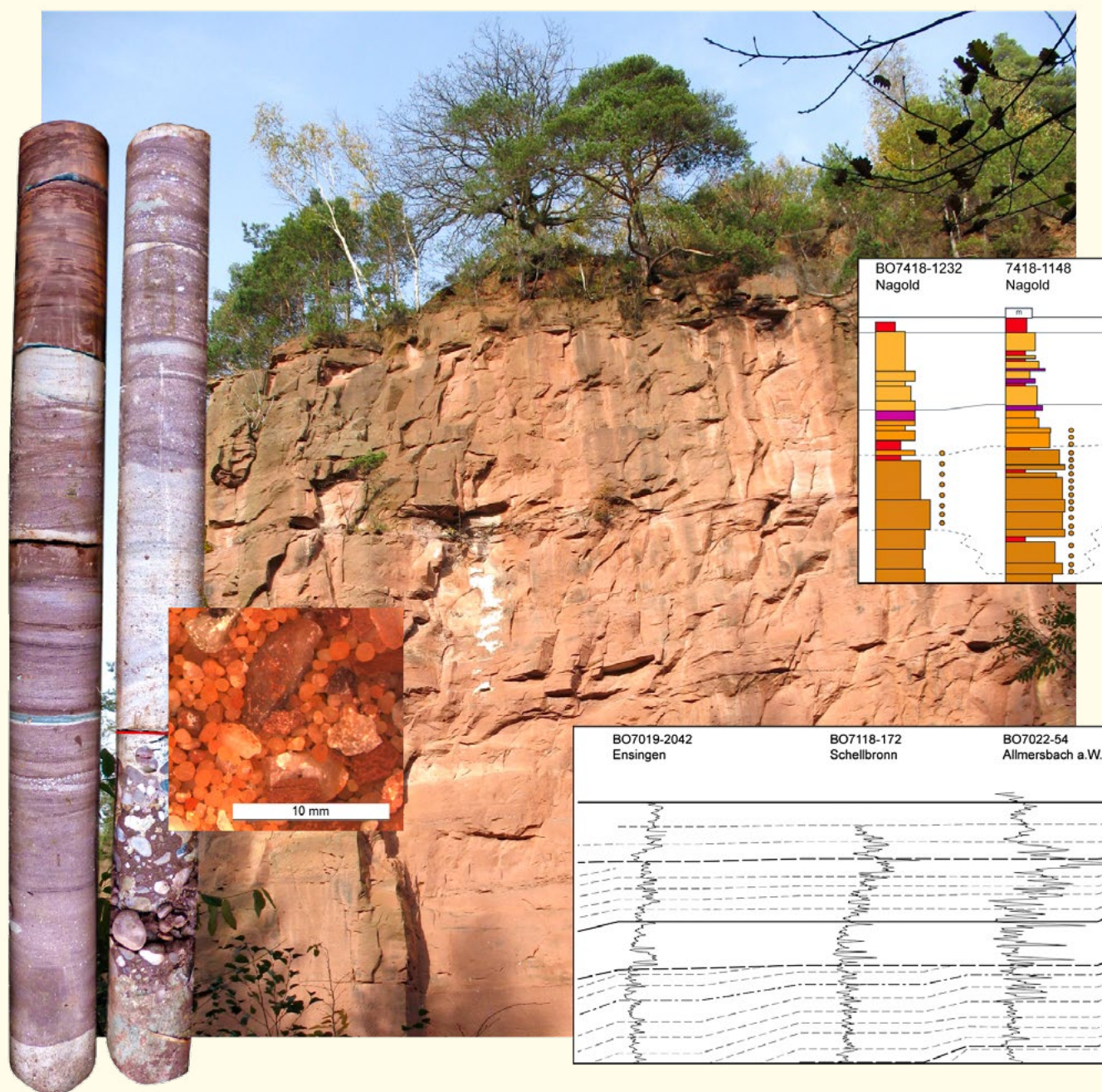


Buntsandstein in Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Titelbild: Aufschluss der Vogesensandstein-Formation bei Heimbach (RG 7813-322 bzw. BO7813-717),
Bohrkern aus derselben Formation (BO7817-978 Horgen: 202–204 m),
Bohrgut aus einer Meißelbohrung (BO7713-399 Wallburg),
Korrelationsdiagramme nach Lithologischer Abfolge und nach Gammalog (Abb. 41, Beil. 10).



Buntsandstein in Baden-Württemberg

EDGAR NITSCH

LGRB-Informationen	34	208 S.	62 Abb.	2 Tab.	11 Beil.	Freiburg i. Br. November 2024
--------------------	----	--------	---------	--------	----------	-------------------------------



ISSN 1619-5329

 LGRB – Informationen

Herausgeber: REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG – Abteilung 9
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU (RPF-LGRB)
Albertstraße 5, 79104 Freiburg i.Br.
Telefon: (0761) 208-3000
E-Mail: abteilung9@rpf.bwl.de
Internet: <https://www.rp-freiburg.de> und <https://www.lgrb-bw.de>

Bearbeitung: Dr. EDGAR NITSCH

Grafik und Fotos: Dr. EDGAR NITSCH, soweit nicht anders angegeben

Satz und Layout: STEFAN TREFZER, BETTINA SCHMÜCKING

Ausgabe: November 2024

© Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Übersetzung, Nachdruck, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder ähnlichem
Wege sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen – auch auszugsweise –
nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.



