (2005): *Geologie von Rheinland-Pfalz*. – 400 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Leiber, J. (1970a): Beiträge zur Kenntnis der Paläogeographie und Sedimentologie des Unteren Buntsandsteins (Tigersandstein, su) und des Eck'schen Konglomerates (smc1) im mittleren und südlichen Teil des Nördlichen Schwarzwaldes. – Diss. Geowiss. Fak. Univ. Freiburg, 247 S.; Freiburg i. Br.
- Leiber, J. (1970b): Zur Sedimentologie und Paläogeographie des Unteren Buntsandsteins und des Eck'schen Konglomerates im Schwarzwald. – *Z. dt. geol. Ges.*, 121: 93-97; Hannover.
- Leiber, J. (1982): Ergänzungen zur Schichtenfolge aufgrund von Bohrungen. – In: Schmidt, M., Leiber, J. & Münzing, K.: *Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000*,

- Erläuterungen zu Blatt 7817 Rottweil, 4. Aufl., Nachdruck der von M. Schmidt bearb. 1. Aufl. v. 1912 mit ergänz. Beitr. von J. Leiber und K. Münzing; Stuttgart.
- Leiber, J. (1989): Buntsandstein [Nachtrag]. – In: Regelman, K. (1920): Erläuterungen zu Blatt Nagold. – Geol. Karte Baden-Württ. 1:25 000, 7418, 4. Aufl., 134 S.; Stuttgart [erweiterter Nachdruck].
- Leiber, J. (1991a): Zum Buntsandstein [Nachtrag]. – In: Schmidt, M. (1919): Erläuterungen zu Blatt Calw. – Geol. Karte Baden-Württ. 1:25 000, 7218, 3. Aufl., 268 S.; Stuttgart [erweiterter Nachdruck].
- Leiber, J. (1991b): Buntsandstein [Nachtrag]. – In: Kessler, G. & Leiber, J. (1991): Erläuterungen zu Blatt Emmendingen. – Geol. Karte Baden-Württ. 1:25 000, 7813, 2. Aufl., 155 S.; Stuttgart.
- Leiber, J. (1994): Buntsandstein [Nachtrag]. – In: Kessler, G. & Leiber, J. (1994): Erläuterungen zu Blatt Lahr/Schw.-Ost. – Geol. Karte Baden-Württ. 1:25 000, 7613, 305 S.; Stuttgart.
- Leitz, F. (1976a): Lithostratigraphie des Zechsteins und Buntsandsteins bei Coburg-Kronach (Nordost-Bayern). – Diss. Univ. Bochum, 185 S.; Bochum (Selbstverlag).
- Leitz, F. (1976b): Zur Lithostratigraphie des Buntsandstein bei Coburg-Kronach (Oberfranken). – Geol. Bl. NO-Bayern, 26, 3/4: 212–221; Erlangen.
- Lepper, J., Rambow, D. & Röhling, H.-G. (2013): Lithostratigraphie des Buntsandstein in Deutschland. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 69–149; Hannover.
- Leppla, A. (1888): Über den Buntsandstein im Haardtgebirge (Nordvogesen). – Geogn. Jh., 1: 39–64; Cassel.
- Leppla, A. (1901): Blatt Wittlich. – Erl. z. geol. Spezialkarte von Preussen u. d. Thüring. Staaten, Lfg. 79, Gradabthlg. 80, No. 4: 35 S.; Berlin. (GK25: Neue No. 6007).
- Leppla, A. (1905): Blatt Waxweiler. – Erl. z. geol. Spezialkarte von Preussen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. 78, Gradabthlg. 66, No. 55: 37 S.; Berlin. (GK25: Neue No. 5904).
- Leppla, A. (1908): Blatt Kilburg. – Erl. z. geol. Spezialkarte von Preussen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. 78, Gradabthlg. 66, No. 56: 32 S.; Berlin. (GK25: Neue No. 5905).
- Leppla, A. (1925): Zur Stratigraphie und Tektonik der südlichen Rheinprovinz. – Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1924, 45: 1–88; Berlin.
- Lepsius, R. (1875): Über den bunten Sandstein in den Vogesen, seine Zusammensetzung und Lagerung. – Z. dt. geol. Ges., 27: 83–103; Berlin.
- Loretz, H. (1881): Notizen über den Buntsandstein und Muschelkalk in Südthüringen. – Jb. preuß. Geol. L.-Anst. für 1880: 137; Berlin.
- Mader, D. (1979): Stratigraphie und Faziesanalyse im Buntsandstein der Westeifel. – Diss. Univ. Heidelberg, 277 S.; Heidelberg [unveröff.].
- Mader, D. (1982): Sedimentologie und Genese des Buntsandstein der Eifel. – Z. dt. geol. Ges., 133: 257–307; Hannover.
- Mader, D. (1992): Beiträge zur Paläoökologie und Paläoenvironment des Buntsandstein sowie ausgewählte Bibliographie von Buntsandstein und Keuper in Thüringen, Franken und Umgebung. – 628 S.; Stuttgart, Jena, New York (Fischer).
- Mägdefrau, K. (1929): Geologischer Führer durch die Trias um Jena. – 52 S.; Jena (Fischer).
- Mägdefrau, K. (1931a): Zur Morphologie und phylogenetischen Bedeutung der fossilen Pflanzengattung *Pleuromeia*. – Beih. botan. Cbl., 48 (II): 119–140; Dresden.
- Mägdefrau, K. (1931b): Die fossile Flora von Singen i. Thür. und die pflanzengeographischen Verhältnisse in Mitteleuropa zur Buntsandsteinzeit. – Ber. deutsch. bot. Ges., 49 (6): 298–308; Stuttgart.
- Mägdefrau, K. (1932): Zur Stratigraphie und Fossilführung des thüringischen Buntsandsteins. – Beitr. Geol. Thür., 3 (3): 227–233; Jena.
- Menzel, D. & Schröder, B. (1996): Die Randfazies der Trias im Umfeld des Naab-Gebirges. – Geologica Bavarica, 101: 27–36; München.
- Merian, P. (1821): Beiträge zur Geognosie, Erster Band: Übersicht der Beschaffenheit der Gebirgsbildungen in den Umgebungen von Basel mit besonderer Hinsicht auf das Jura-gebirge im Allgemeinen. – 156 S.; Basel (Schweighauser).
- Meuder, H.-W. (1802): Herrn Robert Jameson's Mineralogische Reise durch Schottland und die Schottischen Inseln. – Aus dem Englischen übersetzt und von einem Auszuge aus Herrn Bergrath Werner's Geognosie, die Lehre von den Gebirgsarten betreffend, als Einleitung begleitet. – 42 S.; Leipzig (Crusius).
- Meyer, G. (1888): Über die Lagerungsverhältnisse der Trias am Südrande des Saarbrücker Steinkohlengebirges. – Mitt. geol. L.-Anst. Els.-Lothr., 1: 1–15; Strassburg.
- Meyer, H. L. F. (1913): Frankenberger Zechstein und grobklastische Bildungen an der Grenze Perm/Trias. – Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1910, 31: 383–447; Berlin.
- Meyer, H. von (1858): Labyrinthodonten aus dem bunten Sandstein von Bernburg. – Palaeontographica, 6: 221–245; Kassel.
- Motzka, R. (1963): Erläuterungen zu Blatt 5324 Hünfeld. – Geol. Kt. Hessen 1 : 25000, 156 S.; Wiesbaden.
- Müller, A.-H. (1955a): „Helminthoide“ Lebensspuren aus der Trias von Thüringen. – Geologie, 4: 407–415; Berlin.
- Müller, A.-H. (1955b): Über die Lebensspur *Isopodichnus* aus dem Oberen Buntsandstein (Unt. Röt) von Göschwitz bei Jena und Abdrücke ihres mutmaßlichen Erzeugers. – Geologie, 4: 481–489; Berlin.
- Müller, E. M. (1954): Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie und Paläogeographie des Oberen Buntsandsteins im Saar-Lothringischen Raum. – Ann. Univ. Saraviensis, Sci., 3: 176–201; Saarbrücken.
- Müller, E. M. (1973): Die postsaalische Sedimentation im Bereich der Quarzschwelle Mettlach-Sierck. – Ann. sci. Univ. Besançon, 3me série, 18: 55–58; Besançon.
- Müller, E. M. & Schröder, E. (1960), mit einem Beitrag von Schmidt, Wo.: Zur Gliederung und Altersstellung des linksrheinischen Buntsandsteins. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 88: 246–265; Wiesbaden.
- Müller, E. M. & Klinkhammer, B. (1963): Über die Verbreitung der Kreuznacher Schichten und die Ausbildung der Grenze Oberrotliegendes/Buntsandstein zwischen westlichem Hunsrück und Saarkarbonsattel. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 91: 177–196; Wiesbaden.

- Müller, H. (1957): Stratigraphie und Tektonik des Mittleren Buntsandsteins des Bramwaldes. – Dipl.-Arb. Univ. Göttingen, 39 S.; Göttingen [unveröff.].
- Naumann, C. F. & Cotta, B. von (1836-1845): Geognostische Spezialkarte des Königreiches Sachsen und der angrenzenden Länderabteilungen. 1 : 120 000. – Dresden und Leipzig.
- Negendank, J. F. W. (1974): Trier und Umgebung. – 1. Aufl., Slg. geol. Führer, 60: 116 S.; Berlin – Stuttgart (Borntraeger).
- Negendank, J. F. W. (1983): Trier und Umgebung. – 2. Aufl., Slg. geol. Führer, 60: 195 S.; Berlin – Stuttgart (Borntraeger).
- Ortlam, D. (1967): Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. – Geol. Jb., 84: 485-590; Hannover.
- Ortlam, D. (1968): Neue Ergebnisse aus dem höheren Buntsandstein des nördlichen Schwarzwaldes und des Kraichgaus. – Geol. Jb., 86: 693-750; Hannover.
- Ortlam, D. (1974): Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa. – Geol. Rdsch., 63: 851-884; Stuttgart.
- Passarge, S. (1891): Das Röth im östlichen Thüringen. – Diss. Univ. Jena, 88 S.; Jena (Fischer).
- Paul, J. (1982): Der Untere Buntsandstein des germanischen Beckens. – Geol. Rdsch., 71: 795-811; Stuttgart.
- Paul, J. (1999): Oolithe und Stromatolithen im Unteren Buntsandstein. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.): Trias. Eine ganz andere Welt, 263-270; München (Pfeil).
- Perriaux, J. (1961): Contribution a la Géologie des Vosges Gréseuses. – Mémoires du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine, 18: 238 S.; Strasbourg.
- Picard, E. (1911): Über den Unteren Buntsandstein der Mansfelder Mulde und seine Fossilien. – Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1909, 30(1): 576-622; Berlin.
- Picard, K. (1950): Sedimentationsverhältnisse des Hauptbuntsandsteins in der Bucht von Mechernich-Nideggen. – Geol. Jb., 64: 331-347; Hannover, Celle.
- Plein, E. (1979): Das deutsche Erdöl und Erdgas. – Jh. Natk. Württ., 134: 5-33; Stuttgart.
- Plein, E. (1999): Speichergesteine für Kohlenwasserstoffe in der Trias des germanischen Beckens. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.): Trias. Eine ganz andere Welt, 507-518; München (Pfeil).
- Pomper, J. (1962): Erkundung und Bemusterung von Rohstoffen für Portlandzement. – Z. angew. Geol., 8: 338-344; Berlin.
- Puff, P. (1964): Zur Parallelisierung von Becken- und Randausbildung des Buntsandstein. – Geologie, 13: 395-402; Berlin.
- Puff, P. (1970): Zur Grenzziehung und Paläotektonik im höheren Buntsandstein. – Geologie, 19: 803-812; Berlin.
- Puff, P. (1976): Stratigraphische Parallelisierung des Buntsandstein in SE-Brandenburg. – Jb. Geol., 7/8 (1971/72): 73-79; Berlin.
- Puff, P. & Radzinski, K.-H. (1976a): Zur Paläogeographie und lagerstättenkundlichen Bedeutung des tieferen und mittleren Buntsandsteins im südlichen und mittleren Teil der DDR. – Z. geol. Wiss., 4: 1483-1503; Berlin.
- Puff, P. & Radzinski, K.-H. (1976b): Paläogeographie des Mesozoikums in der DDR (Atlas im Maßst. 1 : 500 000) mit Erläuterungen. Teil 1: Mittlerer Buntsandstein. Textband. – Zentr. Geolog. Inst. Berlin, Bericht 143/76: 84 S.; Berlin (unveröff.).
- Puff, P. & Radzinski, K.-H. (1980): Ergebnisse und Probleme stratigraphischer Untersuchungen im mittleren Buntsandstein der DDR. – Z. geol. Wiss., 8 (8): 965-983; Berlin.
- Quaas, A. (1913): In: Bericht über die wissenschaftlichen Ergebnisse der geologischen Aufnahmen in den Jahren 1909 – 1910; 1. Rheinprovinz. – Jb. königl. preuß. geol. L.-Anst. f. 1910, XXI, Teil II: 437-453; Berlin.
- Radzinski, K.-H. (1967): Gliederung und Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im südöstlichen Harzvorland. – Geologie, 16: 637-659; Berlin.
- Radzinski, K.-H. (2008): Die Darstellung des Buntsandstein auf den Geologischen Karten vom Gebiet des heutigen Sachsen-Anhalts seit dem 19. Jahrhundert bis in die Gegenwart. – Hallesches Jb. Geowiss., 30: 27-40; Halle (Saale).
- Radzinski, K.-H., Hähnel, C., Puff, P. & Dockter, J. (1974): Lithologisch-paläogeographische Karte der DDR 1 : 500 000, Volpriehausen- bis Solling-Folge. – Zentr. geol. Inst.; Berlin.
- Radzinski, K.-H. & Seidel, G. (1997): Regionaler Vergleich der Profile des Unteren und Mittleren Buntsandsteins zwischen dem Thüringer Becken und dem nordöstlichen Harzvorland. – Geowiss. Mitt. Thüringen, 5: 117-132, Weimar.
- Rambow, D. (1958): Stratigraphie und Tektonik des Mittleren Buntsandsteins zwischen nördlichem Leinetalgraben und Harzrand. – Dipl.-Arb. TU Clausthal, 47 S.; Clausthal-Zellerfeld [unveröff.].
- Reible, P. (1962): Die Conchostraken (Branchiopoden, Crustacea) der Germanischen Trias. – N. Jb. Geol. Paläont., 114: 169-244; Stuttgart.
- Rein, S. (2009): Georg Christian Füchsel (1722-1773) – ein Aktualist entdeckt die Tiefenzeit der Erdgeschichte. – Vernate, 28: 11-30; Erfurt.
- Reis, O. M. (1903): Das Rothliegende und die Trias der nordwestlichen Rheinpfalz. – Erl. z. Bl. Zweibrücken (Nr. XIX) der Geogn. Kte. des Königreiches Bayern: 106-182; München (Piloty & Loehle).
- Reis, O. M. (1921): Erläuterungen zu dem Blatte Donnersberg (Nr. XXI) der geognostischen Karte von Bayern 1 : 100 000. – 132 S.; München (Piloty & Loehle).
- Reitz, E. (1985): Palynologie der Trias in Nordhessen und Südniedersachsen. – Geol. Abh. Hessen, 86: 36 S.; Wiesbaden.
- Rexhäuser, H. (1957): Zur Stratigraphie und Tektonik des Mittleren Buntsandsteins zwischen Gelliehausen und Holzgerode/Göttingen. – Dipl.-Arb. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Göttingen: 41 S., 15 Abb., 3 Anl.; Göttingen [unveröff.].
- Rhys, G.H. (1974): A proposed standard lithostratigraphic nomenclature for the southern North Sea and an outline structural nomenclature for the whole of the (UK) North Sea. A report of the joint Oil Industry-Institute of Geological Sciences Committee on North Sea Nomenclature. – Rep. Inst. Geol. Sci., 74/8: 14 S.; London.
- Ribbert, K.-H. (1995): Der Buntsandstein der Mechernicher Trias-Senke. – Mainzer geowiss. Mitt., 24: 237-252; Mainz.

- Richter-Bernburg, G. (1974): Stratigraphische Synopsis des deutschen Buntsandsteins. – Geol. Jb., A25: 127-135; Hannover.
- Röhling, H.-G. (1986): Die Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins nach Bohrlochmessungen (Gamma-Ray und Sonic-Log) im Nordwestdeutschen Becken. – Ber. Bundesanst. Geowiss. Rohstoffe, Arch.-Nr. 100003: 92 S.; Hannover [unveröff.].
- Röhling, H.-G. (1988): Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im Nordwestdeutschen Becken. – Ber. Bundesanst. Geowiss. Rohstoffe, Arch.-Nr. 104107: 141 S.; Hannover [unveröff.].
- Röhling, H.-G. (1991a): A Lithostratigraphic Subdivision of the Lower Triassic in the Northwest German Lowlands and the German Sector of the North Sea, Based on Gamma Ray and Sonic Logs. – Geol. Jb., A119: 3-24; Hannover.
- Röhling, H.-G. (1991b): Lithostratigraphie und Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im Nordwestdeutschen Becken – Eine Analyse der Schichtenfolge mit Hilfe geophysikalischer Bohrlochmessungen (Gamma-Ray und Sonic-Log). – Diss. Univ. Heidelberg, 336 S.; Heidelberg [unveröff.].
- Röhling, H.-G. (1993): Der Untere Buntsandstein in Nordwest- und Nordostdeutschland – Ein Beitrag zur Vereinheitlichung der stratigraphischen Nomenklatur. – Geol. Jb., A142: 149-183; Hannover.
- Röhling, H.-G. (2005): Zur Gliederung der Röt-Folge (Oberer Buntsandstein) im Norddeutschen Becken und zur G-Diskordanz an der Basis der Gleina-Unterfolge. – In: Freiwald, A., Röhling, H.-G. & Löffler, S.-B. (2005): GeoErlangen 2005 – System Earth – Biosphere Coupling. Regional Geology of Central Europe. September 24-29, 2005, International Conference and Annual Meeting, Geologische Vereinigung (GV), Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften (DGG) at the Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg, Germany, Program and Abstracts. – Schriftenreihe dt. Ges. Geowiss., H. 39: 315-316; Hannover.
- Röhling, H.-G. (2013): Der Buntsandstein im Norddeutschen Becken. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 269-384; Hannover.
- Roese, K.-L. (1963): Zur Stratigraphie und Erdgasführung des Mittleren und Unteren Buntsandsteins in der Konzession Ridderade und unter besonderer Berücksichtigung der Struktur Rehden. – Z. dt. geol. Ges., 115: 131-157; Hannover.
- Rösing, F. (1958): Erläuterungen zu Blatt 4622 Kassel-West. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Hessen, 205 S.; Wiesbaden.
- Rösing, F. (1966): Erläuterungen zu Blatt 4621 Wolfhagen. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Hessen, 246 S.; Wiesbaden.
- Rössle, P. (1937): Anlagerung und Bildungsweise des Buntsandstein bei Mettlach an der Saar. – Decheniana, 95 A: 113-156; Bonn.
- Rusitzka, D. (1967): Paläogeographie der Trias im Nordteil der DDR. – Ber. dt. Ges. geol. Wiss., A, Geol. Paläont., 12 (3/4): 243-257; Berlin.
- Sander, M. & Gee, C. T. (1994): Der Buntsandstein der Eifel. – In: Koenigswald, W. von & Meyer (Hrsg.): Erdgeschichte im Rheinland., 117-124; Verlag Friedrich Pfeil, München.
- Schalch, F. (1895): Erl. zu Blatt Peterthal-Reichenbach. – Geol. Spec. Karte Großh. Baden, 83 u. 84, 81 S., Heidelberg. – Nachdruck: Erl. zu Blatt Oppenau. – Geol. Karte 1 : 25 000 von Baden-Württ., 7515, 81 S.; Stuttgart 1985.
- Schall, A. (1968): Grund- und Deckgebirge im Bereich der Mettlacher Saarschleife. – Diss. Univ. Tübingen, 93 S.; Tübingen.
- Schindewolf, O. H. (1923): Über Spuren mariner Würmer im Mittleren Buntsandstein Oberhessens. – Cbl. Miner., Geol., Paläont. 1923: 662-670; Stuttgart.
- Schmid, E. E.: In: Koch, K. & Schmid, E. (1841): Die Fährten-Abdrücke im bunten Sandsteine bei Jena. – 12 S.; Jena (Privatdruck).
- Schmid, E. E. (1872a): Erl. Bl. Jena. – Geol. Kte. Preussen 1 : 25 000, Blatt 5035; Berlin.
- Schmid, E. E. (1872b): Erl. Bl. Eckartsberga. – Geol. Kte. Preussen 1 : 25 000, Blatt 4835; Berlin.
- Schmidt, M. (1928): Die Lebewelt unserer Trias. – 461 S.; Öhringen (Hohenlohesche Buchhdl. F. Rau).
- Schmidt, M. (1938): Die Lebewelt unserer Trias. Nachtrag 1938. – 143 S.; Öhringen (Hohenlohesche Buchhdl. F. Rau).
- Schnitzer, W.A. (1957): Die Lithologie und Paläogeographie des Buntsandstein am Westrand der Böhmisches Masse. – Erlanger geol. Abh., 24: 109-123; Erlangen.
- Schnitzer, W.A. (1960): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der ostbayerischen Trias. – Ber. geol. Ges. DDR, 5: 38-54; Berlin.
- Schömer, R. (1939): *Chirotherium*-Fährten aus dem Buntsandstein von Mechernich (Eifel). – N. Jb. Mineral. Beil., 82 (B): 155-159; Stuttgart.
- Schröder, B. (1982): Entwicklung des Sedimentationsbeckens und Stratigraphie der klassischen Germanischen Trias. – Geol. Rdsch., 71 (3): 783-794; Stuttgart.
- Schröder, B., Klare, B., Menzel, D. & Peterek, A. (1998): Das Permomesozoikum des Vorlandes der Böhmisches Masse. – Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N.F. 80: 251-270; Stuttgart.
- Schröder, E. (1952): Die Trierer Bucht als Teilstück der Eifeler Nord-Süd-Zone. – Z. dt. geol. Ges., 103: 209-218; Hannover.
- Schröder, E. (1954): Zur Paläogeographie des Mittleren Buntsandsteins bei Mechernich/ Eifel. – Geol. Jb., 69: 417-428; Hannover [Erscheinungsjahr des Bandes: 1955].
- Schroeder, H. (1914): Ein Stegocephalen-Schädel von Helgoland. – Jb. Preuß. Geol.-L.-Anst. f. 1912: 232-264; Berlin.
- Schüler, F. (1976): Der Buntsandstein im Nordosten der DDR. – Jb. Geol., 7/8 (1971/72): 81-86; Berlin.
- Schüler, F. (1980): Diktyogenetische Bewegungen im Buntsandstein des Nordostens der DDR. – Z. geol. Wiss., 8: 1019-1028; Berlin.
- Schulz, E. (1994): Sporenstratigraphische und fazielle Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im Nordostdeutschen Raum. – Zwischenbericht DFG: 1-19; Berlin [unveröff.].
- Schulze, G. (1964): Erste Ergebnisse geologischer Erkundungsarbeiten im Gebiet der Scholle von Calvörde. – Z. angew. Geol., 10 (7/8): 338-348, 403-413; Berlin.
- Schulze, G. (1969): Der Untere Buntsandstein der Scholle von Calvörde und benachbarter Gebiete. – Geologie, 18: 5-20; Berlin.