Vorwort

Der Buntsandstein prägt in Baden-Württemberg das Landschaftsbild in weiten Teilen des Schwarzwalds und Odenwalds. Darüber hinaus sind die teilweise mehrere hundert Meter mächtigen Sandsteine dieser Schichtenfolge in mehr als der Hälfte des Landesgebiets unter einer Bedeckung aus jüngeren Gesteinen verborgen und bilden einen wichtigen Kluftgrundwasserleiter. In größeren Tiefen, wie etwa im Oberrheingraben, stellt der Buntsandstein dadurch einen der bedeutendsten Zielhorizonte für die Nutzung tiefer Geothermie dar. Doch auch dort, wo Buntsandstein unmittelbar an der Erdoberfläche ansteht, wurden und werden die Sandsteine seit Jahrhunderten als Werkstein und zur Gewinnung von Sand, die Röttone zur Herstellung von Keramik genutzt.

Die Untergliederung der auf den ersten Blick eintönig erscheinenden Gesteinsabfolge des Buntsandsteins wurde lange durch die ungünstige Aufschlusssituation in den meist bewaldeten Ausstrichgebieten erschwert. In den vergangenen Jahrzehnten wurden jedoch im gesamten Landesgebiet zahlreiche tiefere Bohrungen abgeteuft, die große Teile der Buntsandstein-Abfolge, teilweise sogar den gesamten Buntsandstein, erschlossen haben. Dadurch kann erstmals ein umfassender Datensatz über den Aufbau dieser Schichtenfolge bereitgestellt werden.

Die hier zusammengetragenen Informationen erlauben nun auf Grundlage langer und zusammenhängender Profilaufnahmen eine landesweite Korrelation der stratigraphischen Untergliederung des Buntsandsteins. Dies erleichtert die fachlich korrekte Aufnahme, Dokumentation und stratigraphische Interpretation der Profile bei zukünftigen Bohrungen sowie Erkundungen und bildet eine wichtige Basis für deren Nutzbarmachung in einer Vielzahl geowissenschaftlicher Anwendungen.

Birgit Kimmig
Abteilungspräsidentin





LGRB-Informationen	34	S. 5 – 208	62 Abb.	2 Tab.	11 Beil.	Freiburg i.Br. November 2024
--------------------	----	------------	---------	--------	----------	------------------------------

Buntsandstein in Baden-Württemberg

EDGAR NITSCH

Schlagworte: Germanische Trias, Buntsandstein, Eck-Formation, Miltenberg-Formation, Vogesensandstein-Formation, Solling-Formation, Plattensandstein-Formation, Rötton-Formation, Röt-Formation, Diskordanzen, Frühe Trias, Mittlere Trias

Zusammenfassung

Der Buntsandstein streicht in Baden-Württemberg großflächig entlang von Schwarzwald und Odenwald aus. Östlich davon setzt sich das Verbreitungsgebiet unter jüngeren mesozoischen Sedimenten unter dem Schichtstufenland fort, und auch im Oberrheingraben westlich davon ist Buntsandstein im tieferen Untergrund vorhanden. Er stellt die untere von drei lithostratigraphischen Gruppen der Germanischen Trias dar, d.h. der für Mitteleuropa typischen Faziesausbildung triassischer Sedimente. Der Untere bis Mittlere Buntsandstein vertritt dabei die Frühe Trias der internationalen geochronologischen Einteilung. Etwa an der Grenze zum Oberen Buntsandstein liegt die Grenze zur Mittleren Trias.

Der süddeutsche Buntsandstein besteht überwiegend aus fluvialen Sandsteinen und Geröllsandsteinen, die unter Wüstenbedingungen abgelagert wurden. Gegen Ende der Frühen Trias, im späten Olenekium, nimmt die Aridität etwas ab und es kommt zur Ausbildung der ersten Paläoböden seit Ende des Perm. Der Obere Buntsandstein beginnt ebenfalls mit alluvialen Sandsteinen und eingeschalteten Paläoböden, endet aber mit vorwiegend pelitischen Sedimenten einer alluvialen Küstenebene mit kurzzeitigen marinen Einflüssen im Norden des Landesgebiets. Eingeschränkt marine Fossilgemeinschaften sind daher auf den Oberen Buntsandstein beschränkt und umfassen nur wenige euryhaline Arten, wenngleich auch im Oberen Buntsandstein die meisten Fossilien, darunter Landpflanzen, nichtmarin sind. Im Unteren und Mittleren Buntsandstein umfasst die sehr spärliche Fossilführung nur Süßwasser-Arthropoden, einen Lungenfisch-Rest, Landwirbeltiere und seltene Landpflanzen.

Die stratigraphische Gliederung des Buntsandsteins beruht ausschließlich auf lithologischen Merkmalen und war lange von Unsicherheiten und Verwechslungen geprägt. Nach Auswertung von mehr als 400 Bohr- und 50 Aufschlussprofilen, darunter über 100 Bohrlochmessungen, werden hier erstmals Profilkorrelationen für das gesamte Landesgebiet zwischen Main- und Hochrheintal vorgelegt und einheitlich gegliedert. Die Ausbildung erlaubt im Maintal und östlichen Odenwald nur für den Mittleren Buntsandstein eine Gliederung nach den Formationen der norddeutschen Beckenfazies. Die Fazies von Unterem und Oberem Buntsandstein erfordert bereits abweichend definierte Formationen. Im südlichen Odenwald und Kraichgau erfolgt schließlich der Faziesübergang in eine durchgehend randnahe Ausbildung, die für den Schwarzwald eine eigene Formationsgliederung erforderlich macht. Im Südschwarzwald keilen die tieferen Teile des Buntsandsteins aus. Am Hochrhein und im Klettgau sind daher nur Äquivalente des höheren Mittleren und des Oberen Buntsandsteins vorhanden. Entlang einer Linie etwa vom westlichen Bodensee zum Ries keilt der Buntsandstein nach Südosten vollständig zwischen Grundgebirge und Muschelkalk aus. Hier verlief der synsedimentäre Beckenrand gegen das Vindelizische Hochland.