- Schuster, M. (1932): Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins; I. Der Untere und Mittlere Buntsandstein. – Abh. geol. Landes-Unters. bayer. Oberbergamt, 7: 1-62; München.
- Schuster, M. (1933): Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins. II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt; a) Die Grenzschichten zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein. – Abh. Geol. Landes-Unters. bayer. Oberbergamt, 9: 1-58; München.
- Schuster, M. (1934): Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins; II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt; b) Das untere Röt oder die Stufe des Plattensandsteins. – Abh. geol. Landes-Unters. bayer. Oberbergamt, 15: 1-64; München.
- Schuster, M. (1935): Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins; II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt; c) Das obere Röt oder die Stufe der Röttone (1. Die Unteren Röttone und der Rötquarzit). – Abh. geol. Landes-Unters. bayer. Oberbergamt, 22: 1-54; München.
- Schuster, M. (1936): Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins; II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt; c) Das obere Röt oder die Stufe der Röttone (2. Die Oberen Röt-Tone mit den Myophorien-Schichten). Anhang: Die Buntsandstein-Bohrprofile von Mellrichstadt v. d. Rhön und von Gräfendorf a. d. Saale. – Abh. geol. Landes-Unters. bayer. Oberbergamt, 23: 1-53; München.
- Schwarzmeier, J. (1978): Erl. GK25 Bayern, Bl. 6024 Karlstadt und Bl. 6124 Remlingen. – Bayer. Geol. L.-Amt: 155 S.; München.
- Schwarzmeier, J. (1981): Buntsandstein. – In: Bayer. Geol. L.-Amt (Hrsg.): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1: 500 000, 3. Aufl.: 41-46; München.
- Schwarzmeier, J. (1985): Der Mittlere Buntsandstein in Kernbohrungen des Ostspessarts. – *Geologica Bavarica*, 87: 61-90; München.
- Schwarzmeier, J. (1986): Über den Buntsandstein an der unteren Saale und Sinn. – *Geologica Bavarica*, 89: 95-115; München.
- Seebach, K. von (1872): Erl. Bl. Worbis. – Geol. Kte. Preußen 1: 25 000, Blatt 4528; Berlin.
- Seidel, G. (1965a): Zur geologischen Entwicklungsgeschichte des Thüringer Beckens. – *Geologie*, Beih. 50: 115 S.; Berlin.
- Seidel, G. (1965b): Zur Ausbildung des Mittleren Buntsandsteins im thüringischen Eichsfeld. – *Geologie*, 14 (4): 443-448; Berlin.
- Selzer, G. (1958): Das postsaale Relief im Saarland. – *Z. dt. geol. Ges.*, 110: 620; Hannover.
- Senkowiczowa, H. & Szyperko-Śliwczynska, A. (1961): Atlas geologiczny Polski. – *Zagadnienia stratygraficzno-facjalne*. 8 - Trias, M 1:3 Mio., Warszawa.
- Sinitshenkova, N. D., Marchal-Papier, F., Grauvogel-Stamm, L. & Gall, J.-Cl. (2005): The Ephemeroidea (Insecta) from the Grès à Voltzia (early Middle Triassic) of the Vosges (NE France). – *Paläont. Zeitschr.*, 79/3: 377-397; Stuttgart.
- Soergel, W. (1923): Beiträge zur Geologie von Thüringen. II: Die Spuren mariner Würmer im Mittleren Buntsandstein und Unteren Muschelkalk Thüringens. – *N. Jb. Miner. Geol. Palaeont.*, (B) 49: 510-549; Stuttgart.
- Spuhler, L. (1957): Einführung in die Geologie der Pfalz. – *Veröffl. pfälz. Ges. z. Förd. d. Wiss.*, 34: 432 S.; Speyer.
- Staesche, K. (1930): Über Zechstein und Unteren Buntsandstein am Nordostrande des Rheinischen Schiefergebirges. – *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, 51: 290-301; Berlin.
- Steinlein, H. (1953): Der Buntsandstein am Westrand der Böhmisches Masse. – *Erlanger geol. Abh.*, 8: 94 S.; Erlangen.
- Stephan, H.-J. (1970): Zur Diagenese des Mittleren Buntsandsteins in Süddoldenburg (Niedersachsen). – *Meyniana*, 20: 39-82; Kiel.
- Stets, J. (1995): Die Rolle der „Quarzschwelle von Mettlach – Sierck“ im Mittleren Buntsandstein des Saargau (südwestliches Rheinisches Schiefergebirge). – *Mainzer geowiss. Mitt.*, 24: 217-236; Mainz.
- Stets, J. (2004): Geologische Karte der Wittlicher Rotliegend-Senke 1:50 000. Erläuterungen. – Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, 82 S.; Mainz.
- Strigel, A. (1929): Das süddeutsche Buntsandsteinbecken. – *Verh. naturhist.-medizin. Ver. Heidelberg*, N. F. 16: 80-465; Heidelberg.
- TGL 25.234/11 (1974): Geologie, Stratigraphische Skala der DDR, Trias. – Staatssekretariat für Geologie, 17 S.; Berlin. (Trias-Standard)
- Théobald, N. (1930): Note sur le contact entre les quartzites devoniens et le grès à Voltzia dans le Pays de Sierck (Moselle). – *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France*, 212-213; Paris.
- Théobald, N. (1932): Le Pays de Sierck. – *Bull. Soc. Hist. Nat. de la Moselle*, 33 Cahier, 4° S, T IX: 5-45; Metz.
- Théobald, N. (1951): Stratigraphie et Paléogéographie du Buntsandstein dans le SW de L'Allemagne et le NE de la France. – *Bull. Soc. Hist. Nat. de la Moselle*, 3me série, XII: 20pp; Metz.
- Thürach, H. (1894): Bericht über die Exkursionen am 29. und 30. März und 1. April. – *Ber. Versammlg. oberrhein. geol. Ver.*, 27: 27-71; Stuttgart.
- Thürach, H. (1895): Bemerkungen über die Gliederung des Buntsandstein im Spessart. – *Ber. Versamml. oberrhein. geol. Ver.*, 28: 44-50; Stuttgart.
- Tietze, E. (1888): Die geognostischen Verhältnisse der Gegend von Krakau. – *Jb. k.k. geol. Reichsanst.*, 37: 423-838; Wien.
- Trusheim, F. (1961): Über Diskordanzen im Mittleren Buntsandstein Norddeutschlands zwischen Ems und Weser. – *Erdoel-Z.*, 77 (9): 361-367; Wien/ Hamburg.
- Trusheim, F. (1963): Zur Gliederung des Buntsandstein. – *Erdöl-Z.*, 79 (7): 277-292; Hamburg.
- Utech, K. (1960): Fazies, Biotope und Fauna des Mittleren Buntsandsteins in Niedersachsen. – *Diss. TH Braunschweig*, 94 S.; Braunschweig (Selbstverl.).
- Villinger, F. & Fleck, W. (1995): Symbolschlüssel Geologie (Teil I) und Bodenkunde Baden-Württemberg. – *Geol. Landesamt Baden-Württ., Informationen*, 5, 68 S.; Freiburg.
- Vissher, H. (1971): The Permian and Triassic of the Kingscourt Outlier, Ireland. – *Geol. Surv. Ireland, Spec. pap.*, 1: 104 S.; Dublin.
- Wagner, G. (1959): Bericht über die Kartierung des Buntsandsteinzuges Alfeld-Röllinghausen-Meimerhausen, Bl. Freden, 4025. – *Arch. Nieders. L.-Amt Bodenforsch.*, 29 S.; Hannover [unveröff.].

- Wagner, W. (1983): Geologische Übersichtskarte Rheinisches Schiefergebirge SW-Teil (mit Abbaustellen der Steine-Erden-Rohstoffe) 1:100000: Hochschulumgebungskarte Trier. – 1 Karte; Berlin (Borntäger). [Zugl. erschienen in: Nengendank 1983].
- Wagner, W., Nengendank, J. F., Fuchs, G. & Mittmeyer, H.-G. (2005): Geologische Übersichtskarte Rheinisches Schiefergebirge SW-Teil 1 : 100 000 (mit Abbaustellen der Steine-Erden-Rohstoffe). – 1. Auflage, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz; Mainz
- Wagoner, J. C. van, Posamentier, H.W., Mitchum, R.M., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S. & Hardenbol, J. (1988): An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. – In: Wilgus, C.W. et al. (Eds.): Sea Level Changes: an integrated approach. – SEPM Spec. Publ., 42: 39-45; Tulsa.
- Walchner, F.A. (1832): Handbuch der gesammten Mineralogie in technischer Beziehung zum Gebrauche bei seinen Vorlesungen und zum Selbststudium mit besonderer Berücksichtigung der mineralogischen Verhältnisse des Grossherzogthums Baden. – Band 2: Geognosie. – 1104 S.; Karlsruhe.
- Waldeck, H. (1975): Erläuterungen zu Blatt 4023 Eschershausen. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Niedersachsen, 188 S.; Hannover.
- Warrington, G., Audley-Charles, M.E., Elliott, R.E., Evans, W.B., Ivimey-Cooke, H.C., Kent, P., Robinson, P.L., Shotton, F.W. & Taylor, F. (1980): A correlation of Triassic rocks in the British Isles. – Geol. Soc. London, Spec. report, 13: 78 S.; London.
- Weber, K. (1990): Paläoböden im Buntsandstein am Beispiel der Forschungsbohrung Obernsees (NE-Bayern). – Diss. Univ. Erlangen, 129 S.; Erlangen (Selbstverl.).
- Weber, K. (1994): Paläoböden im Buntsandstein am Beispiel der Forschungsbohrung Obernsees. – Zbl. Geol. Paläont., 1 (7/8): 985-1001; Stuttgart.
- Wehrli, H. (1933): Das „Oberrotliegende“ am Westrand des Hunsrücks zwischen Saarburg und Mettlach. – Ber. Naturhist. Ver. preuß. Rheinl. u. Westf., 75-85; Bonn.
- Weiler, H. (1972): Ergebnisse von Bohrungen im Buntsandstein im Raum Trier – Bitburg. – Mainzer geowiss. Mitt., 1: 198-227; Mainz.
- Weiler, H. (1991): Das Grundwasser in der Bitburger Trias-Mulde, Beschreibung eines Aquifers, neue Ergebnisse. – Mainzer geowiss. Mitt., 20: 9-42; Mainz.
- Weiss, E. (1869a): Über die Gliederung der Trias in der Umgebung von Saarbrücken. – N. Jb. Min. Geol. u. Pal., 215-219; Stuttgart.
- Weiss, E. (1869b): Mitteilung über die „Entwicklung des Muschelkalkes an der Saar, Mosel und im Luxemburgischen“; (Sitzungsprotokoll). – Z. dt. geol. Ges., 21: 837-849; Berlin.
- Wendt, O. (1963): Sediment-Untersuchungen am Kernmaterial neuerer Bohrungen im Buntsandstein des Nord-schwarzwaldes. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Heidelberg, 97 S.; Heidelberg [unveröff.].
- Werveke, L. van (1889): Geologische Specialkarte von Elsass-Lothringen. – Erl. Bl. Sierck, 21 S.; Strassburg (GK 25, Neue No. 6504)
- Werveke, L. van (1906): Erläuterungen zu Blatt Saarbrücken der Geologischen Übersichtskarte von Elsaß – Lothringen und angrenzenden Gebieten im Maßstab 1 : 200 000. – 284 S.; Straßburg.
- Wiefel, H. (1999): Georg Christian Füchsel (1722-1773) – Seine Verdienste um die frühe Triasforschung. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.): Trias, eine ganz andere Welt: Europa im frühen Erdmittelalter: 577-580; München (Pfeil).
- Wiesemann, G. (1956): Beitrag zur Geologie des Grenzgebietes Vogler–Solling. – Dipl.-Arb. Univ. Hamburg, 120 S.; Hamburg [unveröff.].
- Wilckens, R. (1920): Neue Gastropodenfunde im Mittleren Buntsandstein des Leinetales. – Z. dt. geol. Ges., Monatsber., 72: 281-285; Berlin.
- Wolburg, J. (1961): Sedimentationszyklen und Stratigraphie des Buntsandstein in W-Deutschland. – Geotekt. Forsch., 14: 7-74; Stuttgart.
- Wolburg, J. (1968): Vom zyklischen Aufbau des Buntsandstein. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1968: 535-559; Stuttgart.
- Wolburg, J. (1969): Die epirogenetischen Phasen der Muschelkalk- und Keuper-Entwicklung Nordwest-Deutschlands, mit einem Rückblick auf den Buntsandstein. – Geotekt. Forsch., 32: 1-65; Stuttgart.
- Wolfart, R. (1956): Bonebed-Horizonte im Mittleren Buntsandstein (sm2) des Vogler bei Eschershausen. – Mskr. Arch. Nieders. L.-Amt Bodenforsch., 22 S.; Hannover [unveröff.].
- Wolfart, R. (1958): Kurzbericht über die geologischen Aufnahmen auf Bl. Eschershausen (4023) vom 27. 5. – 23. 9. 1958, mit einem Nachtrag betr. Zeit v. 24. 9. bis 10. 10. 1958. – Mskr. Arch. Nieders. L.-Amt Bodenforsch., 16 S.; Hannover [unveröff.].
- Wüst, E. (1907): Die Fossilführung des Mittleren Buntsandsteins der Mansfelder Mulde. – Z. Naturwiss., 79: 109-126; Leipzig.
- Wüst, E. (1916): Die Zahl der Gervillienbänke im Mittleren Buntsandstein der Mansfelder Mulde. – Cbl. Mineral., 381-384; Stuttgart.
- Wurster, P. (1960): Kreuzschichtung im Buntsandstein von Helgoland. – Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 29: 61-65; Hamburg.
- Zenker, J. C. (1836): Protogaea jenensis. – Hist.-topograph. Taschenbuch von Jena und seiner Umgebung, IV: 187-257; Jena (Frommann).
- Ziegler, P.A. (1975): Geologic evolution of the North Sea and its tectonic framework. – AAPG Bull., 59 (7): 1073-1097; Tulsa.
- Zimmermann, E. (1885): Über Aufnahmen auf den Sectionen Saalfeld und Ziegenrück. – Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1884: LXVII-LXXIII; Berlin.
- Zimmermann, E. (1895): Tiefbohrungen in Zechstein und Trias im südlichen Nordthüringen. – Z. prakt. Geol., 3: 499-501; Berlin.

Röhling, H.-G. & Lepper, J. (2013): Paläogeographie des Mitteleuropäischen Beckens während der tieferen Trias (Buntsandstein). – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – In: Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 69: 43-67; Hannover.

3.

Paläogeographie des Mitteleuropäischen Beckens während der tieferen Trias (Buntsandstein)

[Lower Triassic (Buntsandstein) Palaeogeography of the Central-European Basin]

Heinz-Gerd Röhling¹, Jochen Lepper²

¹ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Geologischer Dienst von Niedersachsen, Stilleweg 2, D-30655 Hannover, heinz-gerd.roehling@lbeg.niedersachsen.de

² Ahldener Str. 10E, D-30625 Hannover

Kurzfassung

In dem Übersichtsbeitrag werden der paläogeographische Rahmen des Ablagerungsraumes der frühen Germanischen Trias und die Buntsandstein-zeitlich relevanten beckeninternen Paläostrukturen behandelt. Die das epikontinentale Buntsandstein-Becken umgebenden Hoch- und Abtragungsmassive bestimmen maßgeblich die Fazies des fluviatilen siliziklastischen Sedimenteintrages, während beckeninterne Paläohochgebiete und Senkungszonen sowie synsedimentäre Gräben zusätzlich die Mächtigkeitsverteilung im Ablagerungsraum steuern. Erosionsbedingte Diskordanzen lassen sich z. T. über Schwellenbereiche und Teilbecken hinweg verfolgen und stellen damit beckenweit übergreifende Markerhorizonte dar. Im

Oberen Buntsandstein verzahnen sich marin-evaporitische Beckenablagerungen randlich zunächst mit Sabkha-Peliten und diese wiederum mit proximalen gröberklastischen fluviatilen Serien, die hier teilweise pedogen überprägt sein können.

Abstract

This overview covers the paleogeographical situation of the deposition of the early Germanic Triassic and the internal, Buntsandstein-age basin structures. The source areas surrounding the epicontinental Buntsandstein basin controlled the type of fluvial siliclastic facies that were deposited, while the internal basin structures, such as paleohighs and areas of subsidence, as well as synsedimentary grabens, additionally govern the sedimentary thickness distribution pattern. Erosional unconformities can be partly traced over high grounds and subbasins, and for this reason they form basin-wide marker horizons. In the upper Buntsandstein, marine-evaporitic sediments interfinger marginally with sabka pelites, which are in turn interleaved with coarse clastics of proximal fluvial sequences, which can be, in part, pedogenically overprinted.

Schlagnote: Germanische Trias, Buntsandstein, Paläogeographie, Mitteleuropäisches Becken, Interngliederung

Keywords: Germanic Triassic, Buntsandstein, Palaeogeography, Mid-European Basin, internal basin structures.

3.1. Einleitung

Der Buntsandstein bildet den tieferen, meist siliziklastisch geprägten Teil der Trias (tiefes Indusium + Olenekium bis tiefes Anisium). Sedimentationsraum des Buntsandstein in „Germanischer Fazies“ ist das Mitteleuropäische Becken, ein großes epikontinentales intrakratonales Becken, das auch als „Germanisches Becken“ oder „Central European Depression“ (Katzung 1975) bezeichnet wird.



Abb. 3.1-1: Lange Anna, Wahrzeichen der Buntsandsteininsel Helgoland (Foto: H.-G. Röhling).

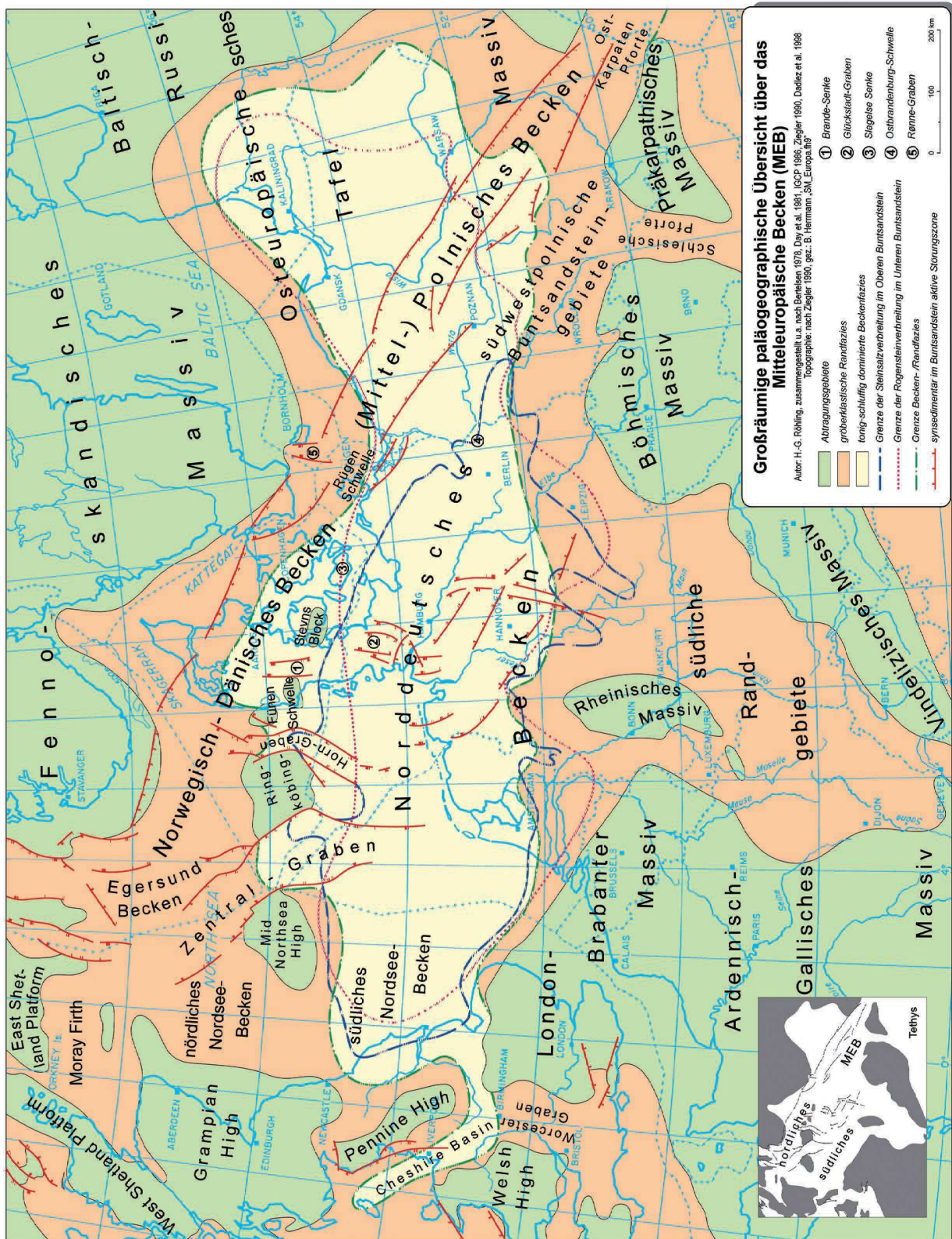


Abb. 3.2-1: Paläogeographische Übersicht über das Nördliche und Südliche Mitteleuropäische Becken im Buntsandstein.