Anschrift des Autors:

Dr. Edgar Nitsch • Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, 79095 Freiburg i.Br. • E-Mail: Edgar.Nitsch@rpf.bwl.de

In Schwarzwald-Fazies beginnt der Untere Buntsandstein mit der Eck-Formation (überwiegend mürbe Sandsteine und Geröllsandsteine, Grobsand sehr gut gerundet im Unterschied zu den kaum gerundeten Sanden im liegenden Perm), über der die Vogesensandstein-Formation den übrigen Unteren und den Mittleren Buntsandstein vertritt. Letztere besteht aus dem Badischen Bausandstein (Sandsteine und vereinzelt Geröllsandsteine, Grobsand mäßig bis gut, im höheren Teil auch sehr gut gerundet), der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (Sandsteine und Geröllsandsteine, Grobsand überwiegend gut, teilweise sehr gut gerundet) und der Heidenstein-Subformation („Kristallsandstein“, Sandsteine, teilweise geröllführend, überwiegend mittelsandig, Grobsand überwiegend mäßig bis schlecht gerundet, lokale Paläoboden-Komplexe). Die Faziesgrenze zwischen Badischem Bausandstein und Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation schwankt, wie die Korrelation zahlreicher Profile zeigt, heterochron zwischen dem Zeitäquivalent der Grenze Unterer-Mittlerer Buntsandstein und verschiedenen Niveaus darüber. Sowohl im Dach der Schliffkopf-Geröllsandstein- wie auch der Heidenstein-Subformation sind regional verbreitete Paläoboden-Komplexe ausgebildet, bekannt als smVH1 und smVH2, die jedoch örtlich synsedimentär erodiert sein können.

Im Kraichgau geht der Untere Buntsandstein nach Norden in eine faziell abweichende Ausbildung der Eck-Formation (geringere Korngrößen und geringere Geröllführung, geringerer Anteil sehr gut gerundeter Grobsande) und die darüber folgende Miltenberg-Formation (Mittel- bis Feinsandsteine, fazielle Vertretung des gröberen Badischen Bausandsteins) über. Im Mittleren Buntsandstein ist die grobsandige Ausbildung der Vogesensandstein-Formation bis in den Raum Mudau im südlichen Odenwald verbreitet, nordöstlich davon schalten sich Wechselfolgen aus Sandsteinbänken und Tonschluffsteinlagen ein, die eine Einteilung nach den Formationen der Beckenfazies erlauben (Volpriehausen-, Detfurth-, Hardeggen- und Solling-Formation). Die Korrelation der Profilserien legt nahe, dass der Felssandstein des Odenwalds und Maintals bereits zur Soling-Formation zu rechnen ist und mit der Heidenstein-Subformation im Schwarzwald korreliert. Die Basis dieser Einheiten ist überregional diskordant ausgebildet und in Schwarzwald und Kraichgau mit einem Paläoboden-Komplex verbunden (smVH1-Horizont) und dürfte der H-Diskordanz anderer Regionen entsprechen. Ablagerungen der Folge s5 (Äquivalent Hardeggen-Formation) keilen darunter im Nordschwarzwald nach Süden aus. Im südlichen Zentralschwarzwald fallen auch Ablagerungen der Folge s4 (Äquivalent Detfurth-Formation) aus, bevor die Heidenstein-Subformation im Südschwarzwald und am Hochrhein die älteste erhaltene Buntsandstein-Einheit darstellt und auf Perm und Kristallin übergreift. Anhand der Bohrlochmessungen und der Korrelation einer größeren Zahl von Profilaufnahmen lassen sich auch D- und V-Diskordanz im Schwarzwald und in den untertägigen Verbreitungsgebieten westlich und östlich davon wahrscheinlich machen. Sie gehen jedoch nicht mit durchhaltenden lithologischen Grenzen oder einer korrelierbaren zyklischen Profilauffolge einher und sind daher in einzelnen lithologischen Profilaufnahmen ohne Korrelation nicht erkennbar. Der Paläoboden-Komplex im smVH2-Horizont entspricht demnach dem Niveau der S-Diskordanz innerhalb der Folge s6 (Solling-Formation und Äquivalente) und umfasst als Kondensationshorizont die gesamte höhere Solling-Formation.

Der Obere Buntsandstein besteht landesweit aus Plattensandstein- und Rötton-Formation, wobei letztere als südlicher Ausläufer der Röt-Formation der Beckenfazies aufgefasst werden kann. Die Plattensandstein-Formation aus alluvialen Schichtflut- und Rinnensandsteinen vertritt am Hochrhein teilweise den gesamten Oberen Buntsandstein und wird im größten Teil des Schwarzwalds, im Kraichgau und südlichen Odenwald nur von geringmächtigen Röttonen der höheren Subfolge s7.4 abgelöst. Der Rötquarzit als Basis der Subfolge s7.4 ist südlich des Odenwalds nicht sicher festzustellen, da das Niveau dort innerhalb der Plattensandstein-Formation liegt. Nur im östlichen Odenwald und im Maingebiet liegt die Faziesgrenze zwischen Plattensandstein-Formation und Röttonen bereits in Subfolge s7.3, weshalb dort Untere Röttonen (Randfazies der Karsdorf-Subformation), Rötquarzit und Obere Röttonen (Randfazies der Gleina- und Dornburg-Subformation) unterschieden werden können. Die noch in Unterfranken vorhandene norddeutsche Karbonatfazies der Dornburg-Subformation („Myophorienschichten“) ist südlich des Mains ebenfalls von einer roten feinklastischen Fazies vertreten und wird daher zur Gleina-Subformation bzw. den Oberen Röttonen gerechnet. Durch Einschaltung mehrerer fossilführender dünner Sand- und Tonsteinlagen mit teils eingeschränkt-mariner („Myophorienbänke“), teils nichtmariner Fossilführung (mit Conchostraken, Pflanzenresten, Wurzelspuren) ist dieser Abschnitt der fossilreichste des südwestdeutschen Buntsandsteins.



The Buntsandstein Group in Baden-Württemberg

Keywords: Germanic Triassic, Buntsandstein, Eck Formation, Miltenberg Formation, Vogesensandstein Formation, Solling Formation, Plattensandstein Formation, Rötton Formation, Röt Formation, unconformities, Early Triassic, Middle Triassic

Abstract

Outcrop areas of the Buntsandstein Group occupy large parts of the Black Forest and Odenwald in Baden-Württemberg. An even larger subcrop area extends beneath younger Mesozoic sediments to the east and southeast as well as to the west in the Upper Rhine Graben. It represents the lowermost of three lithostratigraphic groups of the Germanic Triassic supergroup, the Central European type of facies development in Triassic Sediments. Early Triassic deposits according to the international geochronological scale build up the Lower to Middle Buntsandstein, whereas the boundary from the Early to Middle Triassic age is located close to the base of the Upper Buntsandstein subgroup.

In Southern Germany, Buntsandstein sediments mostly consist of fluvial sandstones and pebbly sandstones deposited in desert environments. Near the end of the Early Triassic, aridity decreases and paleosols form for the first time since the Permian. The Upper Buntsandstein also starts with alluvial sandstones and intermittent paleosols, but ends up with mainly pelitic sediments of a coastal alluvial plain including short-lived marine incursions in the northern part of Baden-Württemberg. Restricted-marine faunas are therefore only present in the Upper Buntsandstein and consist of only few euryhaline species, but most of the fossils even in the Upper Buntsandstein are nonmarine, including land plants. In the Lower and Middle Buntsandstein, fossils are extremely rare and only represent freshwater arthropods, lungfish, terrestrial vertebrates, and rare land plants.

Buntsandstein stratigraphy is based exclusively on lithologic features and has a long history of uncertainties and confusion. In this study, correlation charts are presented for the first time based on data from more than 400 boreholes and 50 outcrops, including more than 100 wireline logs from between the Main and Hochrhein valleys, and attributed to a consistent lithostratigraphic subdivision. Stratigraphic units of the basin-central facies of northern Germany can only be identified in the Middle Buntsandstein of the Main valley and eastern Odenwald areas. Facies development in the Lower and Upper Buntsandstein, however, differs in this region from the more distal northern facies and requires definition of distinct formations. In the southern Odenwald and Kraichgau regions, the facies shifts to a basin-marginal development, which leads to a different subdivision for the Black Forest. Since the lower units of the Buntsandstein wedge out in the southern Black Forest, there are only equivalents of the upper Middle and the Upper Buntsandstein in the Hochrhein and Klettgau regions. Along a line from the western Lake Constance area to the Ries crater, Buntsandstein deposits completely wedge out between the crystalline basement and onlapping Muschelkalk deposits, delineating the synsedimentary basin margin along the Vindelician High.

In the Black Forest Facies, the Lower Buntsandstein begins with the Eck Formation, consisting of friable sandstones and pebbly sandstones with very well rounded coarse sand grains, contrasting the angular to subrounded sands of the Permian below. The succeeding Vogesensandstein Formation represents an equivalent to the remaining Lower and the whole Middle Buntsandstein. It is subdivided in the lower Badischer Bausandstein Member, sandstones and only minor pebbly sandstones, with slightly less but still well-rounded coarse sand, the Schliffkopf-Geröllsandstein Member with more frequent pebbly sandstones and mostly well- to very well-rounded coarse sand again, and finally the Heidenstein Member (formerly 'Kristallsandstein'), showing less pebbles and intermediate to poorly rounded coarse sand. Another new feature is the development of local paleosols. The facies transition from Badischer Bausandstein to Schliffkopf-Geröllsandstein Members is heterochronous at different localities and fluctuates, as can be demonstrated from the correlation of numerous Profiles, between close to the time-equivalent of the Lower-Middle Buntsandstein boundary and some level above. At the tops of the Schliffkopf-Geröllsandstein and of the Heidenstein Members, two paleosol complexes are developed regionally, known as smVH1 and smVH2. They can locally be eroded beneath the superseding deposits, however.