In diesem Kapitel erfolgt eine kurze paläogeographisch-strukturelle Übersicht über das Mitteleuropäische Becken (Kap. 3.2), wobei der Schwerpunkt – bedingt durch die Lage der deutschen Buntsandsteingebiete – auf dem Südlichen Mitteleuropäischen Becken mit seinen (Teil-)Becken (Südliches Nordseebecken + Bri-

tische Inseln, Norddeutsches Becken, Polnische Buntsandsteingebiete, vgl. auch Kap. 3.3 bis 3.5) liegt. Einen Überblick über den an das Norddeutsche Becken im Süden anschließenden fluviatilen Ablagerungsraum der „Südlichen Randgebiete“ gibt Kap. 3.6.

3.2. Das Mitteleuropäische Becken – ein Überblick

Das Mitteleuropäische Becken reicht über etwa 1800 km von Mittelengland im Westen bis nach Polen und Weißrußland im Osten sowie über 500 bis 600 km von Skandinavien und der nördlichen Nordsee im Norden bis nach Belgien und Tschechien sowie mit einer südlichen Ausbuchtung („Südliche Randgebiete“, vgl. auch Kap. 3.6) über Südwestdeutschland nach Ost-Frankreich und in die Schweiz (Abb. 3.2-1; s. a. Feist-Burkhardt et al. 2008, Bachmann et al. 2010).

Die Umrahmung des Mitteleuropäischen Beckens und damit auch die Hauptliefergebiete des darin akkumulierten Sedimentstapels bilden ausgedehnte Grundgebirgsmassive (Abb. 3.2-1): Dies sind im Nor-

den das Fennoskandische Massiv sowie im Osten das Baltisch-Russische Massiv, während am Beckensüdrand (von Osten nach Westen) das Präkarpathische, das Böhmisches sowie das Vindelizische Massiv das mitteleuropäische – „Germanische“ – vom tethyalen Ablagerungsraum trennen. Am Südwest- bzw. Westrand lieferten das Ardennisch-Gallische und das nordwestlich daran anschließende London-Brabanter Massiv ihre Schuttmassen in das Becken. Im Gebiet der Britischen Inseln stellen die Hochgebiete des Welsh, das Pennine und das Grampian High die Beckenbegrenzung dar, an das als nordwestliche Fortsetzung die West-Shetland-Plattform und weiter im Osten die Ost-Shetland-Plattform anschließt.

Die erste Anlage des Mitteleuropäischen Beckens erfolgte nach der variszischen Orogenese im höchsten Oberkarbon und tiefsten Rotliegend (vgl. auch Bachmann & Grosse 1989, Bachmann & Hoffmann 1995).

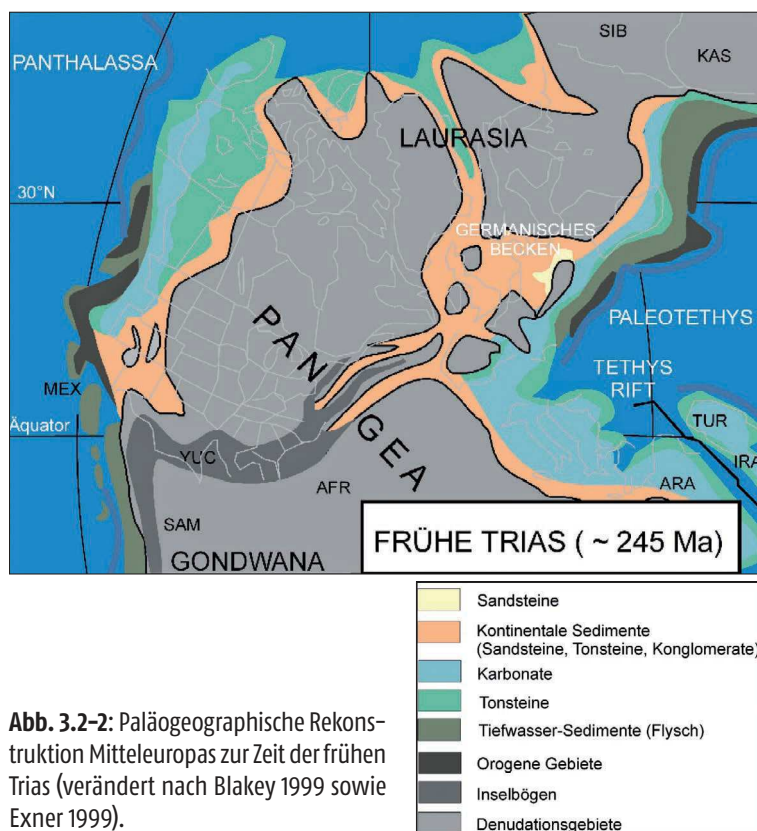


Abb. 3.2-2: Paläogeographische Rekonstruktion Mitteleuropas zur Zeit der frühen Trias (verändert nach Blakey 1999 sowie Exner 1999).

Die Sedimentation in diesem Becken erfolgte während der tieferen Trias hauptsächlich unter fluvio-lakustrinen Ablagerungsbedingungen, mit marinen Ingressionen insbesondere im höheren Teil (Ziegler 1990, Aigner & Bachmann 1992). Die Mächtigkeiten des Buntsandstein erreichen im Zentrum des Mitteleuropäischen Beckens, im Norddeutschen Becken, generell etwa 1.000 bis 1.200 m, in tektonischen Gräben wie z. B. dem Horn- oder dem Glückstadt-Graben z. T. sogar mehr als 4.000 m (Röhling 1991a sowie Röhling 2013a dieser Band, Abb. 3.4-2). In den ebenfalls stärker tektonisch geprägten Subsidenzzentren des Norwegisch-Dänischen Beckens und der Mittelpolnischen Senke (s. u.) wurden Maximalmächtigkeiten von etwa 1.200 bzw. 1.800 m, stellenweise bis 2.100 m nachgewiesen (Dadlez 2003 sowie Kap. 3.5).

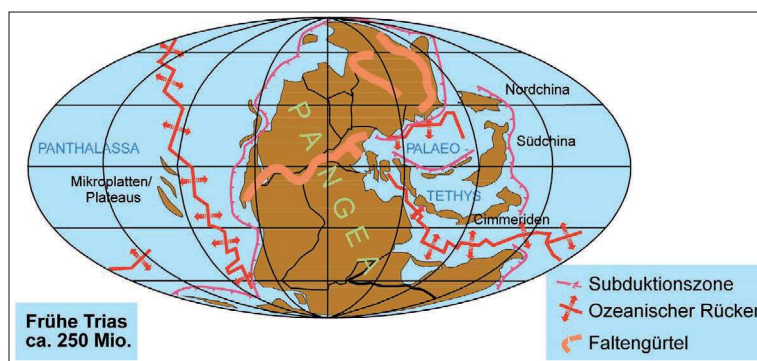


Abb. 3.2-3: Weltweite Rekonstruktion der Kontinent-Meer-Verteilung zur Zeit der frühen Trias (250 Ma) nach Blakey (1999, verändert).

Die Anlage des Mitteleuropäischen Beckens erfolgte im Bereich des Superkontinents Pangäa. Abb. 3.2-2 zeigt eine weltweite Rekonstruktion der paläogeographischen Situation zur Zeit der frühen Trias (ca. 250 Ma, nach Blakey 1999 verändert). Danach lag dieses Becken zur Zeit der Trias im östlichen Randbereich von Pangäa zwischen ca. 10° und 30° nördlicher Breite (s. a. Scotese 1994) – und damit etwa im Bereich des heutigen Nordafrika bzw. der großen Wüsten. Abb. 3.2-3 spiegelt die paläogeographische Situation der nordamerikanischen-eurasischen Region in der frühen Trias

wider (ca. 245 Ma, verändert nach Blakey 1999), die auch auf die klimatischen Bedingungen wesentlichen Einfluss hatte (vgl. auch Paul & Puff 2013 dieser Band).

Während des Perm und der tieferen Trias bestand das Mitteleuropäische Becken aus zwei langgestreckten, mehr oder weniger Westnordwest – Ost-südost gerichteten Teilbecken. Beide, das Südliche und das Nördliche Mitteleuropäische Becken, haben ihre Vorläufer im „Southern“ bzw. „Northern Permian Basin“ (Ziegler 1982b). In der höheren Dyas (Zechstein) und im Verlaufe der Trias erweiterte sich dann dieser Sedimentationsraum kontinuierlich.

Die Weiterentwicklung des Mitteleuropäischen Beckens während der Trias stand in engem Zusammenhang mit dem Auseinanderbrechen von Pangäa. Damit verbunden waren zum einen Dehnung und Ausdünnung der Kruste sowie die Anlage ausgedehnter Rift- und Störungssysteme (Schröder 1982). In der im Mitteleuropäischen Becken akkumulierten Sedimentabfolge ist dieses Auseinanderbrechen Pangäas z. T. in idealer Weise dokumentiert, u. a. in teilweise sehr markanten Schichtlücken und Erosionsdiskordanzen (Tab. 3.2-1). Ausgangspunkte dieser Entwicklung waren das im Norden gelegene und sich schnell nach Süden ausdehnende Arktik-Nordatlantik-Riftsystem (Protoatlantik) sowie das sich in ähnlicher Weise nach Westen weiterentwickelnde Tethys-Riftsystem im Süden (Abb. 3.2-3). Infolge der Riftingprozesse kam es zur großräumigen Anlage langgestreckter, z. T. auch verzweigter Rift- und Grabensysteme im Bereich der zwischen den beiden großen Riftsystemen gelegenen Platte. Zu diesen platteninternen Riftsystemen gehören u. a. die ausgedehnten Grabensysteme der im Bereich der heutigen Nordsee gelegenen Grabenstrukturen des Viking-, des Zentral- oder des Horn-Grabens. Daneben gibt es auch beckenachsenparallele Strukturelemente. Hier ist z. B. das Mittelpolnische Becken, das Subsidenzzentrum der polnischen Buntsandsteingebiete, zu nennen (s. a. Kap. 3.5). Angelegt wurde dieses Becken als axialer Teil des Dänisch-Polnischen Beckens (Krzywiec 2002, van Wees et al. 2000, Michelsen 1997, Ziegler 1990) bereits im höheren Perm. Sowohl das Mittelpolnische als auch das Norwegisch-Dänische Becken liegen am Südwestrand des osteuropäischen Kratons bzw. des Baltisch-Russischen Massivs (Dadlez 2003) im Bereich der Trans-European Suture Zone (TESZ), dessen nördliche bzw. nordnordöstliche Begrenzung etwa dem Tornquist-Tesseyre-Störungssystem (TTZ) folgt (Stephenson et al. 2003 sowie Röhling 2013b dieser Band).

Unterschiede in der Lithologie, der Faziesentwicklung, der Mächtigkeitsverteilung sowie vor allem die intratriassischen Schichtlücken spiegeln die intensive strukturelle Gliederung des Mitteleuropäischen Beckens wider. Zentrales Strukturelement ist eine langgestreckte, synsedimentär wirksame und West-

nordwest-Ostsüdost gerichtete Hochlage, die vom Mid-Northsea-High im Westen über die Ringköbing-Fünen-Schwelle und den Stevns-Block bis zur Rügen-Schwelle im Osten reicht (Abb. 3.2-1). Im Vergleich zu den beiden unterschiedlich großen Senkungsräumen im Süden bzw. im Norden – dem Südlichen und dem Nördlichen Mitteleuropäischen Becken – ist sie durch deutlich verringerte Mächtigkeiten sowie eine stratigraphisch unvollständigere Schichtenfolge charakterisiert. Teile dieser bereits im Perm nachweisbaren Schwellenzone waren zur Zeit der älteren Trias z. T. kontinuierlich Abtragungsgebiete. Zur gleichen Zeit wurde dagegen an anderen Stellen eine geringmächtige, möglicherweise bereits primär lückenhafte Buntsandsteinabfolge abgelagert bzw. ist dort in sekundärer Restmächtigkeit nach intra-Buntsandsteinzeitlicher Abtragung erhalten geblieben. Letzteres gilt z. B. für die Ringköbing-Fünen-Schwelle, die während der Sedimentation der einzelnen Formationen des Buntsandstein kaum als Schwelle erkennbar ist. Vom südlich gelegenen Norddeutschen Becken zur Ringköbing-Fünen-Schwelle sind keine bedeutenden Fazies- und primären Mächtigkeitsunterschiede zu erkennen. Erst nördlich der Schwellenzone ist ein kontinuierlicher Faziesübergang von der norddeutschen, „germanischen“ Faziesentwicklung in die grobklastische Randfazies des nördlichen Beckenrandes zu beobachten. Der ausgeprägte „Schwellencharakter“ ist fast ausschließlich Folge der zu Beginn und im Mittleren Buntsandstein nachgewiesenen Erosionsdiskordanzen. Die damit verbundenen Abtragungsvorgänge haben – wie bei der Eichsfeld-Altmark- oder der Hunte-Schwelle auch hier zu einer postsedimentären Kappung zuvor abgelagerter Schichteinheiten geführt haben (vgl. auch Röhling 2013a, b, beide dieser Band).

Während der Trias bestanden Verbindungswege zwischen dem Südlichen und dem Nördlichen Mitteleuropäischen Becken(-teil) über den Zentral- und den Horn-Graben (Abb. 3.2-1). Beide weisen z. T. extreme Mächtigkeiten für den Buntsandstein, den Muschelkalk und auch den Keuper auf. Während diese beiden Gräben die rigide Schwellenzone Mid-Northsea-High – Ringköbing-Fünen-Schwelle – Rügen-Schwelle durchbrechen konnten, gelang dies dem weiter südöstlich gelegenen Glückstadt-Graben nicht. Die in seiner Verlängerung gelegene Brande-Senke (bzw. -"Graben") ist wie die Slagelse-Senke weiter im Osten (Röhling 1991a: Pl. 12) nur von untergeordneter Bedeutung; beide stellten im Buntsandstein keine durchgehende Verbindung zwischen dem Nördlichen und dem Südlichen Mitteleuropäischen Becken dar (vgl. auch Röhling 2013a, b, beide dieser Band). Sie heben sich von den angrenzenden Teilgebieten der Ringköbing-Fünen-Schwelle lediglich durch geringfügig höhere Mächtigkeiten, z. T. auch stratigraphisch etwas vollständigere Abfolgen ab. Dagegen bestand eine

UK - Südliche Nordsee		Niederlande		Norddeutsches Becken		Polen			
Johnson et.al. 1994		Van Adrichem Boogaert & Kouwe 1994, Geluk & Röhling 1997, 1999, Geluk 2005		Boigk 1959, Wolburg 1969, Röhling 1991, 1999, Geluk & Röhling, 1997, 1999, Lepper et al. 2005		Marek & Pajchlowa 1997			
HAISBOROUGH GROUP	Dowsing Fm.	UPPER GERMANIC TRIAS GROUP	MUSCHELKALK	MUSCHELKALK		MUSCHELKALK			
	Röt Halite Mb.		Röt Fm.	Upper Buntsandst.	Dornburg-Sfm. Gleina-Sfm. Karsdorf-Sfm. Glockenseck-Sfm.*1 Göschwitz-Sfm. Vitzenburg-Sfm.*2	BUNTSANDSTEIN GROUP	Ret		
B A C T O N G R O U P	Bunter Sandstone Fm.	LOWER GERMANIC TRIAS GROUP	Solling Fm.	Solling-Fm.	BUNTSANDSTEIN		BUNTSANDSTEIN GROUP	Polzcyń Fm.	
			Hardeggen Fm.	Hardeggen-Fm.					Middle Buntsandstein
			Detfurth Fm.	Detfurth-Fm.				Lower Buntsandstein	
			Volpriehausen Fm.	Volpriehausen-Fm.					Fulda-Fm. *3
	Rogenstein Mb.	Quickborn-Fm.	Obere Fulda-Fm. Untere Fulda-Fm.						
	Main Claystone Mb.	Bernburg-Fm.							
	Zechstein Upper Claystone Fm.	Calvörde-Fm.							
	Zechstein								

Tab. 3.2-1: Gliederung der tieferen Trias (Buntsandstein) im südlichen Mitteleuropäischen Becken (verändert aus Hiete et al. 2005). *1 = Glockenseck-Steinsalz *2 = Vitzenburg-Steinsalz *3 = ehemals Unterer und Oberer Bröckelschiefer — Erosionsdiskordanz (wg. neuer Röt-Nomenklatur s. a. Exner 1999, Röhling et al. 2002, Lepper et al. 2005, 2013 dieser Band, Subkommission Perm-Trias 2011)

weitere Verbindung zwischen dem Südlichen und dem Nördlichen Mitteleuropäischen Becken im Seegebiet östlich von Rügen, durch die Buntsandstein-zeitlich grobklastische Sedimente vom Fennoskandischen Massiv teilweise bis in den Raum südlich Rügen bzw. nach Nordostvorpommern vordringen konnten (vgl. auch Röhling 2013a, b, beide dieser Band).

Ein weiteres, bedeutendes Hochgebiet am südwestlichen Rand des Mitteleuropäischen Beckens ist das Rheinische Massiv, das dem Komplex aus London-Brabanter und Ardennisch-Gallischem Massiv im Osten isoliert vorgelagert und während des Buntsandstein Festland und bedingt auch Sedimentliefergebiet war.

Die Mächtigkeits- und Fazieskarten (u. a. Ziegler 1982b, IGCP-Projekt 86, Bertelsen et al. 1986; Abb. 3.4-2) zeigen übereinstimmend, dass während des gesamten Buntsandstein die generelle Westnordwest-Ost-südost-Erstreckung des Südlichen Mitteleuropäischen Beckens bestehen blieb. Infolge der mit den bereits erwähnten Riftingprozessen in Zusammenhang stehenden Dehnungstektonik kam es in dieser langgestreckten Senkungszone zur Anlage von mehreren großen

Teilbecken. Im Vergleich zum Zechstein und Unteren Buntsandstein ist vor allem im Mittleren Buntsandstein eine stärkere Differenzierung des Sedimentationsraumes zu erkennen. Die unterschiedliche Entwicklung dieser Teilbecken spiegelt sich – wie bereits erwähnt – sowohl in der Verbreitung, der Mächtigkeitsentwicklung (Abb. 3.4-2) als auch der Faziesausbildung der einzelnen Schichtenfolgen sowie auch im unterschiedlichen Ausmaß buntsandsteinzeitlicher synsedimentärer Hebungs- und Abtragungsprozesse wider. Danach können im Südlichen Mitteleuropäischen Becken von West nach Ost drei große Sedimentationsräume abgegrenzt werden. Dies sind:

das Südliche Nordseebecken mit den Buntsandsteingebieten der **Britischen Inseln** (Kap. 3.3),

das Norddeutsche Becken (Kap. 3.4) und dessen **Südliche Randgebiete** (Kap. 3.6) sowie die

Polnischen Buntsandsteingebiete (vgl. Kap. 3.5).