In the Kraichgau and southern Odenwald, a transition occurs from south to north into the Odenwald Facies. The first step occurs in the Kraichgau region, showing a facies change in the Eck Formation as well as in the Lower Buntsandstein equivalents above it. In the Eck Formation, grain size decreases and there are less pebbles and very well rounded coarse sand grains. The superseding Lower Buntsandstein equivalents of the mostly coarse-grained Badischer Bausandstein are developed here as middle to fine-grained sandstones of the Miltenberg Formation. In the Middle Buntsandstein equivalents, the coarse-grained facies of the Vogesensandstein Formation spreads further out to the southern Odenwald around Mudau. From there to the northeast, intervals of sandstone-mudstone intercalations ('Wechselfolgen') within the succession allow the distinction of the formations defined in more basin-central regions (Volpriehausen, Detfurth, Hardeggen, and Solling Formations). It can be shown from the correlation charts that the Felssandstein unit of the Odenwald and Main Valley has to be assigned to the Solling Formation and correlates with the Heidenstein Member in the Black Forest. There is an unconformity at the base of both units, which is connected with a paleosol complex in the Black Forest and Kraichgau regions (smVH1) and probably represents the H-unconformity of other regions. In the northern Black Forest, equivalents of the Hardeggen Formation (allostratigraphic Folge s5) wedge out unconformably to the south, followed by equivalents of the Detfurth Formation (Folge s4) in the central Black Forest. In the southernmost Black Forest and in the Hochrhein region, the Heidenstein Member is the oldest remaining Buntsandstein unit, resting directly on Permian or basement rocks. The positions of the D- and especially of the V-unconformities can also be inferred from correlations of the wireline logs for the Black Forest region and the subcrop areas to the east and west. Yet they are not marked by obvious lithologic or cycle boundaries and cannot be derived from isolated lithologic columns alone. The paleosol complex smVH2 therefore correlates to the S-unconformity within the Solling Formation and includes, as a condensed section, all of their Upper part.

The Upper Buntsandstein in Baden-Württemberg is subdivided in Plattensandstein Formation and Rötton Formation. The latter could also be seen as southerly continuation of the Röt Formation of the basin-central facies realm. In the Hochrhein region, the Plattensandstein Formation, build up by alluvial sheet flood and channel sandstones, represents all of the Upper Buntsandstein. In the Black forest, Kraichgau and southern Odenwald, it is superseded by thin mudstones of the Rötton Formation, equivalent there only with Subfolge 7.4 (equivalent of the Dornburg Member of the Röt Formation). The Rötquarzit sandstone unit of the Odenwald cannot be identified with certainty farther south, since its stratigraphic level is already embedded in the sandstone facies of the Plattensandstein Formation. The facies boundary between Plattensandstein and Rötton Formations drops to Subfolge 7.3 (below Rötquarzit level) only in the eastern Odenwald and Main valley areas, where Untere Röttone (Lower Röt Mudstones, marginal facies of Karsdorf Member of the Röt Formation) can be distinguished from Rötquarzit and Obere Röttone (Upper Röt mudstones, marginal facies of Gleina and Dornburg Members) above. The carbonate facies of the Dornburg Member, as present in Lower Franconia and farther north, is replaced south of river Main by red mudstones that are better be included into the Gleina Member or the Obere Röttone. Yet several thin sandstone and even distinct mudstone beds within this uppermost interval bear fossils with partly restricted-marine ('*Myophoria* beds'), partly nonmarine (conchostracans, land plants, root traces) affinities. It is the most fossiliferous interval of the Buntsandstein in southwestern Germany.

Inhalt

1	Einleitung	11
2	Erforschungsgeschichte	14
3	Paläogeographischer Rahmen	25
3.1	Allgemeine Entwicklung	25
3.2	Paläotektonische Gliederung	30
3.3	Klimaentwicklung	33
4	Altersstellung	36
5	Faziesentwicklung, Ablagerungsräume	37
5.1	Die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins	40
5.2	Eck-Formation (tiefere Folge s1)	41
5.3	Tiefere Vogesensandstein- und Miltenberg-Formation (höhere Folge s1 und Folge s2)	45
5.4	Höhere Vogesensandstein- sowie Volpriehausen- bis Hardeggen-Formation (Folgen s3 bis s5)	47
5.5	Heidenstein-Kristallsandstein und Felssandstein (Folge s6)	50
5.6	Frühdiagenese und Paläoböden	52
5.7	Plattensandstein- und Rötton-Formation (Folge s7)	56
5.8	Ablagerungsräume der Muschelkalk-Transgression (Folge m1)	60
6	Lithostratigraphische Gliederung	61
6.1	Datengrundlage	62
6.2	Methodische Grundlagen	64
6.3	Sedimente im Liegenden des Buntsandsteins	70
6.4	Gliederung des Unteren bis Mittleren Buntsandsteins in Schwarzwald-Fazies	72
6.4.1	Eck-Formation	73
6.4.2	Vogesensandstein-Formation	77
6.4.3	Solling-Formation (Schwarzwald-Fazies)	95
6.5	Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Main-Fazies	95
6.5.1	Eck-Formation	95
6.5.2	Miltenberg-Formation	99
6.5.3	Volpriehausen-, Detfurth- und Hardeggen-Formation (Maingebiet, Odenwald)	102
6.6	Gliederung des Oberen Buntsandsteins	108

6.6.1	Plattensandstein-Formation.....	108
6.6.2	Rötton-Formation (Röt-Formation)	117
6.7	Sedimente im Hangenden des Buntsandsteins	125
7	Korrelation von Bohrlochmessungen.....	127
8	Diskussionen zu stratigraphischen Einzelfragen.....	130
8.1	Die Grenze Tigersandstein- Formation – Buntsandstein im Kraichgau.....	130
8.2	Status des Heigenbrücken- Sandsteins.....	130
8.3	Die Grenze Eck- gegen Vogesensandstein-Formation.....	131
8.4	Geröllführung des Badischen Bausandsteins und der ‚Schapbach-Geröllsandstein‘	132
8.5	Gliederungen des Badischen Bausandsteins	133
8.6	Die laterale Grenze Badischer Bausandstein gegen Miltenberg-Formation.....	134
8.7	Geröllführung und Gliederung der Schliffkopf-Geröll-sandstein-Subformation	134
8.8	Verbreitung und Ausbildung der Leithorizonte smVH1 und smVH2.....	137
8.9	Abgrenzung Heidenstein- Subformation gegen Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation	138
8.10	Korrelation von Heidenstein-Kristallsandstein und Felssandstein mit Hardeggen- oder Solling-Formation	139
8.11	Folengrenzen und Diskordanzen	140
8.12	Gliederungen der Platten-sandstein-Formation.....	142
8.13	Abgrenzung der Rötton-Formation	143
8.14	Sonderfazies der Grafenwöhr-Formation	144
9	Ausblick.....	145
10	Dank	145
11	Bibliographie und weitere zitierte Literatur	146
12	Erläuterungen zu den Beilagen	182
	Anhang 1: Historische Begriffe.....	184
	Anhang 2: Verwendete Profile.....	196