Von diesen Teilbecken ist das Norddeutsche Becken mit seinen bedeutenden Grabenstrukturen des Horn- und des Glückstadt-Grabens das eigentliche Becken-

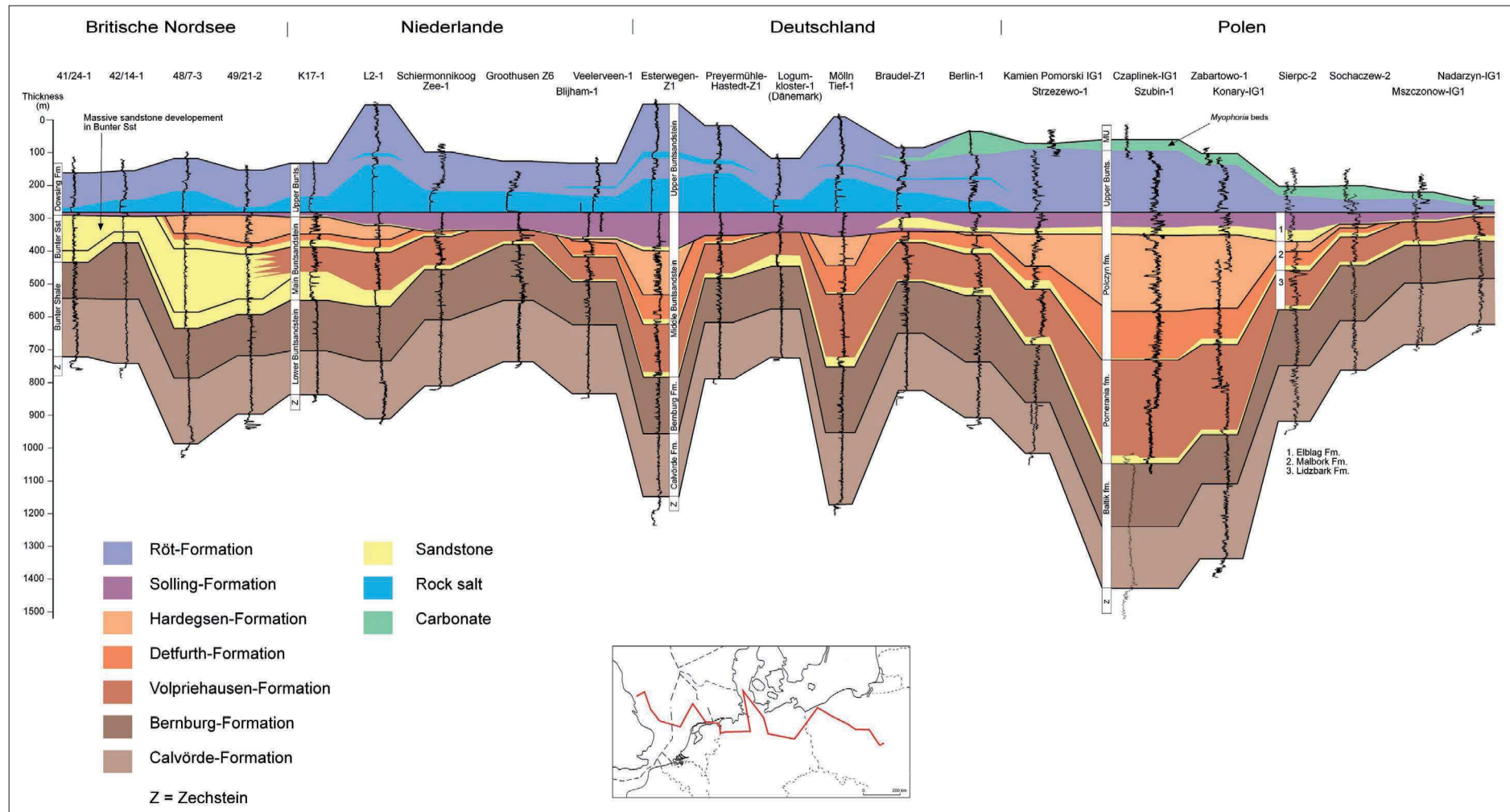


Abb. 3.2-4: Korrelationskette (Gamma-Ray Logs) für den Buntsandstein zwischen England und Polen (verändert nach Geluk 2005 sowie Bachmann et al. 2010). Zu beachten ist, dass in England, in den Niederlanden und in Deutschland die Grenze Zechstein/Buntsandstein nicht einheitlich gezogen wird. Ausserdem werden in Polen die Äquivalente der Dornburg-Subformation bzw. der „Myophorienschichten“ (Röt-Formation) in den Muschelkalk gestellt.

zentrum. Im Vergleich zu den anderen Teilbecken des Mitteleuropäischen Beckens erreicht der Buntsandstein in der Subsidenzachse des Norddeutschen Beckens sowie in den genannten Grabenzonen – wie reflexionsseismische Messungen sowie Bohrungen zeigen – nicht nur seine größten Mächtigkeiten, sondern ist stratigraphisch auch vollständiger bzw. lückenloser. Die weiter im Süden gelegenen Übertageprofile – mit Ausnahme des Buntsandsteinprofils der Insel Helgoland (Abb. 3.1-1) – befinden sich hingegen in Gebieten beckenferner bzw. -randlicher Ausbildung, z. B. die der Hessischen (südniedersächsisch-hessisches Bergland) oder der Thüringischen Senke sowie der linksrheinischen Buntsandsteingebiete (Eifel, Hunsrück, Saarland, Pfalz). Sie sind durch lückenhafte und damit stratigraphisch unvollständige Profile gekennzeichnet.

Eine Anbindung des Südlichen Mitteleuropäischen Beckens an den Ozean ist zumindest für den Zeitraum des Zechstein 1 bis 4 durch marin beeinflusste Sedimente nachgewiesen. Paläogeographische und paläotektonische Karten deuten darauf hin, dass im Norden eine Verbindung zum Norwegian Greenland Rift (Abb. 3.2-2; Ziegler 1989, 1990: encl. 20) bestanden hat. Daneben bestand während der tieferen Trias über das Mittelpolnische Becken sowie die Dobrudsha Senke (s. u.) vermutlich eine Verbindung zur Tethys (s.

a. Ziegler 1989, 1990, Scotese 1994, Ross & Ross 1995, Szulc 2000). Bedingt durch einen globalen Tiefststand des Weltmeeres verflachte die nördliche Verbindung gegen Ende des Zechstein bis zur Schließung. Abgelagert wurden auch hier Sedimente von Schwemmfächern und Playas. Der bereits im Zechstein bestehende und sehr wahrscheinlich im Buntsandstein zeitweilig reaktivierte Verbindungsweg zum nördlich gelegenen Arktik-Nordatlantik-Riftsystem folgte von Süd nach Nord dem Horn- und dem Zentral-Graben (s. o.), dem Egersund-Becken, dem Horda-Becken und dem Viking-Graben. Diese Strukturelemente sind für die tiefere Trias nicht nur durch z. T. extreme Mächtigkeiten (vgl. auch Abb. 3.2-5 sowie 3.4-2) und synd sedimentäre Tektonik charakterisiert, sondern stellen insbesondere während des Mittleren Buntsandstein einen möglichen Ingressionsweg marinen Einflusses dar (vgl. auch Tietze & Röhling 2013 dieser Band). Im tieferen Oberen Buntsandstein öffneten sich dann im Südosten Verbindungswege über die Schlesische und die Ost-Karpathen-Pforte zum Tethys-Meer (u. a. Szulc 2000). Über diese tektonisch kontrollierten Verbindungswege kam es im Oberen Buntsandstein zu marinen Ingressionen bis weit in das Mitteleuropäische Becken. Dokumentiert wird dies u. a. durch eine stärker karbonatisch geprägte Röt-Abfolge im Osten (Po-

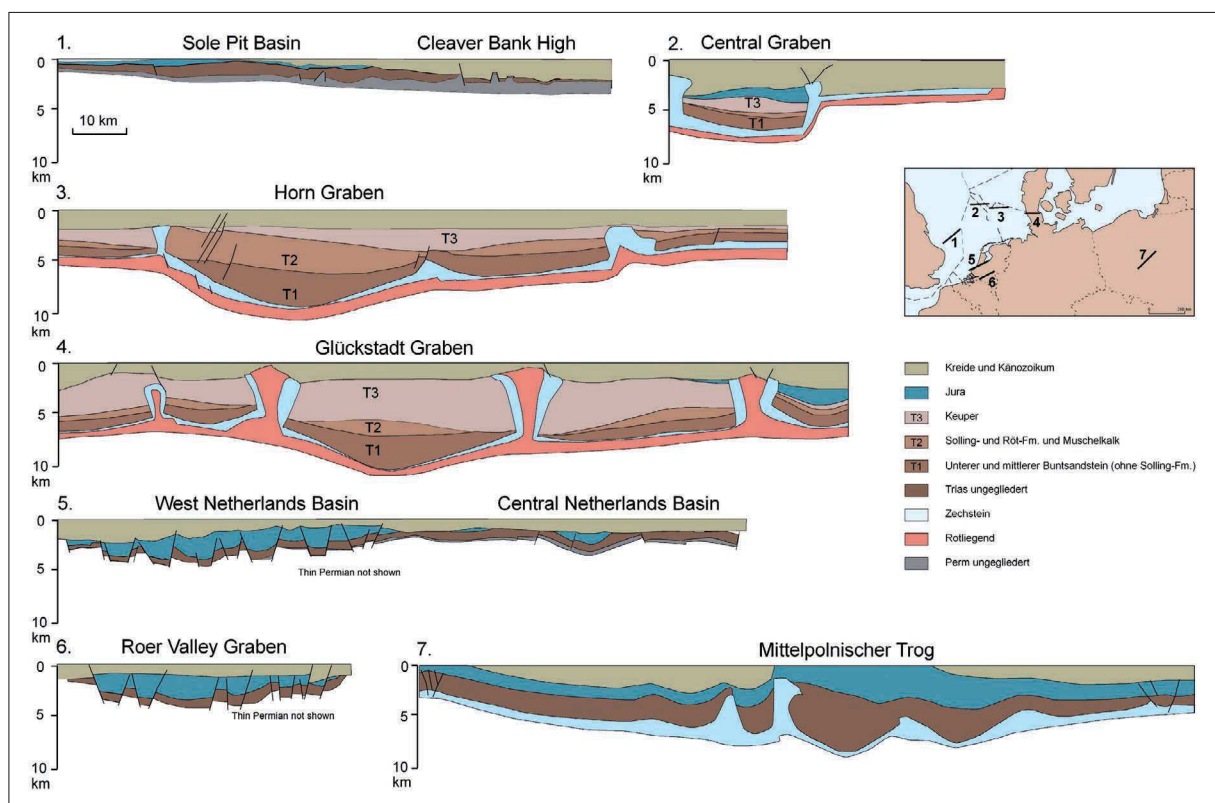


Abb. 3.2-5: Geologische Profile durch verschiedene Teilbecken innerhalb des Mitteleuropäischen Beckens (verändert nach Geluk 2005 sowie Cameron et al. 1992, Kockel 1995, Baldschuhn et al. 2001, Krzywiec 2004, NITG 2004). Deutlich werden die unterschiedliche Größe der verschiedenen Teilbecken und die extrem unterschiedlichen Mächtigkeiten der Gesamt-Trias in den Einzelstrukturen (z. B. im Horn- und im Glückstadt-Graben sowie im Mittelpolnischen Becken; vgl. auch Geluk & Röhling 2013, Puff & Radzinski 2013 sowie Röhling 2013a, b, alle dieser Band).

len, Ostbrandenburg, s. a. Beutler & Szulc 1999) sowie eine sulfatisch-halitische Röt-Abfolge im Zentralteil des Beckens (Norddeutschland, Niederlande, englische Nordsee). Diese marinen Einbrüche im Oberen Buntsandstein leiteten die nachfolgende Ingression des Muschelkalkmeeres ein.

3.3. Südliches Nordseebecken und Britische Inseln

Der Westteil des Südlichen Mittteleuropäischen Beckens wird vom Südlichen Nordseebecken (Southern North Sea Basin, Anglo-Dutch Basin, Day et al. 1981) und den westlich daran angrenzenden Buntsandsteingebieten der Britischen Inseln eingenommen (Abb. 3.2-1 und 3.3-1). Zentrales Strukturelement und Subsidenzzentrum des Südlichen Nordseebeckens ist das Westnordwest-Ostsüdost streichende Sole Pit Basin.

Den Westrand des Südlichen Nordseebeckens bilden das Pennine High im Süden sowie das Grampian High im Norden. Zwischen dem Grampian High und dem weiter östlich gelegenen Mid Northsea High bestand im Buntsandstein eine relativ breite Verbindung zum Fourth Approaches Basin, das paläogeographisch bereits dem Nördlichen Nordseebecken und damit dem Nördlichen Mittteleuropäischen Becken angehört. Östlich dieser Verbindung liegt zwischen dem Südlichen und dem Nördlichen Nordseebecken die Hochlage des Mid North Sea High (Brennand 1975, Day et al. 1981). Das südöstlich an das Mid North-Sea High anschließende und nach Südsüdwesten abtauchende Cleaver Bank High bildet die westliche Grabenschulter des

Zentral-Grabens. Dessen westliche Randstörung stellt die Grenze zwischen dem Südlichen Nordseebecken und dem zentralen Teilbecken und Subsidenzzentrum des Südlichen Mittteleuropäischen Beckens, dem Norddeutschen Becken, dar. Das Cleaver Bank High nimmt eine ähnliche Position ein wie z. B. die Hunte-Schwelle in Norddeutschland und ist im Vergleich zum Zentral-Graben durch einen geringmächtigen, stratigraphisch teilweise unvollständigen bzw. lückenhaften Buntsandstein gekennzeichnet.

Die stratigraphische Gliederung der tieferen Trias für das Südliche Nordseebeckens ist Tab. 3.2-1 zu entnehmen (Johnson et al. 1994, Cameron et al. 1992, Rhys 1974, Ager 1970, Audley-Charles 1970a, b, Geiger & Hopping 1968). Danach reicht die Bacton Group (Rhys 1974) von der Oberkante des salinaren Zechstein bis zur Basis der Solling-Formation, wobei der mehr tonig-schluffig entwickelte tiefere Teil als Bunter Shale Formation, der stärker sandig geprägte höhere Teil als Bunter Sandstone Formation bezeichnet wird. Als Untergrenze der Bunter Shale Formation ist die Oberkante des salinaren Zechstein definiert, d. h. der Wechsel von evaporitischen zu siliziklastischen Gesteinen. Der tiefere Teil, das Bröckelschiefer Member, enthält einzelne Sandsteinpakete, die sich am Beckenrand mit dem mächtigen Hewett Sandstone (Member) verzahnen, welcher von Geluk et al. (1996) mit dem höheren Zechstein korreliert wurde. Im höheren Teil der Bunter Shale Formation treten teilweise gehäuft Sandsteine auf, die aufgrund ihrer Ooidführung zumindest regional zur Abgrenzung eines Rogenstein Member führen. Die

Obergrenze der Bunter Shale Formation ist durch den markanten lithologischen Wechsel von einer mehr tonig-schluffigen zu einer mehr sandsteinführenden Abfolge in weiten Bereichen des westlichen Teilbeckens, insbesondere jedoch im Südlichen Nordseebecken, meist gut zu fassen. Lediglich im Übergangsbereich zum London-Brabanter Massiv sowie auch im Ostteil der Britischen Inseln ist diese Grenzziehung nicht immer eindeutig. Hier sind im höchsten Teil der Bunter Shale Formation bis zu 10 m mächtige Sandsteinpakete enthalten (Amethyst Member). Die Obergrenze der Bunter Sandstone Formation ist nach Rhys (1974) durch den Wechsel zu den Tonsteinen, Evaporiten und Karbonaten der Dowsing Dolomite Formation (Haisborough Group) definiert. Der in der britischen Nordsee definierten Bunter Sandstone Formation entspricht im onshore-Bereich der mittlere Teil der Sherwood Sandstone Group, die aber auch noch Äquivalente des Unteren und



Abb. 3.3-1: Schematische paläogeographische Übersicht über das Südliche Nordseebecken und die Buntsandsteingebiete der Britischen Inseln (Ausschnitt aus Abb. 3.2-1).

Oberen Buntsandstein enthält (Hounslow & McIntosh 2003). Abb. 3.3-2 zeigte eine Korrelationskette mit dem Logbild des Buntsandstein und dessen Untergliederung in der südlichen britischen Nordsee (verändert nach Geluk 2005).

Logkorrelationen in den britischen Buntsandsteingebieten zeigen, dass höhere Teile der Bunter Sandstone Formation zu den Beckenrändern ebenso wie zu beckeninternen Hochlagen erosiv gekappt werden. Diese Erosionsdiskordanz wird der H-Diskordanz zugeordnet (Hardeggen disconformity bzw. unconformity, u. a. Geiger & Hopping 1968). Die Bunter Sandstone Formation stellt damit das Äquivalent der Main Buntsandstein Subgroup der Niederlande (Geluk & Röhling 2013 dieser Band) bzw. des Mittleren Buntsandstein ohne Solling-Formation (= Volpriehausen-, Detfurth- und Hardeggen-Formation) dar (s. a. Tab. 3.2-1 sowie Abb. 3.3-2). Eine Ausnahme hiervon bildet die Solling-Formation. Deren basales Schichtglied, der Solling-Sandstein wird – falls vorhanden – der Bunter Sandstone Formation zugeordnet, während die Äquivalente der höheren, vorwiegend tonig-schluffig entwickelten Solling-Formation (bzw. die Solling-Wechselfolge oder Rote Tonsteinfazies Norddeutschlands, s. a. Röhling 2013a dieser Band) Teil der Dowsing Dolomite Formation sind. Eine weitere Untergliederung der Bunter Sandstone Formation ähnlich wie in den Niederlanden oder in Deutschland erfolgt im südlichen Nordseebecken bislang nicht, wäre aber, analog den Beckenrandbereichen in den südlichen Niederlanden, auch hier möglich (Geluk & Röhling 1997, 1999, 2013 dieser Band, Geluk et al. 1996).

Der Obere Buntsandstein bzw. die Röt-Formation ist Teil der Dowsing Dolomite Formation der Haisborough Group. Diese Formation umfasst nach der deutschen Gliederung die über dem basalen Solling-Sandstein folgenden feinklastischen Anteile der Solling-Formation des höheren Mittleren Buntsandstein (s. o.) ebenso wie den Oberen Buntsandstein und den Muschelkalk (Tab. 3.2-1). Die Salinare des Oberen Buntsandstein (Röt Halite Member) sind auch im Südlichen Nordseebecken vorhanden. Die Dowsing Dolomite Formation verzahnt sich nach Westen mit dem tieferen Teil der Mercia Mudstone Group.

Subsidenzzentrum des westlichen Teilbeckens ist das in der südlichen britischen Nordsee gelegene Sole Pit Basin. Der Buntsandstein erreicht nach den hier abgeteuften Bohrungen maximale Mächtigkeiten von etwa 800 m. Sowohl in Richtung Beckenrand (im Westen bzw. Südwesten) als auch zum Mid Northsea High sowie zum Cleaver Bank High hin gehen die Mächtigkeiten kontinuierlich zurück. Damit gekoppelt ist eine massive Kappung der Bunter Sandstone Formation unterhalb der „Hardeggen disconformity“ (Geiger & Hopping 1968, Cameron et al. 1992, Johnson et al. 1994, Geluk & Röhling 1997, 1999). Ursache dieser Mächtigkeitsdifferenzierungen sind auch hier erste synsedimentäre tektonische Bewegungen während der tieferen Trias. So ist der Südrand des insgesamt Westnordwest-Ostsüdost streichenden Sole Pit Basin durch synsedimentär aktive, querstreichende Gräben charakterisiert.

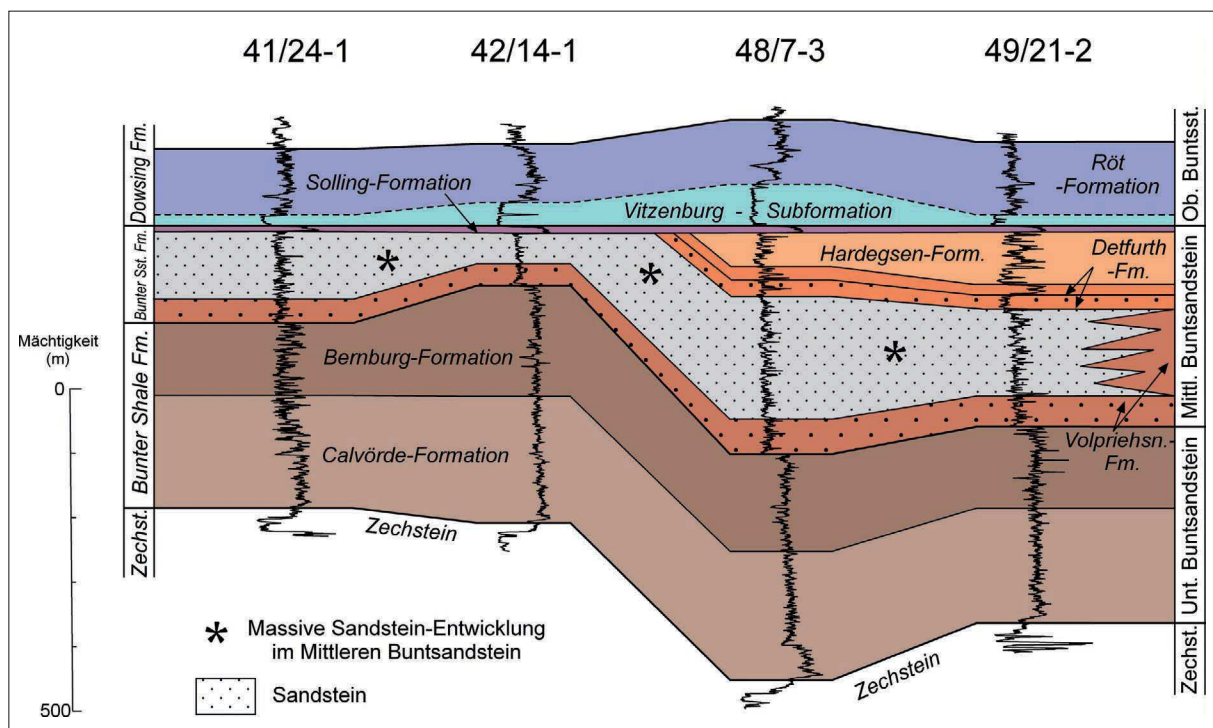


Abb. 3.3-2: Korrelation und Gliederung des Buntsandstein in Bohrungen des Südlichen Nordseebeckens (verändert nach Geluk 2005).

Gegenüber den großräumig angelegten Strukturelementen im Gebiet der britischen Nordsee ist der Bereich der Britischen Inseln durch vornehmlich Nord-Süd gerichtete Gräben und Halbgräben mit teilweise hohen Buntsandsteinmächtigkeiten (z. T. > 750 m) gekennzeichnet. Zu nennen sind der Worcester-Graben sowie das Cheshire und das Irish Sea Basin.

Der Antransport des Buntsandsteinmaterials in das westliche Teilbecken erfolgte fast ausschließlich aus west- bzw. südwestlicher Richtung. Liefergebiete waren die Hochgebiete im Bereich der heutigen Britischen Inseln bzw. das London-Brabanter Massiv (Johnson et al. 1994, Cameron et al. 1992, Warrington & Ivimey-Cook 1992). Während im Gebiet der Britischen Inseln sowie am Südwest- bzw. Westrand des Südlichen Nordseebeckens ein schmaler Saum rein fluviatiler, durchweg sandiger, teilweise konglomeratischer Gesteine abgelagert wurden, dominieren in den becken tieferen Gebieten des Südlichen Nordseebeckens Sedimente eines flachen, zeitweilig trockenfallenden Binnensees. Insgesamt ist von Westen nach Osten, von den Britischen Inseln in Richtung Cleaver Bank High (Brennand 1975), eine kontinuierliche Zunahme des feinklastischen Anteils festzustellen.