1 Einleitung

Der Buntsandstein ist die unterste der drei lithostratigraphischen Gruppen der Trias in mitteleuropäischer Faziesausbildung, der Germanischen Trias (Abb. 1). Gerade die fazielle Ausbildung von Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper im Ausstrichgebiet zwischen Schwarzwald und Albvorland hatte Friedrich von Alberti, Bergrat des Königreichs Württemberg, dazu veranlasst, 1834 den Begriff *Trias* für diese „Dreiheit“ in die geologische Literatur einzuführen und sie zu einer Einheit zusammenzufassen. Der Name wurde daraufhin auch auf die Zeit-Periode der Erdgeschichte übertragen, aus der diese Ablagerungen stammen, und ist heute weltweit dafür in Gebrauch (frz. *Trias*, engl. *Triassic*, ungar. *Triász*, türk. *Triyas*, chin. 三叠纪 [sān dié jì: Dreischichten-Periode]).

In Baden-Württemberg begleitet das Ausstrichgebiet des Buntsandsteins die Grundgebirgsaufbrü-

che von Schwarzwald und Odenwald, besonders an deren östlichen und südlichen Abdachungen. Der Buntsandstein bildet hier die erste markante Schichtstufe des Südwestdeutschen Stufenlandes (Abb. 2 A). Die meist von Blockschutt bedeckten Stufenhänge und die von sauren sandigen Böden geprägte Stufenfläche sind vorwiegend bewaldet, weshalb sich Aufschlüsse vorwiegend in Bachbetten finden (Abb. 2 B, C). Lediglich im Ausstrichgebiet des Oberen Buntsandsteins mit seinem höheren Gehalt an Schichtsilikaten (Glimmer, Tonminerale) und darum fruchtbareren Böden wurden bereits im späten Mittelalter zahlreiche Rodungsiseln zur landwirtschaftlichen Nutzung angelegt (Abb. 2 D). Kleinere Ausstriche liegen in den Randschollen des Oberrheingrabens und, weithin von einer geringmächtigen Lößdecke verborgen, in den südlichen und nördlichen Randbereichen des Kraichgau. Auch in den landschaftlich durch den Muschelkalk geprägten Tälern von Neckar und Kocher erreicht die Talsohle an einzelnen Stellen fensterartig den Oberen Buntsandstein. Bei Jagst, Umpfer und Tauber