3.4. Norddeutsches Becken

Die Buntsandsteingebiete Deutschlands bilden den zentralen Teil des Südlichen Mitteleuropäischen Beckens (Abb. 3.2-1), der durch eine im Norden Nordwest-Südost orientierte Zentralsenke, das Norddeutsche Becken s. str., charakterisiert wird. Unter dem Begriff „Norddeutsches Becken“ wird hier der einheitliche, generell Westnordwest-Ostsüdost streichende Sedimentationsraum zwischen Cleaver Bank High im Westen und Ostbrandenburg-Schwelle im Osten verstanden. Der niederländische Anteil am Südlichen Mitteleuropäischen Becken ist paläogeographisch gesehen somit noch Teil des Norddeutschen Beckens. Dies spiegelt sich, wie Geluk & Röhling (1997, 1999 vgl. auch Geluk & Röhling 2013, Röhling 2013b, beide dieser Band) zeigen konnten, in einer fast identischen lithologisch-faziellen Ausbildung sowie Mächtigkeitsentwicklung wider. An das Norddeutsche Becken schließen nach Süden in der Berglandregion eine Reihe von vorwiegend Süd-südwest-Nordnordost bis Südost-Nordwest streichende Sedimentationsgebiete an. Sie werden unter dem Begriff „Südliche Randgebiete“ (Luxemburg-Eifel-Senke, Hessische Senke, Lothringen-Pfalz-Senke, Thüringen-Westbrandenburg-Senke, Fränkische Senke) zusammengefasst (s. a. Kap. 3.6) und zeichnen sich durch fluviatile, Sandstein-dominierte Ablagerungsräume aus.

Die Grenzlinie zwischen der meist brackisch-marinen Beckenfazies des Norddeutschen Beckens einerseits und der fluviatil dominierten west-, mittel- und süd-deutschen Randfazies andererseits wechselte, wie z.

B. die Fossilführung zeigt, häufig. Dabei kam sowohl der Hessischen als auch der Thüringischen und der Westbrandenburg-Senke eine vermittelnde Rolle zwischen den beiden großen Faziesräumen zu. So reichte im Mittleren Buntsandstein das vorwiegend fluviatile Ablagerungsmilieu von Süden zeitweilig bis etwa an den Nordrand des Rheinischen Massivs, im Oberen Buntsandstein mit den Ausläufern der Sandstein-Fazies hingegen nur bis nördlich des Mains. Im Mittleren Buntsandstein verlief die Grenze nach Westen zum Niederrhein, in östlicher Richtung über Göttingen quer durch die Thüringische Senke und Leipzig weiter nach Osten. Nach Leggewie et al. (1977) und Füchtbauer (1967) spiegelt sich diese „gemittelte“ Grenze auch in der Diagenese wider. Während im zentralen Sammelbecken die Kalifeldspäte und Plagioklase authigene Albitsäume haben, besitzen beide Feldspattypen im fluviatil dominierten südlichen Beckenteil authigene Säume von Kalifeldspat.

Das Norddeutsche Becken wird von einigen Autoren aufgrund der gelegentlich massenhaft auftretenden Aviculiden, Estherien, Hystrichosphaerideen, Gastropoden und Foraminiferen als brackisch bis marin angesehen (u. a. Leggewie et al. 1977: 553, vgl. auch Backhaus et al. 2013 dieser Band). Diese Zentralsenke war jedoch häufig trocken gefallen, wie Trockenrisse und Schlickgerölle zeigen (u. a. Bruun-Petersen & Krumbein 1975, Schulze 1964). Der weit nach Süden bzw. Südwesten vorgeifende, mehr oder weniger Nordost-Südwest bis Nordnordost-Südsüdwest ausgerichtete südliche Sedimentationsraum, der bis in die nördliche Schweiz und nach Burgund reicht, enthält dagegen im Mittleren Buntsandstein vorwiegend Sedimente einer von Seen durchsetzten Fluss- und Deltaebene (Leggewie et al. 1977) und im Oberen Buntsandstein auch verbreitet Playa-Ablagerungen.

Die paläogeographische Konfiguration des Norddeutschen Beckens, dessen Grundlinien bis zum Ende der Trias erhalten blieben (Brinkmann 1926), ist Abb. 3.2-1 zu entnehmen (vgl. Kap. 3.1 sowie Röhling 2013a, dieser Band). Der Hauptteil der Sedimente des Norddeutschen Beckens wurde aus süd- bzw. südwestlicher Richtung über den Durchfrachtungsraum der südlichen Randgebiete antransportiert. Es lassen sich mehrere Sedimentströme unterscheiden. Nach Schrägschichtungsmessungen und Schwermineraluntersuchungen (u. a. Brinkmann 1933, Sindowski 1957, Wunderlich 1957, Füchtbauer 1967) entstammt die Hauptmasse des im Norddeutschen Becken akkumulierten Buntsandsteinmaterials zwei großen Sedimentströmen (Hoppe 1976a). Vom Ardennisch-Gallischen Massiv, einem westlich der heutigen Vogesen gelegenen Hochgebiet, gingen Sedimentströme zunächst in ost- bis nordöstliche Richtung, wo sie sich dann aufspalteten. Die Hauptmasse der Sedimente gelangte über die Lothringen-Pfalz-Senke und die Hessische Senke, die auch einen Teil des

Abtragungsmaterials des Vindelizischen Massivs aufnahmen, in das Norddeutsche Becken. Untergeordnet wurde vom Ostrand des Rheinischen Massivs Detritus in die Hessische Senke verfrachtet. Während ein Nebenstrom nach Osten in Richtung Schwarzwald und weiter in den Raum nördlich des Vindelizischen Massivs verlief, erreichte ein zweiter über die Lothringen-Pfalz und die Luxemburg-Eifel-Senke, die Niederrhein-Senke sowie die Ems-Senke und damit das zentrale Becken. Diesem Sedimentstrom wurden auch Abtragungsprodukte der westlich der Eifel-Senke gelegenen Ardennen zugeführt. Das Niederrhein-Gebiet nahm zudem Material aus dem Südwestteil des Rheinischen Massivs auf. Das Böhmisches Massiv lieferte dagegen seine Abtragungsmassen in die Thüringische Senke und von dort in das zentrale Norddeutsche Becken (Hoppe 1972).

Im Vergleich zu den aus Süden angelieferten Sedimentmassen sind die aus nördlicher Richtung in das Norddeutsche Becken verfrachteten nur von untergeordneter Bedeutung. Die dort abgeteufte Tiefbohrungen zeigen, dass in den verschiedenen Formationen des Unteren, Mittleren und Oberen Buntsandstein die Korngrößen generell von Süd nach Nord kontinuierlich abnehmen. Zusätzliche Sandeinschüttungen von Norden sind nur an wenigen Stellen, so z. B. im nordöstlichen Vorpommern, und dann auch nur zeitlich begrenzt, nachzuweisen (Röhling 2013a dieser Band). Diese Sedimentschüttungen stammen jedoch nicht von der Ringköbing-Fünen-Schwelle bzw. den östlich daran angrenzenden Schwellengebieten wie dem Stevns-Block oder der Rügen-Schwelle (Abb. 3.2-1), sondern von den Abtragungsgebieten am Nordrand des (Norwegisch-)Dänischen bzw. des Mittelpolnischen Beckens. So zeigen die in den süddänischen Bohrungen angetroffenen Buntsandsteinprofile (vgl. auch Röhling 2013b dieser Band) eine für das zentrale Norddeutsche Becken charakteristische Ausbildung. Dies gilt nicht nur für die Südflanke der Ringköbing-Fünen-Schwelle, sondern auch für die bereits dem (Norwegisch-)Dänischen Buntsandsteinbecken, d. h. der dem Nördlichen Mitteleuropäischen Becken angehörende Nordflanke (vgl. auch Röhling 2013b dieser Band). Die vom Fennoskandischen Massiv in das Mitteleuropäische Becken geschütteten grobklastischen Sedimente verblieben weitgehend am Nordrand des Nördlichen Mitteleuropäischen Beckens (Skagerrak Formation, vgl. auch Röhling 2013b dieser Band). Mit Beginn der Detfurth-Formation verstärkte sich jedoch die Zufuhr klastischen Materials von Nordosten, so dass zeitweilig Sedimente über das Gebiet der heutigen Oderbucht in das relativ randnah gelegene nordöstliche Norddeutsche Becken gelangten (Röhling 2013a dieser Band). So wurde z. B. im Norden Vorpommerns in der tiefsten Detfurth-Formation eine nahezu ungegliederte Sandsteinfolge erböhrt. In Nordostdeutschland (Raum Rügen) und Polen setzte dann nach dem Umbruch

Hardeggen-/Solling-Formation (H-Diskordanz) erneut eine Sedimentation aus dem Norden ein. Wiederum gelangten im Raum Rügen bzw. durch die östlich daran angrenzende Senkungszone zeitweilig mächtigere Sandschüttungen bis nach Nordostvorpommern, z. T. sogar bis nach Nordostbrandenburg (Schüler 1980, Röhling 2013a dieser Band). Auch im Röt wurden auf Rügen zwei stellenweise mehrere Dekameter mächtige Sandsteinhorizonte nachgewiesen, deren distale Ausläufer bis Anklam reichen.

Bisher nicht eindeutig geklärt ist die Frage nach den – aufgrund des Fauneninhaltes – als marin gedeuteten Ingressionen im norddeutschen Buntsandstein, die zwar über weite Beckenareale festzustellen sind, insgesamt aber jeweils wohl nur eine kurzzeitige Bedeutung haben. Möglicherweise wurde in Zusammenhang mit den Riftingprozessen im Arktik-Nordatlantik die über den Viking-Graben bzw. den Zentral- und den Horn-Graben bereits im Zechstein existierende Verbindung zum Nordmeer (Skandik) zeitweilig reaktiviert (vgl. auch Kap. 3.2). Vom Tethysmeer im Süden gelangten zumindest im Oberen Buntsandstein marine Vorstöße über die Ostkarpaten-Pforte bis in das Norddeutsche Becken.

In der Subsidenzachse des Norddeutschen Beckens erreicht der Buntsandstein Mächtigkeiten von maximal etwa 1.200 m, während in den synsedimentär aktiven Grabenzonen (Zentral-, Horn-, Glückstadt-Graben) teilweise mehr als 4.000 m Buntsandstein abgelagert worden sind. In diesen tektonisch gesteuerten Subsidenzzentren wurden für die gesamte Trias teilweise Mächtigkeiten von mehr als 10.000 m (Abb. 3.4-2) reflexionsseismisch nachgewiesen (Kockel 1995). Auch während des nachfolgenden jüngeren Mesozoikum bildete das zentrale Norddeutsche Becken ein bedeutendes Subsidenzgebiet in Mitteleuropa. Kennzeichnend für diesen Faziesraum sind im Unteren und Mittleren Buntsandstein vorwiegend feinklastische, im Oberen Buntsandstein z. T. auch evaporitisch dominierte Schichtabfolgen.

Der Übergangsbereich zwischen dem zentralen Norddeutschen Becken (s. str.) und den südlich anschließenden Randbereichen gliedert sich in eine Reihe Südsüdwest-Nordnordost streichender und paläogeographisch bedeutsamer Schwellen- und Senkungszone (Röhling 1991a: Pl. 12), die nach neueren Untersuchungen ihrerseits z. T. intensiv in Teilschollen mit jeweils unterschiedlichem Bewegungsmuster differenziert sind. Von West nach Ost wurden folgende Strukturen nachgewiesen (Abb. 3.4-1 bzw. 3.4-2):

Niederländische Schwelle mit der **Borkum-Schwelle** als deren nördlichem Ausläufer,

Ems-Senke als nördliche Fortsetzung der **Niederrhein-Senke**,

Hunte-Schwelle als Sporn des Rheinischen Massivs mit den vorgelagerten paläogeographischen (Teil-)Ein-

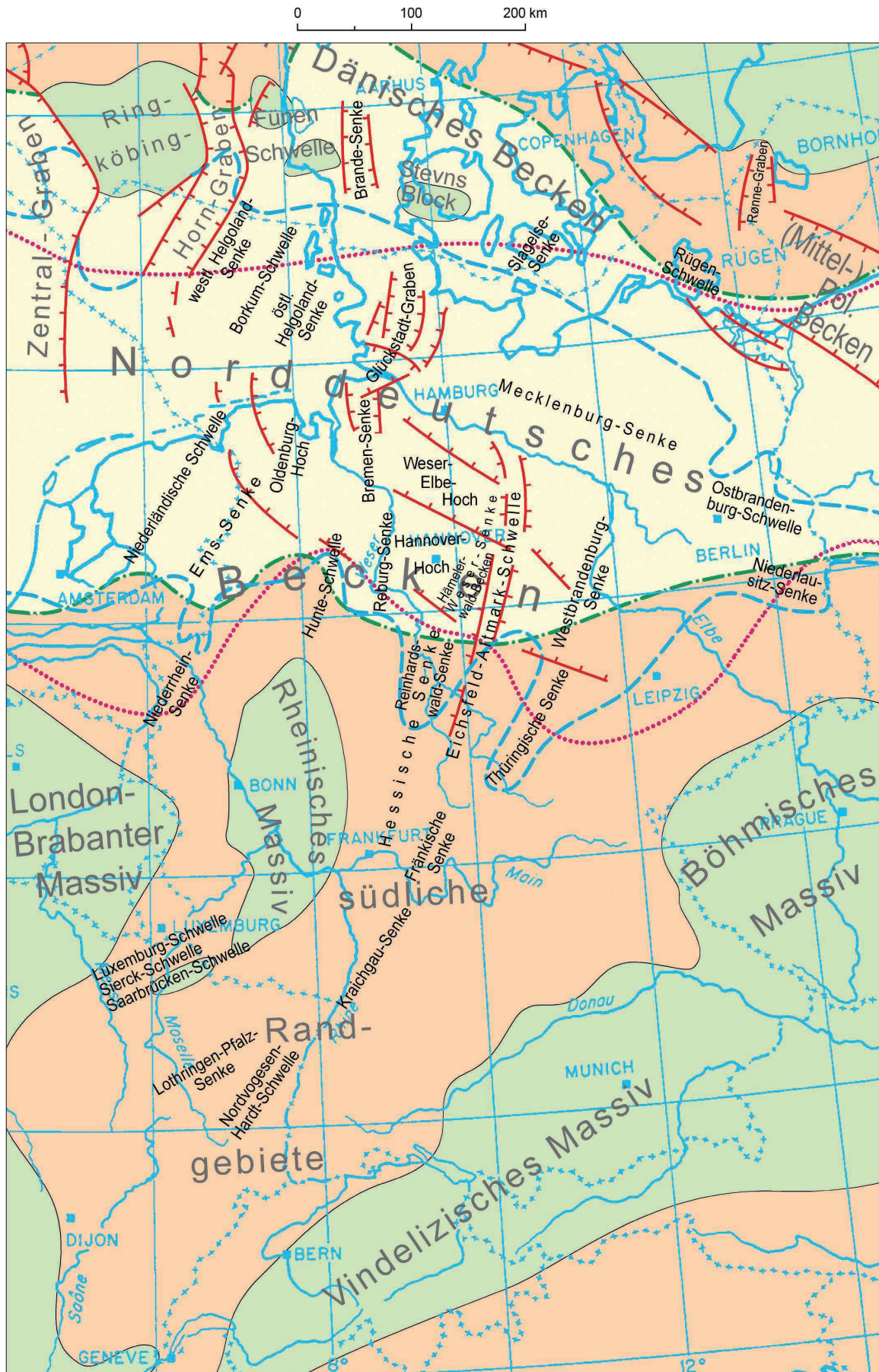
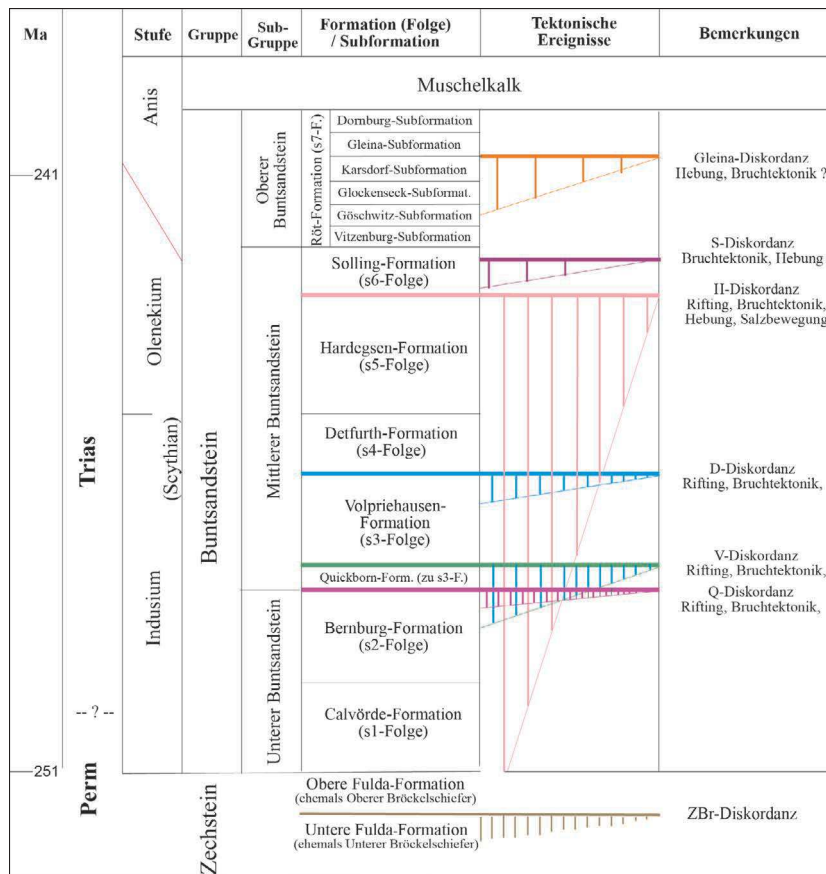


Abb. 3.4-1: Schematische paläogeographische Übersicht über das Norddeutsche Becken und die südlichen Randgebiete im Buntsandstein (veränderter Ausschnitt aus Abb. 3.2-1).



Tab. 3.3-1: Stratigraphische Gliederung des Buntsandstein in Deutschland mit der stratigraphischen Position der wichtigsten intra-buntsandsteinzeitlichen tektonischen Ereignisse sowie den damit verbundenen Erosionsdiskordanzen.

heiten **Weser-Elbe-Hoch, Oldenburg-Hoch, Hannover-Hoch, Bremen-Senke und Rehbürg-Senke, Hessische Senke** mit der im Streichen der Achse nach Norden anschließenden **Weser-Senke, Eichsfeld-Altmark-Schwelle, Thüringen-Westbrandenburg-Senke,** sowie die **Ostbrandenburg-Schwelle** und die **Niederlausitz-Senke.**

Diese Beckenkonfiguration ist teilweise bereits in der Salinarverbreitung des höheren Zechstein erkennbar (Best 1988). Die paläogeographischen Großstrukturen weisen z. T. extreme Mächtigkeitsunterschiede für die einzelnen Schichtglieder des Buntsandstein auf, wobei jedoch primäre Mächtigkeitsdifferenzierungen nur eine untergeordnete Rolle spielen. Diese betreffen zudem alle Untereinheiten gleichermaßen (vgl. auch Röhling 2013a dieser Band). So konnte gezeigt werden, dass die verschiedenen Kleinzyklen der Folgen des Unteren und Mittleren Buntsandstein auf den Schwellen maximal etwa 15% geringere Mächtigkeiten aufweisen als die entsprechenden Kleinzyklen in den angrenzenden Senkungszonen (Röhling 1986, 1991a). Weitergehende primäre Schichtreduktionen bis hin zu Schichtkonsolidationen oder

sogar Nichtablagerung konnten dagegen im Bereich der o. g. beckeninternen Schwellen bisher nirgends beobachtet werden (s. u.). Die Korrelationen zeigen, dass die in den Schwellengebieten erbohrten Schichtenfolgen des Buntsandstein zwar reduzierte Mächtigkeiten aufweisen, vor allem aber gegenüber den Bohrprofilen der angrenzenden Senkungszonen stratigraphisch unvollständiger sind. Ursache für die z. T. extremen Schichtausfälle bzw. -lücken der Schwellenprofile sind vor allem synsedimentäre Abtragungsprozesse vor und während des Mittleren Buntsandstein (vgl. auch Lepper et al. 2013 sowie Röhling 2013a, beide dieser Band). Sie werden durch ausgeprägte Diskordanzen dokumentiert, von denen die bedeutendste an der Basis der Solling-Formation liegt (H-Diskordanz, Trusheim 1961). Weitere tektonische Bewegungen fanden vor Beginn der Volpriehausen- und der Detfurth-Formation statt, ebenfalls verbunden mit Sedimentationsunterbrechungen und flächenhafter Abtragung (V-, D-Diskordanz). Diese Diskordanzen, insbesondere die H-Diskordanz, schneiden z. T. tief in die unterlagernden älteren Buntsandstein-Formation ein. Einen Hinweis dafür, dass die in den Schwellenzonen unterhalb der Diskordanzen fehlenden Schichtenfolgen auch dort zuvor vollständig abgelagert worden sind, geben Bohrungen, die im Bereich dieser Schwellen in Buntsandstein-zeitlich synsedimentär aktiven Grabenzonen komplette Schichtenfolgen angetroffen haben. Die einzelnen Erosionsdiskordanzen sind jedoch nicht nur auf die Beckenrandgebiete sowie die beckeninternen Hochlagen beschränkt, sondern lassen sich selbst in den becken tiefsten Arealen des Norddeutschen Beckens nachweisen (vgl. auch Röhling 2013 dieser Band).

onsunterbrechungen und flächenhafter Abtragung (V-, D-Diskordanz). Diese Diskordanzen, insbesondere die H-Diskordanz, schneiden z. T. tief in die unterlagernden älteren Buntsandstein-Formation ein. Einen Hinweis dafür, dass die in den Schwellenzonen unterhalb der Diskordanzen fehlenden Schichtenfolgen auch dort zuvor vollständig abgelagert worden sind, geben Bohrungen, die im Bereich dieser Schwellen in Buntsandstein-zeitlich synsedimentär aktiven Grabenzonen komplette Schichtenfolgen angetroffen haben. Die einzelnen Erosionsdiskordanzen sind jedoch nicht nur auf die Beckenrandgebiete sowie die beckeninternen Hochlagen beschränkt, sondern lassen sich selbst in den becken tiefsten Arealen des Norddeutschen Beckens nachweisen (vgl. auch Röhling 2013 dieser Band).

Die in Tab. 3.3-1 dargestellten Schraffuren unterhalb der jeweiligen Diskordanzen geben das maximale Ausmaß der synsedimentären Abtragung vor und während der Ausbildung der Diskordanzen an.

Zur Gliederung der Folgen in Unterfolgen siehe Kap. 4.

Neben tektonischen Bewegungen beeinflussten lokal auch erste Mobilisierungen von Zechsteinsalzen das paläogeographische Bild vor allem im höheren Mitt-

leren und Oberen Buntsandstein. Es kommt dabei zur Anlage erster kleinerer Salzkissen, die sich anhand eines etwas geringermächtigen Mittleren bzw. Oberen Buntsandstein erkennen lassen.

Dem stark gegliederten Südteil des Norddeutschen Beckens stehen im Norden (von West nach Ost) folgende Nordnordost-Südsüdwest bzw. Nord-Süd streichenden synsedimentär aktiven Großstrukturen gegenüber (vgl. auch Röhling 1991a: Fig. 12; Abb. 3.2-1 und 3.4-1):

Zentralgraben,

Schillgrund-Hoch und **Ost-Nordsee-Hoch** im Norden,

Horn-Graben,

Helgoland-Senke, durch die **Borkum-Schwelle** in eine westliche und eine östliche Teilsenke untergliedert,

Glückstadt-Graben und **Bremen-Senke** als südliche Fortsetzung,

Mecklenburg-Senke (= bisher **Holstein-Westmecklenburg-Senke**), an die im Osten die

Ostbrandenburg-Schwelle anschließt.

Den Beckennordrand bildet, wie bereits erwähnt, eine langgestreckte Schwellenzone, die aus der westlichen Nordsee kommend aus folgenden Einzel-Schwellen (von West nach Ost) besteht:

Mid Northsea High – Ringköbing-Fünen-Schwelle,
Stevns-Block,

Rügen-Schwelle.

Unterbrochen werden diese Schwellen von Grabenstrukturen bzw. Senkungszone, wie dem

Zentral-Graben und dem

Horn-Graben, der

Brande-Senke (bzw. –**Graben**) und der

Slagelse-Senke.

Überregionale Untersuchungen (Röhling 1991a, b, Kockel 1995, Geluk & Röhling 1997, 1999) zeigen, dass diese klassische Großgliederung des Norddeutschen Beckens in Schwellen und Senken bestätigt werden kann, dass aber zusätzlich hierzu weitere, untergeordnete, synsedimentär wirksame Strukturelemente wie Horst- und Grabenzonen auftreten, die das paläogeographische Muster differenzieren (s. a. Röhling 2013a dieser Band).

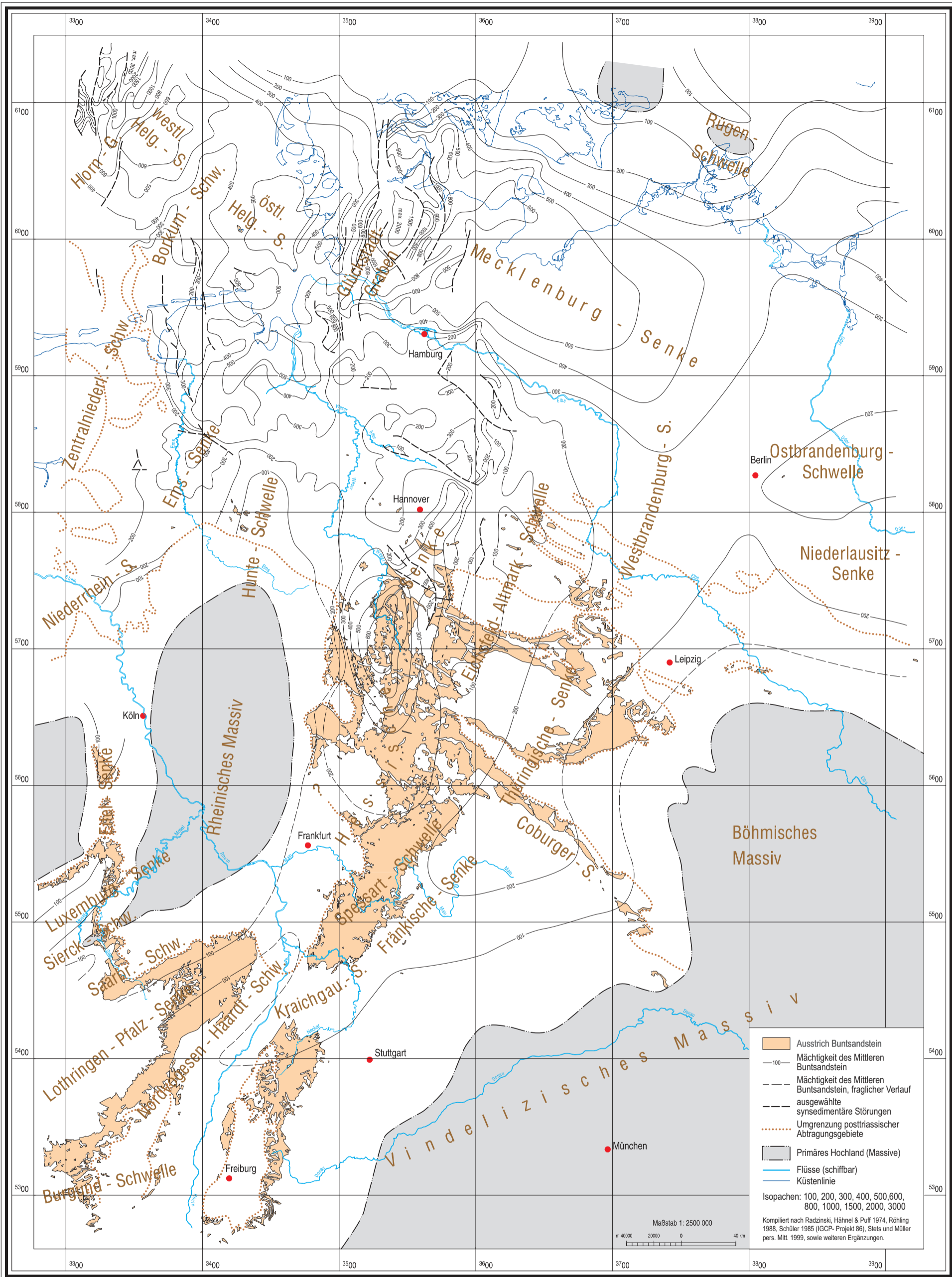
3.5. Polnische Buntsandsteingebiete

Das Südliche und Nördliche Mitteleuropäische Becken setzten sich über das Norddeutsche Becken bzw. das Norwegisch-Dänische Becken weiter ostwärts in Polen fort. Der zwischen Fennoskandischem Massiv im Norden und dem Małopolska-Lublin-Massiv (= Präkarpathisches Massiv; vgl. auch Abb. 3.5-1), dem östlichsten Teilbereich des Vindelizisch-Böhmischen Massivs, gelegene Teil des Mitteleuropäischen Beckens wird vor allem vom Mittelpolnischen Becken (auch Zentralpolnische Senke, Bruzda Srodkowopolska, s. a. Szyperko-Teller & Moryc 1988: Abb. 6, Dadlez et al. 1998) geprägt. Diese Nordwest-Südost gerichtete Subsidenzachse quert Polen mit deutlich erhöhten Buntsandsteinmächtigkeiten (vgl. auch Abb. 3.5-1).

Die Nordwest-Südost verlaufende Erstreckung von annähernd 500 km Länge – bei einer Breite von lediglich 50 bis 75 km – sowie die hohe Subsidenzrate bzw. Sedimentakkumulation weisen auf eine unmittelbare Bindung des Mittelpolnischen Beckens an den tektonisch geprägten Südwestrand des Baltisch-Russischen Massivs (Osteuropäisches Massiv) bzw. an die Trans-European Suture Zone (nachfolgend TESZ) hin. Die nördliche Begrenzung der TESZ und auch des Mittelpolnischen Beckens folgt dem Tornquist-Tesseyre-Störungssystem (nachfolgend TTZ) (Stephenson et al. 2003, Dadlez 2003, 1997, Dadlez et al. 1995). Ursache der erhöhten Subsidenz des Mittelpolnischen Beckens ist eine Kombination von trans-tensionalem Stress entlang des Südwestrandes des Osteuropäischen Kratons und Abkühlung der Unterkruste (Dadlez et al. 1995, van Wees et al. 2000). Nach Nordwesten setzt sich das Mittelpolnische Becken über den Storebaelt in das ebenfalls langgestreckte und übertiefte (Norwegisch-) Dänische Becken fort, das ebenfalls eine Bindung an die TESZ aufweist. Im Südosten ist das Mittelpolnische Becken über das Gebiet des Heiligkreuz-Gebirges in die Ostkarpathen-Dobrudsha-Senke (Ostkarpathen-Pforte) weiter zu verfolgen, über die zumindest zeitweise eine Verbindung zur Tethys bestand.

Der Buntsandstein erreicht im Mittelpolnischen Becken nach Bohrungen und reflexionsseismischen Ergebnissen Mächtigkeiten von etwa 1.400 bis 2.100 m, davon mehr als 900 m allein für den Mittleren Buntsandstein (Dadlez 2003). Anhand der Mächtigkeitsverteilung lassen sich innerhalb des Beckens drei Subsidenzzentren erkennen, in denen der Buntsandstein bis zu 1.800 m, z. T. auch bis zu 2100 m mächtig werden kann. Auf den angrenzenden Hochlagen sind die Mächtig-

Abb. 3.4-2: Isopachenkarte des Mittleren Buntsandstein im deutschen Anteil des Germanischen Buntsandstein-Beckens (Stand 2000; Entwurf: M. Dettmer & J. Lepper unter Verwendung folgender Quellen: Radzinski et al. 1974, Schüler in IGCP-Projekt 86 = Bertelsen et al. 1986, Röhling 1988, u. a., sowie pers. Mtt. von Müller, Stets u. a.). Aus Gründen der Übersichtlichkeit und um die Senkungsgebiete gegenüber den Paläohochs in diesem Übersichtsmaßstab deutlich werden zu lassen, wurde in dieser Abbildung auf die detaillierte Darstellung von seismisch nachgewiesenen, synsedimentär aktiven Störungszonen (Röhling 1988) verzichtet; siehe hierzu Abb. 3.2-1); (n. B.: die Rotliegend-Senkens und -Schwellen Südwestdeutschlands (insbesondere die Oberrheinische Hauptschwelle zwischen Freudenstadt-Schramberg) sind in der Isopachendarstellung nicht mit dargestellt!)



keiten dagegen erheblich geringer. Nordöstlich des Mittelpolnischen Beckens werden maximal Mächtigkeiten von etwa 400 bis 600 m erreicht. Ähnliche Werte wurden auch im Südwesten, im Bereich der „Gorzów-Terrasse“, nachgewiesen, während weiter südöstlich auf der „Konin-Terrasse“ etwa 700 bis 900 m erreicht werden (Dadlez 2003).

Sowohl das Mittelpolnische Becken als auch das Dänische (Teil-)Becken weisen – wie bereits erwähnt – eine enge strukturelle Bindung an die TESZ auf. Nicht nur diese paläogeographische Position, sondern auch die dem Dänischen (Teil-)Becken ähnliche lithofazielle Entwicklung des Buntsandstein sprechen für eine Zuordnung des Mittelpolnischen Beckens zum Nördlichen Mitteleuropäischen Becken. Als Grenze zwischen Nördlichem und Südlichem Mitteleuropäischen Becken ist hier der Südrand des Mittelpolnischen Beckens anzusehen, der der südlichen Randstörung der TESZ (Stephenson et al. 2003) folgt. In älteren Kartendarstellungen, z. B. im Rahmen des IGCP-Projektes 86 (Koordinator F. Schüler; vgl. auch Bertelsen et al. 1986), wurde dagegen diese Grenze am Ronne-Graben deutlich nach Norden versetzt und das Mittelpolnische Becken dem Südlichen Mitteleuropäischen Becken zugeschlagen. Nach den heutigen Erkenntnissen findet das Norddeutsche Becken und damit das Südliche Mitteleuropäische Becken seine Fortsetzung in den südwestpolnischen Buntsandsteingebieten. Hierfür spricht neben der Lithologie und der Fazies (vgl. auch Puff & Radzinski 2013 dieser Band) auch der gleichartige strukturelle Aufbau dieses Teilbeckens.

Die Sedimentanlieferung für die südwestlich des Mittelpolnischen Beckens gelegenen Buntsandsteingebiete erfolgte vorwiegend aus südlicher Richtung, d. h. von den Hochgebieten des Präkarpathischen Massivs und den Sudeten als Teil des Böhmisches Massivs. Über den weniger herausgehobenen Teil um Krakau, in Verlängerung des Mittelpolnischen Beckens, bestand über die Kraków-Tarnów-Senke vermutlich eine Verbindung mit der tethyalen Untertrias. Diese etwa dreieckig angelegte, flach nach Süden abtauchende Senke entwickelte sich im tieferen Buntsandstein am

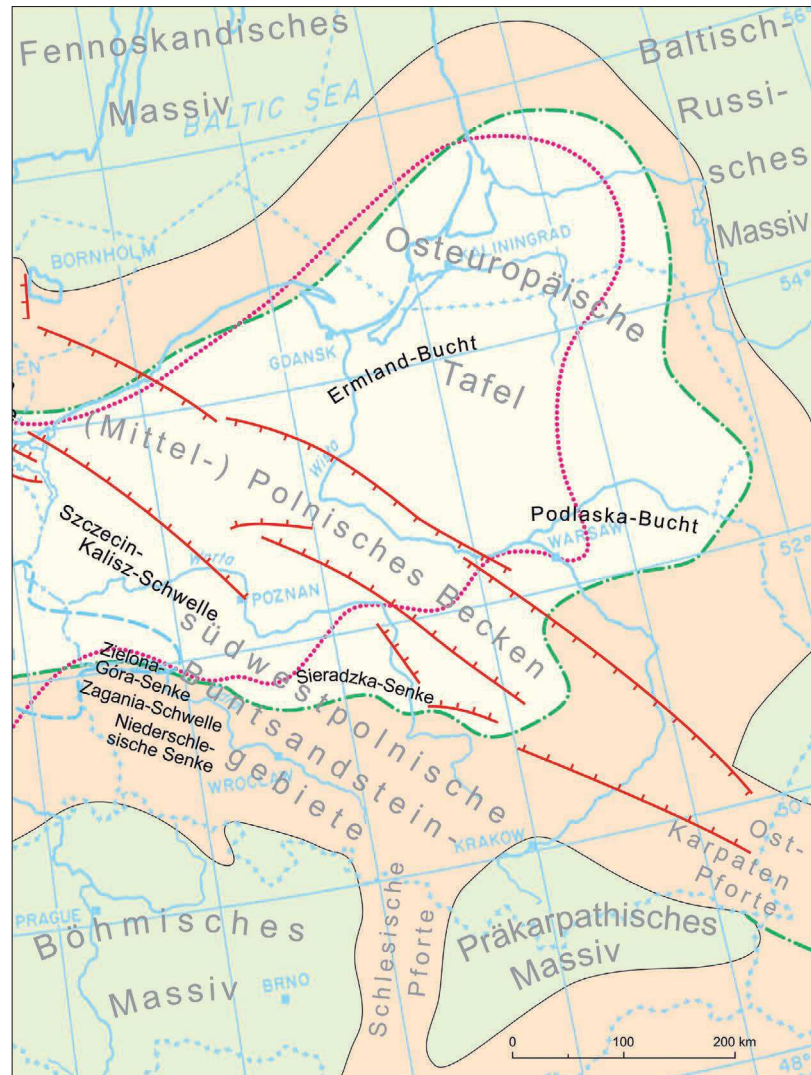


Abb. 3.5-1: Schematische paläogeographische Übersicht über den polnischen Teil des Buntsandsteinbeckens (Bildausschnitt aus Abb. 3.2-1).

Südhang des Małopolska-Lublin-Massivs. Im Gegensatz zum nördlichen Beckenteil, das z. B. im Unteren Buntsandstein wie im Norddeutschen Becken durch feinklastisch-oolithische Abfolgen (Baltyk Formation) gekennzeichnet ist, dominieren hier zur gleichen Zeit grobkörnige, fluviatile Sedimente (Szyperko-Teller & Moryc 1988). Diese Unterschiede bleiben auch im Mittleren Buntsandstein weitestgehend bestehen. Während sich in Nordwest-Polen die feinklastisch-oolithische Entwicklung fortsetzt, werden im äußersten Norden progradierende, deltaische und fluviatile Sande (Drwasko Sandstein, Szyperko-Teller 1982) von Norden bzw. Nordosten, vor allem vom Fennoskandischen Massiv, in das Becken geschüttet.

Im höheren Mittleren Buntsandstein (Solling-Formation) sowie im Oberen Buntsandstein gelangten auch Sedimente nördlicher Provenienz relativ weit nach Süden bis in den Nordwesten der Südwestpolnischen Buntsandsteingebiete, bis an die Untere Warthe und das Oderknie (vgl. auch Röhlings 2013a dieser Band).



Abb. 3.5-2: Aufgelassener Steinbruch Zachelmie (Heiligkreuz-Gebirge). Links: diskordante Auflagerung von vorwiegend rötlichen und braunen Konglomeraten, Sand- und Tonsteinen des untersten Buntsandstein auf Dolomite des Devon (für weitere Details siehe Kuleta et al. 2007a). Rechts: Detailaufnahme aus dem Buntsandstein (Fotos: H.-G. Röhling).

Auch der polnische Teil (Abb. 3.1-1 und 3.5-1) des Südlichen Mitteleuropäischen Beckens (d. h. die südwestpolnischen Buntsandsteingebiete) ist durch eine intensive paläogeographische Strukturierung charakterisiert (s. a. Szyperko-Teller & Moryc 1988: Abb. 6). Hier dominieren jedoch nicht wie in den westlich anschließenden Teilbecken (z. B. Norddeutsches Becken) die Südsüdwest-Nordnordost-gerichteten Querelemente, sondern Nordwest-Südost-gerichtete Schwellen- und Senkungszonen. Anhand der Mächtigkeitsverteilung lässt sich u. a. die Szczecin-Kalisz-Schwelle (Wyniesienie Szczecinsko-Kaliskie) erkennen, die die östliche Verlängerung der Ostbrandenburg-Schwelle darstellt. Südlich davon liegen die Grünberg- bzw. Zielona Góra-Senke (Bruzda Zielonogorska) und die Niederschlesien-Senke (Bruzda Dolnoślaska), die durch die ebenfalls Nordwest-Südost streichende Sagan-Schwelle (Garb Zagania) voneinander getrennt werden. Die Niederschlesische Senke bildet dabei die östliche Fortsetzung der Niederlausitz-Senke (Abb. 3.4-1). Weiter im Osten befindet sich die Sieradzka-Senke. Während in den genannten Senkungszonen der Mittlere Buntsandstein maximal etwa 250 m mächtig wird, erreicht er auf den Schwellen lediglich etwa 150 m. Zusätzlich zu der dominierenden Nordwest-Südost Richtung ist jedoch auch hier noch eine Südsüdwest-Nordnordost gerichtete Quergliederung erkennbar. Hierfür sprechen z. B.

Änderungen im Verlauf der Isopachen (u. a. Szyperko-Teller & Moryc 1988: Abb. 6, Dadlez et al. 1998).

Nordöstlich der Polnischen Senke folgt die weite Verebnungsfläche der Osteuropäischen Tafel (Abb. 3.1-1 und 3.5-1). Diese vorgelagerte Westabdachung des Baltisch-Russischen Massivs wird von geringmächtigen, vorwiegend feinklastischen Sedimenten geprägt und reicht mit ihren östlichen (östlich Warschau) Ausbuchtungen – der Ermland-Bucht (Zatoka Warminska) und der Podlaska-Bucht (Zatoka Podlaska) – weit nach Nordosten bzw. Osten auf die Osteuropäische Tafel (vgl. auch Abb. 3.5-1). Die Podlaska-Bucht als auch die Ermland-Bucht weisen geringe Subsidenz- bzw. Akkumulationsraten für den Buntsandstein auf (sm: max. 250 m). Die Podlaska-Bucht vermittelt zu der etwa 250 km weiter östlich einsetzenden Pripjat-Senke. Liefergebiete der in diesem Sedimentationsraum abgelagerten Gesteine sind die im Osten bzw. Nordosten gelegenen Grundgebirgsvorkommen des Baltisch-Russischen Massivs.