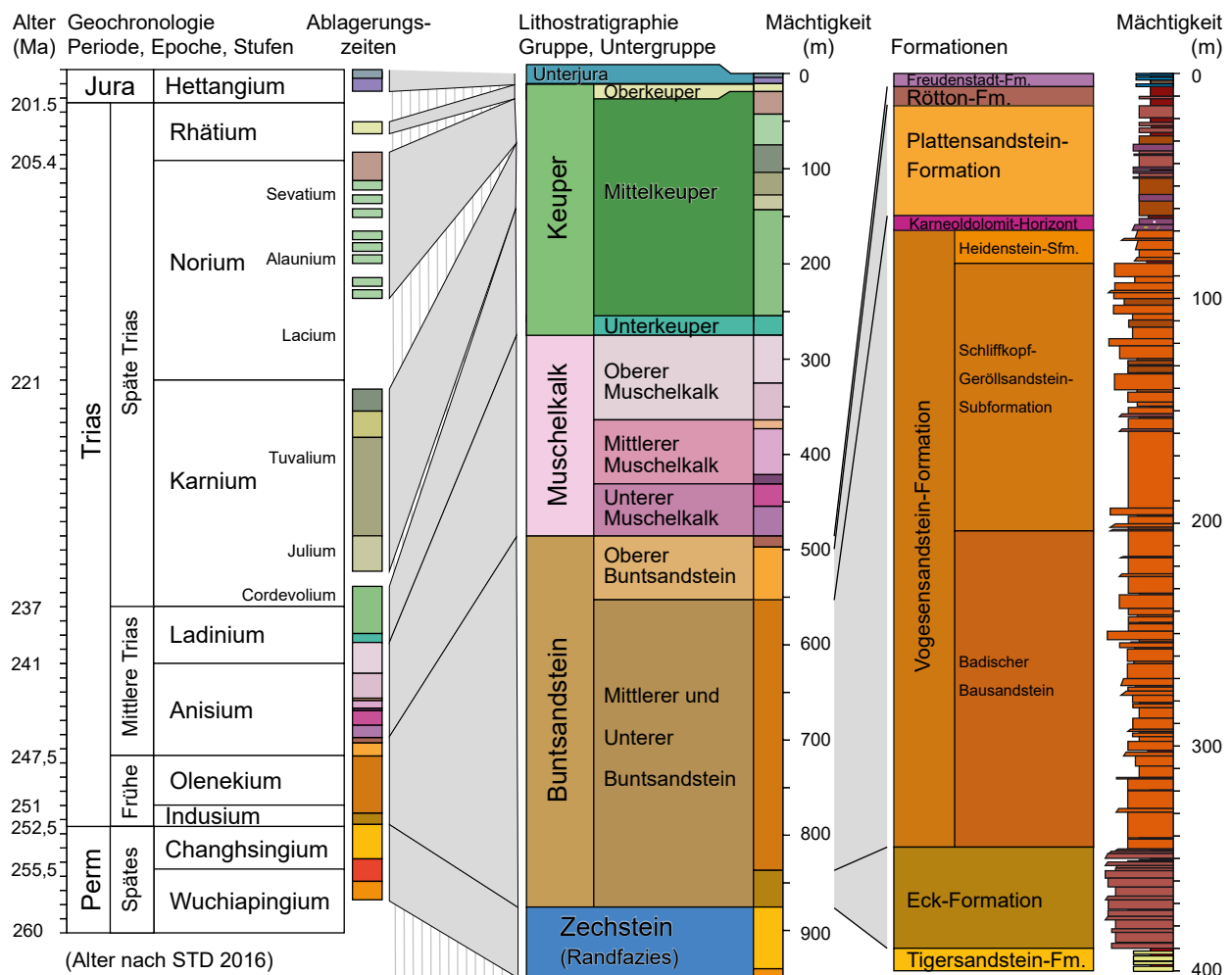


Abb. 1: Stratigraphie der Trias im Gebiet Nordschwarzwald – südlicher Kraichgau. Links: Zeitskala, Altersdaten nach STD 2016. Rechts: Lithostratigraphische Gliederung der Germanischen Trias und des Buntsandsteins im Nordschwarzwald, Mächtigkeiten in Anlehnung an die Bohrung Ensingen und Bohrungen im Oberrheingraben.



Abb. 2: Der Buntsandstein bildet die erste Schichtstufe über dem Kristallinausstrich von Schwarzwald und Odenwald. **A.** Forbach im Murgtal von Nordwesten (Nordschwarzwald). Die unteren und mittleren Talhänge werden von Granit gebildet, ab der Grenze zu Tigersandstein und Buntsandstein steigt der obere Talhang leicht konkav zur Traufkante der Schichtstufe hin an. Die Hochfläche liegt hier überwiegend in der höheren Vogesensandstein-Formation. **B.** Die Hänge der Schichtstufe sind meist mit grobem Blockschutt bedeckt. Griesbacher Wald bei Bad Griesbach (Zentralschwarzwald). **C.** Aufschlüsse über längere Profilabfolgen finden sich vorwiegend entlang von Bachbetten. Margarethenschlucht bei Neckargerach (Odenwald, Foto T. Huth). **D.** Im Ausstrichgebiet des Oberen Buntsandsteins liegen vielfach Rodungsinseln mit landwirtschaftlichen Flächen. Rotfelden bei Wildberg von Süden (Nordschwarzwald). Im Vordergrund Gäufläche des Unteren Muschelkalks, der auch unter den bewaldeten Höhen im Hintergrund ausstreicht. Im Mittelgrund Rodungsinsel auf Plattensandstein, hinten rechts bewaldeter Taleinschnitt des Schwarzenbachs in Vogesensandstein-Formation.



liegt entlang kurzer Talabschnitte zumindest die Felssohle unter der quartären Talfüllung im Oberen Buntsandstein, während die begleitenden Talhänge über der Talfüllung bereits durch Muschelkalk gebildet werden. Anhand von Aufschlüssen und Bohrprofilen lässt sich der Buntsandstein durch Baden-Württemberg von Südwest (am Hochrhein) nach Nordost (am Main) über eine Entfernung von mehr als 270 km verfolgen.

Der Buntsandstein besteht in Baden-Württemberg vorwiegend aus Sandsteinen und Geröllsandsteinen mit untergeordneten Tonschluffstein-Einschaltungen. Rotbraune bis rote Farben herrschen vor, doch treten lagenweise auch weiße, gelbe bis orangegelbe, beigefarbene, violette, graue und graugrüne Gesteine auf. Die Gesamtmächtigkeit erreicht im Norden des Landes mehr als 400 m, im Main-Taubergebiet etwa 500 m (Kap. 3.2). Nach Südosten und Süden schwindet die Mächtigkeit allmählich auf Werte von örtlich unter 10 m im Hotzenwald und Wutachgebiet, bevor der Buntsandstein im Untergrund des Alpenvorlandes ganz auskeilt. Bohrungen haben südöstlich einer Linie etwa von Überlingen nach Ulm keinen Buntsandstein mehr angetroffen; dort liegt eine sandige, teilweise auch fluviale Fazies des Muschelkalks unmittelbar auf Grundgebirge und örtlich auf Rotliegend (Nitsch & Simon 2020). Diese südöstliche Verbreitungsgrenze entspricht dem frühtriassischen Beckenrand des Mitteleuropäischen oder Germanischen Beckens, das sich nach Norden bis Südschweden und im Westen bis an das französische Zentralmassiv und die Ardennen, weiter nördlich bis Großbritannien erstreckte (Röhling & Lepper 2013). Im Vergleich mit der viel tonigeren und feinsandigeren Ausbildung in der Norddeutschen Senke wird die eher grobsandig-geröllführende Ausbildung Süddeutschlands oft pauschal als Randfazies bezeichnet – wobei allerdings dieser „Randsaum“ des Buntsandsteinbeckens eine Breite von mehr als 150 km und bis über 300 km aufweist, vom Beckenrand im Alpenvorland bis in das südhessische Bergland, wo der Übergang in die Beckenfazies einsetzt.