3.6 Südliche Randgebiete

Die an das zentrale Norddeutsche Becken nach Süden anschließenden Randgebiete werden in der südlichen Peripherie von Hochgebieten eingerahmt, die auch Liefergebiete des siliziklastischen Materials sind. Es

sind dies im Einzelnen im Südosten und Osten der Komplex des Vindelizisch-Böhmischen Massivs, im Südwesten und Westen das Ardennisch-Gallische Massiv, das einen Block mit dem Zentralmassiv und dem London-Brabanter Massiv bildete (Abb. 3.2-1 und 3.4-2). Schüttungsrichtungen (u. a. Brinkmann 1926, 1933, Sindowski 1957, Wunderlich 1957, Füchtbauer 1967, s. a. Kap. 3.4) und Anordnung der Mächtigkeitslinien (Abb. 3.4-2) zeigen, dass der Sedimenttransport überwiegend in nördliche Richtungen, also zum Zentrum des Mitteleuropäischen Beckens (Norddeutsches Becken) hin erfolgte (Radzinski et al. 1974, Schüler 1985, Röhling 1988).

Diese Randgebiete sind damit ein Übergangsbereich zwischen den umgebenden, primär Buntsandstein-freien Hoch- bzw. Liefergebieten und dem zentralen Becken. Die Hauptanlieferung der Sedimentfracht aus dem Südwesten wurde durch zwei beckeninterne Paläostrukturen in drei Hauptsedimentströme gesplittet (Abb. 3.4-2):

Die Hauptsedimentfracht nahm die von der langgestreckten Schwellenzone bestehend aus der Nordvogesen-Haardt-, der Spessart- und der Eichsfeld-Altmark-Schwelle einerseits und dem Rheinischen Massiv mit nördlich vorgelagerter Hunte-Schwelle andererseits eingefasste **Lothringen-Pfalz-Senke** mit der nördlich anschließenden **Hessische Senke** auf. Ihr lokales Depozentrum, der sog. Reinhardswald-Trog, ist durch eine im Mächtigkeitsbild deutlich hervortretende Subsidenz gekennzeichnet, die zusätzlich durch mehrere Erosionsdiskordanzen akzentuiert wird. In der Achse der Hessischen Senke als Sedimentfalle angelegt, hat der Reinhardswald-Senke im Zuge seiner Sedimentations-kompensierten Subsidenz einen nicht unerheblichen Anteil der angelieferten Sedimentfracht eingefangen. Weiter nach Süden ist der Verlauf der Subsidenzachse der Hessischen Senke zunächst vom Vogelsberg-Basalt und weiter im Südwesten vom Tertiär im Oberrhein-Graben verdeckt bzw. abgetragen und damit nicht im Detail nachzuzeichnen. Erst auf der westlichen Grabenschulter des Oberrhein-Grabens lässt sich die Fortsetzung der Hessischen Senke als Lothringen-Pfalz-Senke im Pfälzer Wald weiter nach Südwesten verfolgen. Vergleichsweise relativ vollständige Schichtenfolgen und ausgedehnte Mächtigkeitsmaxima kennzeichnen hier die über Pirmasens bis nach Raon l'Etape in Frankreich zu verfolgende Subsidenzachse (Abb. 3.4-2). Die Südostflanke der tektonischen Pfälzer Mulde und in deren südwestlichen



Abb. 3.5-3: Rote, feinkörnige Sandsteine der Tumlin-Schichten in einem aktiven Werksteinbruch am östlichen Hang des Grodowa Berges (Góra Grodowa), ca. 1,5 km nördlich von Tumlin und etwa 11 km nördlich von Kielce im Heilig-Kreuz-Gebirge (Foto: Joachim Szulc, Krakau). Im Steinbruch aufgeschlossen sind Dünen- und Zwischendünensedimente. Die Tumlin-Schichten werden in den höheren Unteren Buntsandstein eingeordnet, da sie von den *Gervilleia*-Schichten (s. a. Kuleta et al. 2007b) überlagert werden.

Verlängerung die Buntsandstein-Verbreitungsgebiete an der Westabdachung der Nordvogesen repräsentieren den südöstlichen Flankenbereich dieser paläogeographischen Großstruktur.

Die von der Spessart- und der Eichsfeld-Altmark-Schwelle im Westen sowie dem Böhmischen Massiv im Osten eingefasste **Thüringen-Westbrandenburg-Senke** lässt sich nach Südwesten über die **Fränkische** in die **Kraichgau-Senke** weiterverfolgen (Abb. 3.4-2; Leiber & Bock 2013 sowie Freudenberger et al. 2013, beide dieser Band). Im Gegensatz zur Hessischen Senke hat diese langgestreckte Senkenstruktur zwar kein subsidenzgesteuertes, diskretes Depozentrum, andererseits zeichnen aber die Konturen der Südgrenze der Ooid-Verbreitung im Unteren Buntsandstein und insbesondere die Halit-Verbreitungsgrenze im Oberen Buntsandstein (Abb. 3.2-1) den distalen Bereich dieser Senkenstruktur deutlich nach. Mit der Bohrung Mellrichstadt wurde in der Senkenachse eine ausgeprägte Buntsandstein-Gesamtmächtigkeit von ca. 665 m (ohne Bröckelschiefer-Folge) festgestellt (vgl. Freudenberger et al. 2013 dieser Band). Der Verlauf der 200-m-Isopache des Mittleren Buntsandstein zeigt jedoch andererseits, dass die Wirksamkeit der Eichsfeld-Altmark-Schwelle hinsichtlich der Mächtigkeitsverteilung hier deutlich abgenommen hat (Abb. 3.4-2). Ein weiteres Depozentrum liegt südwestlich Halle/Saale mit 725 m Buntsandstein, davon 275 m Mittlerer Buntsandstein, ein Wert, der erst wieder viel

weiter nordnordöstlich in Nordwest-Brandenburg erreicht wird (Puff & Radzinski 1976a).

Im Gegensatz zur Hessischen Senke ist für die **Thüringische Senke** anhand der deutlich weiter nach Süden, bis an den Main vorgehenden 200-m-Isopache des Mittleren Buntsandstein eine weit nach Süden reichende ausgeprägte synsedimentäre Subsidenz nachzuweisen. Nachdem auch die Halit-Verbreitungsgrenze im Oberen Buntsandstein in diesem Raum etwa diesem Verlauf der 200 m-Isopache des Mittleren Buntsandstein folgt (Abb. 3.2-1 und Abb. 3.4-2), wird an diesen beiden Linien der im Vergleich zur Hessischen Senke weiter nach Süden reichende paläogeographische Einfluß der Thüringischen Senke deutlich. Deren südwestliche Fortsetzung lässt sich über die Fränkische Senke weiter in die Kraichgau-Senke verfolgen. Anders als die Hessische Senke ist die Thüringische Senke in sich jedoch weniger deutlich gegliedert. Das paläogeographische Bild der Thüringischen Senke wird in ihrem südlichen Teil durch die am Westrand des Böhmisches Massivs nach Südosten abzweigende, im Unteren und Mittleren Buntsandstein synsedimentär aktive Fränkische Linie modifiziert. Die den Schollenrand begleitenden Schuttflächen von Geröllsandsteinen sind dafür ein Charakteristikum (Freudenberger et al. 2013 dieser Band).

Der zwischen Hessischer und Lothringen-Pfalz-Senke im Westen und Thüringen-Westbrandenburg-Senke und Kraichgau-Senke im Osten in +/- SW-NE Richtung verlaufende, langgestreckte Strukturzug der Nordvogesen-Haardt – Spessart-Rhön und Eichsfeld-Altmark-Schwelle bestimmt in Verbindung mit den

beiden begleitenden Senkenstrukturen maßgeblich das Sedimentationsgeschehen (mit Fazies- und Mächtigkeitsverteilung) in diesen Übergangsbereichen des Ablagerungsraumes zwischen Norddeutschem Becken und süddeutscher Randfazies (Abb. 3.4-2). Im Bild der Gesamtmächtigkeiten des Buntsandstein fügt sich in der südsüdwestlichen Verlängerung der Hessischen Senke, die Rhön-Schwelle im Westen flankierend, die Sinn-Senke ein (Freudenberger et al. 2013 dieser Band: Abb. 8.9-1).

Die in den Konturen der randnahen Isopachen zwischen Oberrhein-Graben und Böhmisches Massiv angedeuteten SE-NW-Strukturen (z.B. „Gammesfelder Barre“, „Windsheimer Bucht“, „Nürnberg-Landshuter Schwelle“) basieren auf Informationen von wenigen, weitständigen Bohrungen in schlecht gliederbarer Randfazies der Trias (vgl. Leiber & Bock 2013 und Freudenberger et al. 2013, beide dieser Band).

Der Ausstrich des Buntsandstein zwischen Kraichgau-Senke und Südrand des Schwarzwaldes erlaubt die Konstruktion eines Profilschnittes (Lepper et al. 2013 dieser Band: Abb. 4.4-3), der – sich von der Senkenachse zunehmend entfernend – spitzwinklig zu den Südwest-Nordost gerichteten paläogeographischen Strukturen verläuft. Nachdem die Gesamtmächtigkeit des Buntsandstein in der Kraichgau-Senke noch annähernd 500 m erreicht, nimmt diese rasch über den Schwarzwald nach Süden hin ab (Leiber & Bock 2013 dieser Band). Im südwestdeutschen Randbereich des Buntsandstein-Ablagerungsraumes zeigt die neueste Darstellung der Buntsandstein-Primärmächtigkeiten

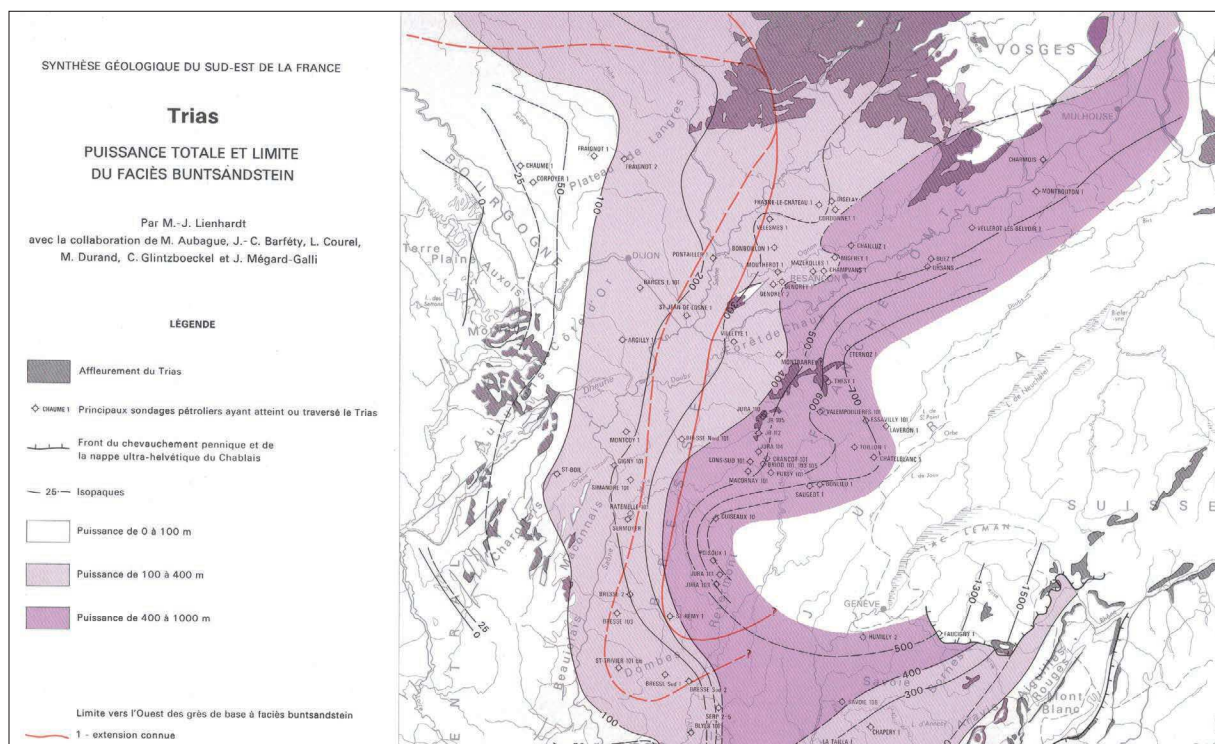


Abb. 3.6-1: Die Trias in Südostfrankreich (Courel 1984: T3, Ausschnitt).

von Rupf & Nitsch (2008: Abb. 21) im Detail auch deutlich in rheinischer Richtung gegliederte Randmächtigkeiten (Badische Senke, Burgundisches Becken, Sissacher Schwelle, Westschwäbische Senke und Spaichinger Schwelle). Unter diesen Elementen kommt der Verlängerung des Burgundischen Beckens zwischen dem Gallischen Massiv mit der Burgundischen Schwelle im Westen und dem Vindelizischen Massiv im Osten eine besondere Bedeutung zu: Anhand zahlreicher Bohrungen lässt sich die Buntsandstein-Fazies zusammenhängend von den Vogesen in südsüdwestlicher Richtung über Besancon noch etwa bis in das Gebiet von Bourg-en-Bresse verfolgen (Courel 1984: T3; Abb. 3.6-1; vgl auch Durand 2013 dieser Band). Dieser schmale, schlauchförmige Ablagerungsraum mag als Vorläuferstruktur der Muschelkalk-zeitlichen Burgundischen Pforte gesehen werden.

Zumindest die älteren Abschnitte des Buntsandstein wurden im Südschwarzwald, der zu dieser Zeit wohl Abtragungsgebiet war, nicht abgelagert. Im rechtsrheinischen höheren Mittleren Buntsandstein greift schließlich das Hauptkonglomerat (Hardeggen-Formation) über den kristallinen Sockel der permokarbonen Oberrheinischen Hauptschwelle, die die Rheinische Hauptschwelle und Zentralschwarzwald-Schwelle umfasst, nach Süden vor (Lepper et al. 2013 dieser Band: Abb. 4.4-3). Mit den Ablagerungen der Hardeggen-Formation wurde damit das bisherige Abtragungsgebiet auch im südlichen Schwarzwald in den Sedimentationsraum mit einbezogen. Das generelle Bild einer relativ gleichmäßigen Mächtigkeitsabnahme nach Süden und das Übergreifen des Hauptkonglomerat auf den präbuntsandsteinzeitlichen Sockel der Rotliegend-zeitlichen Südschwarzwald-Schwelle einem Parallel-Element zum Vindelizischen Massiv, wird von Ortlam (1971, 1974) allerdings wesentlich differenzierter dargestellt, indem sich insbesondere die Rotliegend-“Tröge“ des Schwarzwaldes und die diese begrenzenden Schwellenzüge (Oberrheinische Schwelle, Nordschwarzwälder Schwelle) bis in das Mächtigkeitsverteilungsmuster des höheren Mittleren und Oberen Buntsandstein hinein durchpausen sollen (vgl. hierzu jedoch Leiber & Bock 2013 dieser Band). Abgesehen von lokalen, flachgründigen erosiven Kappungen der Paläoböden im Scheitelbereich von Paläoschwellen wurden jedoch gerade in diesem randlichen Bereich des rechtsrheinischen Ablagerungsraumes (vgl. dazu jedoch Durand 2013 dieser Band) bislang keine tiefgreifenden Erosionsdiskordanzen, die z. B. der H-Diskordanz entsprechen könnten, festgestellt.

Linksrheinisch trennt die Sierck-Schwelle die Lothringen-Pfalz-Senke von der zwischen Trier und Bitburg rheinisch einschwenkende Eifel-Senke (Eifeler Nord-Süd-Zone) mit ihren Buntsandsteinvorkommen bei Saarburg, Trier, Bitburg, Oberbettingen, Stadtkyll und



Abb. 3.6-2: Teufelstisch – markante Erosionsform in den Rehberg-Schichten, im Sattel zum Handschuhkopf: Grenze Trifels-/Rehberg-Schichten (s. a. Dachroth 2013 dieser Band) (Foto: F. Häfner)

Mechernich. Mit den im linksrheinischen Mittleren Buntsandstein, zwischen der H-Diskordanz und den Unteren Zwischenschichten, einsetzenden paläotektonischen Bewegungen fand eine paläogeographisch bedeutende Umstrukturierung dieses Raumes statt (vgl. auch Dachroth 2013 sowie Durand 2013, beide dieser Band). Mit dem Beginn der Einsenkung des Pariser Beckens im jüngeren Buntsandstein sank auch das ehemalige Festland westlich der Luxemburg-Eifel-Senke synsedimentär ab. Im Zuge dieser westwärtigen Verlagerung des Ablagerungsraumes steht dem Zurückweichen der Verbreitung einzelner Schichtglieder (off-lapping) im Oberen Buntsandstein im Osten ein transgressives Übergreifen (on-lapping) dieser Schichten im Westen gegenüber (Bock et al. 2001).

Während eine große Menge der Abtragungsmassen des komplexen Hochgebietes im Westen durch die Lothringen-Pfalz – Hessische Senke transportiert wurde, konnte die in der SSW-NNE verlaufenden Achsen-Depression des Rhenoherynikums angelegte Luxemburg-Eifel-Senke nur einen vergleichsweise geringen Anteil der herangeführten Sedimentmassen nach Norden kanalisieren (Stets 2013 dieser Band). Nachdem die Quarzitschwelle von Mettlach-Sierck (Sierck-



Abb. 3.6-3: Aufschluss in der Wutachschlucht bei der Schatzenmühle: Paläobodenhorizont im Buntsandstein; vgl. Simon et al. 2009 (Foto: H. Bock, LGRB).

Schwelle) als paläogeographisches Element zwischen einem lothringischen und einem Eifeler Abschnitt dieser Senkungsstruktur erst im Verlauf des Mittleren und Oberen Buntsandstein in ihrem zentralen Abschnitt endgültig sogar erst im Mittleren Muschelkalk überwunden wurde, lenkte diese Senkenstruktur einen nicht unerheblichen Teil der Sedimentanlieferung, die aus dem Südwesten herangeführt wurde, bereits westlich des Rheinischen Massivs vorbei nach Norden ab, so dass schließlich im jüngeren Buntsandstein die Hauptmasse der von den umgebenden Hochlagen angelieferten Sedimente auch auf diesem Wege das Norddeutsche Becken erreichte.

Der Erosiondiskordanz (Lothringen-Diskordanz; vgl. hierzu auch Stets 2013, Dachroth 2013 sowie Müller 2013, alle dieser Band) im Liegenden der Basis der Zwischenschichten (Oberer

Buntsandstein) folgend akzentuiert ein Paläoboden (VG 1 Müller 1954, VGZ) den Faziesumschwung und den Sedimentationshiatus zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein. Während dieser Paläoboden in den Kerngebieten der Lothringen-Pfalz-Senke bei hier weitgehend vollständiger Entwicklung der Schichtenfolge am Top des Hauptkonglomerat oder höherer Schichten liegt (vgl. Dachroth 2013 dieser Band), kann dieser an der Nordwestflanke der Pfalz-Senke (z. B. im Saarland) erosionsbedingt auch tiefere Schichteinheiten (bis hinunter zu den Oberen Karls-tal-Schichten) überprägen. Andererseits kann diese linksrheinisch weit verbreitete Violette Grenzzone (VG1 Müller 1954) im Scheitelpbereich synsedimentär aktiver Schwellen vor Ablagerung der Zwischenschichten auch wieder abgetragen worden sein (vgl. Schwarzwald: Ortlam 1967 sowie Leiber & Bock 2013 dieser Band). Resedimentierte Umlagerungsprodukte derartig abgetragener Paläoböden finden sich z. T. als Dolomitbröckelbänke insbesondere in synsedimentär aktiven Paläosenken, aber auch als sedimentäre Violette Zone(n) (VZ sensu Krämer & Kunz 1969).

Schriftenverzeichnis

- Ager, D.V. (1970): The Triassic system in Britain and its stratigraphical nomenclature. – Quart. J. geol. Soc. London, 126: 3-17; London.
- Aigner, T. & Bachmann, G. H. (1992): Sequence-stratigraphic framework of the German Triassic. – Sedim. Geol., 80: 115-135; Amsterdam.
- Audley-Charles, M.G. (1970a): Stratigraphical correlation of the Triassic of the British Isles. – Quart. J. geol. Soc. London, 126: 19-47; London.
- Audley-Charles, M.G. (1970b): Triassic palaeogeography of the British Isles. – Quart. J. geol. Soc. London, 126: 49-89; London.

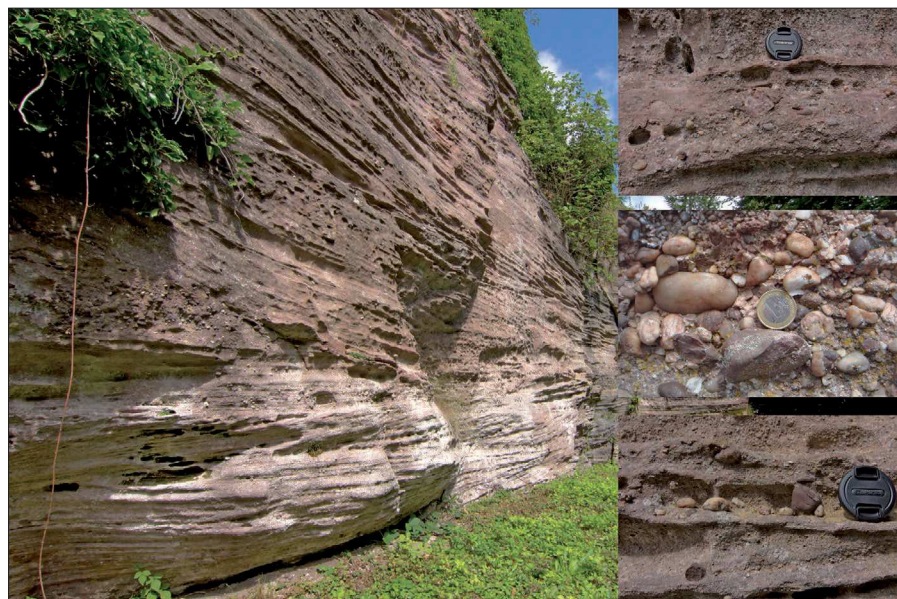


Abb. 3.6-4: Poudingue de Sainte-Odile (Conglomerat principal, vgl. Durand 2013 dieser Band) am Ottilienberg (Mont Ste. Odile) bei Barr (Fotos: H.-G. Röhling; mittleres Foto rechts: W. Dachroth).

- Bachmann, G.-H. & Grosse, S. (1989): Struktur und Entstehung des Norddeutschen Beckens – geologische und geophysikalische Interpretation einer verbesserten Bouguer-Schwerekarte. – Nds. Akad. Geowiss., Veröff., 2: 23-47; Hannover.
- Bachmann, G.-H. & Hoffmann, N. (1995): Paläotektonik. Bildung und Entwicklung des Norddeutschen Beckens. – In: Plein, E. (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland I – Norddeutsches Rotliegendbecken. – Rotliegend-Monographie Teil II. – Courier-Forsch.-Inst. Senckenberg, 183: 159-169; Frankfurt a. M.
- Bachmann, G.-H., Geluk, M.C., Warrington, G., Becker-Roman, A., Beutler, G., Hagdorn, H., Hounslow, M.W., Nitsch, E., Röhling, H.-G., Simon, T. & Szulc, J. (2010): Triassic. – In: Doornenbal, J.C. & Stevenson, A.G. (eds.): Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area: 149-173; Houten (EAGE Publications b. v.).
- Backhaus, E., Heunisch, C. & Schulz, E. (2010): Biostratigraphische Gliederungsmöglichkeiten des Buntsandstein. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 151-164; Hannover.
- Baldschuhn, R., Binot, F., Fleig, St. & Kockel, F. unter Mitarbeit von Baldschuhn, R., Best, G., Binot, F., Brückner-Röhling, S., Deneke, E., Frisch, U., Hoffmann, N., Jürgens, U., Kockel, F., Krull, P., Röhling, H.-G., Schmitz, J., Sattler-Kosinowski, S., Stancu-Kristoff, G. & Zirngast, M. (2001): Geotektonischer Atlas von Nordwestdeutschland und dem deutschen Nordsee-Sektor. Strukturen, Strukturentwicklung, Paläogeographie. – Geol. Jb., A153: 3-95, 3 CD-ROM's; Hannover.
- Becker, A. (2005): Sequenzstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). – Halle-sches Jb. Geowiss., Reihe B, Beih. 21: 1-117; Halle (Saale).
- Bertelsen, F., Bless, M.J.M., Gajewska, I., Glusko, W.W., Kisserjusz, J.L., Kockel, F., Larsson, K., Lupu, M., Monkevici, E.N., Njaga, V.J., Poluchtovic, B.M., Schüler, F., Suvejdiz, P.J., Szyperko-Teller, A., Visnjakov, I.B. & Watson, W. (1986): Lithologic-palaeogeographical map Middle Bunter (Triassic), inset map 1 : 10 000 000 (First version). – IGCP-Projekt No. 86 : Southwest border of the East European Platform, edited by the National Committee of the German Democratic Republic.
- Best, G. (1988): Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Nordwestdeutschland und in der südlichen deutschen Nordsee nach Bohrlochmessungen (Gamma-Ray und Sonic-Log). – Geol. Jb. Hessen, 116: 19-22; Wiesbaden.
- Best, G. (1989): Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Nordwestdeutschland nach Bohrlochmessungen. – Z. dt. geol. Ges., 140: 73-85; Hannover.
- Beutler, G. & Szulc, J. (1999): Die paläogeographische Entwicklung des Germanischen Beckens in der Trias und die Verbindung zur Tethys. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. [Hrsg.]: Trias – eine ganz andere Welt: 71-80; München (Verlag Friedrich Pfeil).
- Blakey, (1999) siehe <http://geosystems.com>
- Bock, H., Müller, E., Müller, A. & Schwietering, C. (2001): Erweiterung des Ablagerungsareals der Buntsandstein-sedimente am Westrand des Germanischen Beckens. – Zbl. Geol. Paläont., Teil I, 2000: 1-14; Stuttgart.
- Brennand, T.P. (1975): The Triassic of the North Sea. – In : Woodland, A.W. (Hrsg.): Petroleum and the Continental Shelf of North West Europe: 295-310; London (Applied Science Publishers).
- Brinkmann, R. (1926): Tektonik und Sedimentation im deutschen Triasbecken. – Z. dt. geol. Ges., 78: 52-74; Berlin.
- Brinkmann, R. (1933): Über Kreuzschichtung im deutschen Buntsandsteinbecken. – Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, math.-nat. Kl. 4, 32:1-12; Göttingen.
- Bruun-Petersen, J. & Krumbein, W. (1975): Rippelmarken, Trockenrisse und andere Seichtwassermerkmale im Buntsandstein von Helgoland. – Geol. Rdsch., 64: 126-143; Stuttgart.
- Cameron, T. D. J., Crosby, A., Balson, P. S., Jeffrey, D. H., Lott, G. K., Bulat, J. & Harrison, D. J. (1992): United Kingdom offshore regional report: the geology of the southern North Sea. – 153pp; HMSO; London, for the British Geological Survey.
- Courel, L., coord. (1984): Trias. – In: Debrand-Passard, S. (ed.): Synthèse géologique du Sud-Est de la France. – Mém. BRGM, 125 + 126: 61-118; Orléans.
- Dachroth, W. (2013): Der Buntsandstein der Lothringen-Pfalz-Senke. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 487-513; Hannover.
- Dadlez, R. (1997): Epicontinental basins in Poland, Devonian to Cretaceous – relationships between the crystalline basement and sedimentary infill. – Geol. Quart., 41 (4): 419-432; Warszawa.
- Dadlez, R. (2003): Mesozoic thickness pattern in the Mid-Polish Trough. – Geol. Quart., 47 (3): 223-240; Warszawa.
- Dadlez, R., Marek, S. & Pokorski, J. (1998): Atlas Paleogeograficzny Epikontynentalnego Permo i Mesozoiku w Polsce. Palaeogeographic Atlas of the Epicontinental Permian and Mesozoic in Poland. – Pánstwowy Instytut Geologiczny, 7 S.; Warszawa.
- Dadlez, R., Narkiewicz, M., Stephenson, R. A., Visser, M. T. M. & van Wees, J.-D. (1995): Tectonic evolution of the Mid-Polish Trough: modelling implications and significance for central European geology. – Tectonophysics, 252: 179-195;
- Day, G.A., Cooper, B.A., Anderson, C., Burgers, W.F.J., Ronnevik, H.C. & Schöneich, H. (1981): Regional seismic structure maps of the North Sea. – In: Illing, L.V. & Hobson, G.D. (eds.): Petroleum Geology of the Continental Shelf of Northwest Europe: 76-84; London (Heyden & Sons).
- Durand, M. (2013): Der Buntsandstein in Nordost-Frankreich. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 635-646; Hannover.
- Exner, M. (1999): Zyklische Stratigraphie und Fazies des Oberen Buntsandsteins (Röt-Formation) im Unstruttal, Sachsen-Anhalt. – Dipl.-Arbeit Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Inst. f. Geol. Wiss.; Halle [unveröff.].
- Feist-Burkhardt, S., Götz, A.E. & Szulc, J. (coordinators), Aigner, T., Geluk, M., Haas, J., Hornung, J., Jordan, P., Kempf, O., Michalík, J., Nawrocki, J., Reinhardt, L., Ri-

- cken, W., Röhling, H.-G., Rüffer, T., Török, Á. & Zühlke, R. (2008): Triassic. – In: McCann, T. (ed.): *The Geology of Central Europe*, 749-821; London (Geological Society London).
- Freudenberger, W. (1996): Trias. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt [Hrsg.]: *Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000*. – 4. Aufl.: 64-89; München.
- Freudenberger, J., Geyer, G. & Schröder, B. (2013): Buntsandstein im nördlichen Bayern (nordwestliches Franken, Bruchschollenland und Randfazies im Untergrund). – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): *Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein*. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 547-582; Hannover.
- Füchtbauer, H. (1967): Der Einfluß des Ablagerungsmilieus auf die Sandstein-Diagenese im Mittleren Buntsandstein. – *Sedimentary Geology*, 1 (2): 159-179; Amsterdam.
- Geiger, M. E. & Hopping, C.A. (1968): Triassic stratigraphy of the southern North Sea Basin. – *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, 254: 1-36; London.
- Geluk, M.C. (2005): Stratigraphy and tectonics of Permo-Triassic basins in the Netherlands and surrounding areas. – Diss. Utrecht Univ., 171 pp.; Utrecht.
- Geluk, M. C., Plomp, A. & van Doorn, Th.H.M. (1996): Development of the Permo-Triassic succession in the basin fringe area, southern Netherlands. – In: Rondel, He., Batjes, D.A.J. & Nieuwenhuijs, W.H. (eds.): *Geology of gas and oil under the Netherlands*: 57-78; Dordrecht
- Geluk, M. C. & Röhling, H.-G. (1997): High-resolution sequence stratigraphy of the Lower Triassic „Buntsandstein“ in the Netherlands and northwestern Germany. – *Geol. en Mijnb.*, 76: 227-246; Amsterdam.
- Geluk, M. C. & Röhling, H.-G. (1999): High-resolution sequence stratigraphy of the Lower Triassic 'Buntsandstein': a new tool for basin analysis. – *Zbl. Geol. Paläont., Teil I*, (7/8): 727-745; Stuttgart.
- Geluk, M.-C. & Röhling, H.-G. (2013): Der Buntsandstein in den Niederlanden. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): *Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein*. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 583-597; Hannover.
- Geyer, M., Nitsch, E. & Simon, T. (2011): *Geologie von Baden-Württemberg*. – 5. Aufl., 627 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Hiete, M., Berner, U., Heunisch, C. & Röhling, H.-G. (2005): A high-resolution inorganic geochemical profile across the Zechstein-Buntsandstein boundary in the North German Basin. – *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, 157: 77-106; Stuttgart.
- Hoppe, W. (1972): Das Klima des Thüringer Buntsandsteins. – *Geologie*, 21: 911-926; Berlin.
- Hoppe, W. (1976a): Die paläogeographisch-fazielle Entwicklung im Südtel des Germanischen Buntsandsteinbeckens. – *Schriftenr. geol. Wiss.*, 6 : 5-61; Berlin.
- Hoppe, W. (1976b): Zur Bildungsgeschichte des Buntsandstein im Germanischen Buntsandsteinbecken. – *Z. geol. Wiss.*, 4 (11): 1457-1471; Berlin.
- Hounslow, M.W. & McIntosh, G. (2003): Magnetostratigraphy of the Sherwood Sandstone Group (Lower and Middle Triassic), south Devon, U.K.: detailed correlation of the marine and non-marine Anisian. – *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, 193(2): 325-348; Amsterdam.
- IGCP (1986) s. a. Bertelson et al. (1986).
- Johnson, H., Warrington, G. & Stoker, S.J. (1994): Permian and Triassic of the Southern North Sea. – In: Knox, R.W.O.B. & Cordey, W.G. (eds.): *Lithostratigraphic nomenclature of the UK North Sea*; British Geological Survey on behalf of the UK Offshore Operators Association (UKOOA): 141 pp.; Nottingham.
- Katzung, G. (1975): Tektonik, Klima und Sedimentation in der Mitteleuropäischen Senke und in angrenzenden Gebieten. – *Z. geol. Wiss.*, 3 (11): 1453-1472; Berlin.
- Kockel, F. (1995): Structural and palaeogeographical development of the German North Sea sector. – With contributions by R. Baldschuhn, G. Best, F. Binot, U. Frisch, U. Gross, U. Jürgens, H.-G. Röhling & S. Sattler-Kosinowski. – In: *Beiträge zur regionalen Geologie der Erde*, 26: 96 S.; Berlin, Stuttgart (Gebr. Bornträger).
- Krämer, F. & Kunz, H. (1969b): Wege und Ziele der Buntsandstein-Gliederung. – *Aufschluß* 1969/6: 141-152;
- Krzywiec, P. (2002): Mid-Polish Trough inversion – seismic examples, main mechanisms, and its relationship to the Alpine-Carpathian collision. – *EGU Stephan Mueller Publication Series*, 1: 151-161; Houten.
- Kuleta, M., Niedźwiedski, G., Ptaszyński, T. & Nawrocki, J. (2007a): STOP. IV.4. Zachełmie – dolomite quarry. – In: Szulc, J. & Becker, A. (eds.): *International Workshop on the Triassic of Southern Poland*. – Pan-European Correlation of the Epicontinental Triassic. 4th Meeting, 69-71; Cracow [unpubl.].
- Kuleta, M., Niedźwiedski, G., Ptaszyński, T. & Nawrocki, J. (2007b): STOPS. IV.2. and IV.3. Tumlin-Gród quarry and Sonowica quarry. – In: Szulc, J. & Becker, A. (eds.): *International Workshop on the Triassic of Southern Poland*. – Pan-European Correlation of the Epicontinental Triassic. 4th Meeting, 67-69; Cracow [unpubl.].
- Leggewie, R., Füchtbauer, H. & El-Najjar, R. (1977): Zur Bilanz des Buntsandsteinbeckens (Korngrößenverteilung und Gesteinsbruchstücke). – *Geol. Rdsch.*, 66 (2): 551-577; Stuttgart.
- Leiber, J. & Bock, H. (2013): Der Buntsandstein in der Kraichgau-Senke und der südwestdeutschen Randfazies (Baden-Württemberg). – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): *Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein*. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 525-546; Hannover.
- Lepper, J., Rambow, D. & Röhling, H.-G. (2005): Der Buntsandstein in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. – *Newsl. Stratigr.*, 41: 129-142; Berlin - Stuttgart.
- Lepper, J., Rambow, D. & Röhling, H.-G. (2013): Lithostratigraphie des Buntsandstein in Deutschland. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): *Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein*. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 69-149; Hannover.
- Michelsen, O. (1997): Mesozoic and Cenozoic stratigraphy and structural development of the Sorgenfrei-Tornquist Zone. – *Z. dt. geol. Ges.*, 148/1: 33-50; Stuttgart.

- Müller, E. M. (1954a): Ausbildung und Mächtigkeit der Zwischenschichten im Saar-Lothringischen Raum. – *Ann. Univ. Saraviensis. Sci.*, 3: 68-74; Saarbrücken.
- Müller, E. M. (1954b): Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie und Paläogeographie des Oberen Buntsandsteins im Saar-Lothringischen Raum. – *Ann. Univ. Saraviensis. Sci.*, 3: 176-201; Saarbrücken.
- Müller, E. M. (2013): Buntsandstein im Saarland. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 515-523; Hannover
- Ortlam, D. (1967): Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. – *Geol. Jb.*, 84: 485-590; Hannover.
- Ortlam, D. (1968): Neue Ergebnisse aus dem höheren Buntsandstein des nördlichen Schwarzwaldes und des Kraichgau. – *Geol. Jb.*, 86: 693-750; Hannover.
- Ortlam, D. (1971): Paläoböden und ihre Bedeutung in der stratigraphischen und angewandten Geologie. – *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F.*, 43: 171-181; Stuttgart.
- Ortlam, D. (1974): Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa. – *Geol. Rdsch.*, 63: 851-884; Stuttgart.
- Paul, J. & Puff, P. (2013): Das Klima im Buntsandstein. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 213-221; Hannover.
- Puff, P. & Radzinski, K.-H. (2013): Der Buntsandstein in Westpolen. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 625-633; Hannover.
- Radzinski, K.-H., Hähnel, C. Puff, P. & Dockter, J. (1974): Lithologisch-paläogeographische Karte der DDR 1 : 500 000, Volpriehausen- bis Solling-Folge. – *Zentr. geol. Inst.*; Berlin.
- Rhys, G.H. (1974): A proposed standard lithostratigraphic nomenclature for the southern North Sea and an outline structural nomenclature for the whole of the (UK) North Sea. A report of the joint Oil Industry-Institute of Geological Sciences Committee on North Sea Nomenclature. – *Rep. Inst. Geol. Sci.*, 74/8: 14 S.; London.
- Röhling, H.-G. (1986): Die Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins nach Bohrlochmessungen (Gamma-Ray und Sonic-Log) im Nordwestdeutschen Becken. – *Ber. Bundesanst. Geowiss. Rohstoffe, Arch.-Nr. 100003*: 92 S.; Hannover [unveröff.].
- Röhling, H.-G. (1988): Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im Nordwestdeutschen Becken. – *Ber. Bundesanst. Geowiss. Rohstoffe, Arch.-Nr. 104107*: 141 S; Hannover [unveröff.].
- Röhling, H.-G. (1991a): A lithostratigraphic subdivision of the Lower Triassic in the Northwest German Lowlands and the German sector of the North Sea, based on gamma ray and sonic logs. – *Geol. Jb.*, A119: 3-24; Hannover.
- Röhling, H.-G. (1991b): Lithostratigraphie und Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im Nordwestdeutschen Becken - Eine Analyse der Schichtenfolge mit Hilfe geophysikalischer Bohrlochmessungen (Gamma-Ray und Sonic-Log). – *Diss. Univ. Heidelberg*, 336 S.; Heidelberg [unveröff.].
- Röhling, H.-G. (2013a): Der Buntsandstein im Norddeutschen Becken. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, Heft 69: 269-384; Hannover.
- Röhling, H.-G. (2013b): Der Buntsandstein in Dänemark. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, Heft 69: 599-623; Hannover.
- Ross, C. A. & Ross, J. R. P. (1995): Permian Sequence Stratigraphy. – In: Scholle, P., Peryt, T.M. & Ulmer-Scholle, D.S. (eds.): *The Permian of the Northern Pangea. Vol. 1: Paleogeogr., Paleoclim., Stratigr.*: 98-123; Berlin-Heidelberg (Springer).
- Rupf, I. & Nitsch, E. (2008): Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse. – *LGRB-Informationen*, 21: 82 S.; Freiburg i. Brg.
- Schröder, B. (1982): Entwicklung des Sedimentationsbeckens und Stratigraphie der klassischen Germanischen Trias. – *Geol. Rdsch.*, 71 (3): 783-794; Stuttgart.
- Schüler, F. (1980): Diktyogenetische Bewegungen im Buntsandstein des Nordostens der DDR. – *Z. geol. Wiss.*, 8: 1019-1028; Berlin.
- Schulze, G. (1964): Erste Ergebnisse geologischer Erkundungsarbeiten im Gebiet der Scholle von Calvörde. – *Z. angew. Geol.*, 10 (7/8): 338-348, 403-413; Berlin.
- Scotese, C. R. (1994): Early Triassic paleogeographic map. – In: Klein, G. D. (ed.): *Pangea: Paleoclimate, tectonics and sedimentation during accretion, zenith and breakup of a supercontinent*. – *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper*, 288: 295 pp.; Boulder.
- Simon, Th., Bartenbach, M., Bock, H., Lepper, J., Martin, M. & Reimann, M. (2009): Ergebnisse der Forschungsbohrung Wutachschlucht (Kreis Breisgau-Hochschwarzwald, Baden-Württemberg). – *LGRB-Informationen*, 22: 103-122; Freiburg i.Br.
- Sindowski, K.-H. (1957): Schüttungsrichtungen und Mineralprovinzen im westdeutschen Buntsandstein. – *Geol. Jb.*, 73: 277-294; Hannover.
- Stephenson, R.A., Dadlez, R., van Wees, J.-D. & Andriessen, P. (2003): Tectonic subsidence modelling of the Polish Basin in the light of new data on crustal structure and magnitude of inversion. – *Sediment. Geol.*, 156: 59-70; Amsterdam.
- Stets, J. (2013): Buntsandstein im Trier-Bitburg-Becken und dessen Umfeld (Südwest-Eifel und West-Hunsrück). – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): – Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 467-486; Hannover.
- Zsulc, J. (2000): Middle Triassic evolution of the northern Peri-Tethys area as influenced by early opening of the Te-

- thys Ocean. – *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 70: 1-48; Kraków.
- Szyperko-Teller, A. (1982): Litostratygrafia pstrego piaskowca na Pomorzu Zachodnim. – *Kwart. Geol.*, 26: 341–368.; Warszawa.
- Szyperko-Teller, A. & Moryc, W. (1988): Roswój basenu sedymentacyjnego pstrego piaskowca na obszarze Polski [Aufbau des Buntsandstein-Sedimentationsbeckens auf dem Gebiet Polens]. – *Kwart. Geol.*, 32 (1): 53-72; Warszawa.
- Tietze, K.-E. & Röbling, H.-G. (2013): Sequenz-, Base-level- und Zyklusstratigraphie im Buntsandstein. Ein Statusbericht. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg., Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röbling für die Subkommission Perm Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – In: *Schriften. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 233-268; Hannover.
- Trusheim, F. (1961): Über Diskordanzen im Mittleren Buntsandstein Norddeutschlands zwischen Ems und Weser. – *Erdoel-Z.*, 77 (9): 361-367; Wien/ Hamburg.
- Van Wees, J.-D., Stephenson, R. A., Ziegler, P. A., Bayer, U., Mc Cann, T., Dadlez, R., Gaupp, R., Narkiewicz, M., Bitzer, F. & Scheck, M. (2000): On the origin of the Southern Permian Basin, Central Europe. – *Marine and Petroleum Geology*, 17: 43-59; Amsterdam.
- Warrington, G. & Iremey-Cook, H. C. (1992): Triassic. – In: Cope, J. C. W., Ingham, J. K. & Rawson, P. F. (eds.): *Atlas of palaeogeography and lithofacies*. – *Geol. Soc. London, Memoir*, 13: 97-106; London.
- Ziegler, P.A. (1982a): Triassic Rifts and Facies Patterns in Western and Central Europe. – *Geol. Rdsch.*, 71 (3): 747-772; Stuttgart.
- Ziegler, P. A. (1982b): *Geological Atlas of Western and Central Europe*. – 30 pp.; Den Haag (Elsevier).
- Ziegler, P. A. (1989): *Evolution of Laurussia. – A Study in Late Palaeozoic Plate Tectonics*. – 102 pp.; Dordrecht (Kluwer Academic Publisher).
- Ziegler, P. A. (1990): *Geological Atlas of Western and Central Europe*. – 239 S.; Den Haag (Elsevier).