Die bisherigen Gliederungen des baden-württembergischen Buntsandsteins basieren auf den Kartiereinheiten der Geologischen Karten, die durch Profilaufnahmen ergänzt wurden und bislang als informelle Einheiten (d. h. ohne eine formale Definition) Verwendung fanden (Leiber et al. 2013). Sie beruhten überwiegend auf der Kombination von – im Verhältnis zur Gesamtmächtigkeit – relativ kurzen Teilprofilen aus Aufschlüssen entlang von Bachrissen, Rohrgräben, Verkehrswegen, in Steinbrüchen und Baugruben sowie

an Felswänden. Nur sehr wenige Bachrisse (im Schwarzwald auch Klinge oder Schliff genannt) bieten zusammenhängende Profile über mehrere Untereinheiten – das Beispiel der Margarethenschlucht im Odenwald (Backhaus 1968; Abb. 2 C) ist hier gerade durch seine Ausnahmestellung ein Beleg dafür. Profile über den gesamten Buntsandstein mussten daher bislang stets aus solchen Teilstücken zusammengesetzt werden, was in einer fluvialen, von kleinräumigen Fazieswechseln bestimmten Abfolge die Gefahr von Fehleinstufungen oder Fehlkorrelationen unweigerlich einschließt. Dies gilt auch für die Verwendung kurzer Bohrprofile von nur wenigen zehn Metern Länge, z. B. von Kernbohrungen aus Baugrunduntersuchungen.

Ziel der vorliegenden Zusammenstellung ist es, möglichst zahlreiche und dabei möglichst lange zusammenhängende Profilaufnahmen zu sichten und zu korrelieren. Neben den vergleichsweise wenigen längeren Aufschlussprofilen, bei denen oft Aufschlusslücken durch Lesesteine überbrückt werden müssen, kommen hierfür insbesondere Bohrprofile in Betracht. Dies sind einerseits die wenigen tiefen Kernbohrungen, aus denen die zuverlässigsten Mächtigkeitsangaben ermittelt werden können, andererseits aber auch die oft 100 bis 120 m, teilweise bis über 200 m tiefen Meißelbohrungen, die seit Mitte der 1990er Jahre vorwiegend zur Erdwärmegewinnung abgeteuft wurden und die auf nahezu jedem TK25-Blattschnitt des Buntsandstein-Ausstrichgebiets längere Profilaufnahmen erschlossen haben (Abb. 3).

Im Folgenden wird zunächst ein Abriss der Erforschungsgeschichte gegeben (weitere historische Einzelheiten im Anhang 1 unter dem jeweiligen Stichwort), danach der paläogeographische Rahmen unter verschiedenen Gesichtspunkten beleuchtet. Kapitel 4 widmet sich einer Zusammenfassung der bisherigen Altersdaten (weitere Einzelheiten bei den Formationsbeschreibungen) und Kapitel 5 der Faziesentwicklung. Kapitel 6 stellt den Hauptteil und dient der Beschreibung der lithostratigraphischen Formationen im Landesgebiet in Anlehnung an das Gliederungsschema der DSK (2013) bzw. von LithoLex. Für die bisher noch nicht formal beschriebenen Einheiten Eck- und Vogesensandstein-Formation werden auch die Subformationen nach dem formalen Schema dargestellt. Kapitel 7 betrachtet Möglichkeiten und Grenzen der Bohrlochgeophysik für die Buntsandstein-Stratigraphie im Landesgebiet. Diskussionen um Einzelfragen der stratigraphischen Abgrenzung und Einteilung sind in Kapitel 8 zusammengefasst, um den beschreibenden Teil nicht zu überfrachten. Den Abschluss bildet ein kurzer Ausblick auf



Abb. 3: Bohrkernauslage des Buntsandstein-Profiles der Bohrung Ensingen E15 (BO7019-2042).

den weiteren Forschungsbedarf. Das Literaturverzeichnis stellt über die im Text zitierte Literatur hinaus eine Zusammenstellung der bei der Vorbereitung dieser Schrift ermittelbaren Literatur zum Buntsandstein in Baden-Württemberg im Sinne einer Bibliographie dar. Im Anhang finden sich Erläuterungen zu historischen Begriffen und eine tabellarische Aufstellung der hier verwendeten Bohr- und Aufschlussprofile. Soweit nicht anders angegeben stammen die Fotos vom Autor (Bildarchiv LGRB).

2 Erforschungsgeschichte

„Es liegt nicht im Zwecke dieser Zeilen, die geschichtliche Entwicklung unserer Kenntniss der geognostischen Verhältnisse [...] bis ins Einzelne zu schildern; die Verdienste früherer Autoren um die Erforschung mineralischer Erfunde, von Gesteinen und Schichtengruppen werden bei der Beschreibung derselben im nächsten Abschnitt zu erwähnen sein. Nur den allmählig erfolgten Fortschritt in der Gesamterkenntnis des Districtes zu skizziren, ist hier beabsichtigt.“ (Eck 1892: 1)

Aus dem Buntsandstein des Schwarzwalds wurden im 18. Jahrhundert nur vereinzelte und meist unzusammenhängende naturgeschichtliche Beobachtungen notiert, so eine frühe Erwähnung von Karneolen aus Bulach und Freudenstadt (Anonymus „A.“ 1753: 413f: „Achat [und zwar] hellrothen mit weißen Flecken und Adern“, auch vermerkt auf der beigelegten Karte von Stahl 1753, vgl. Frank 1940, Obenauer 1974) oder eine frühe Erwähnung von Plattensandstein bei Sulz-Hopfau im Glatttal durch Rösler (1788: 165) als „rothe Sandsteine mit Glimmern (oder wie sie es nennen, mit dem silbernen Platt)“. Mit Beginn des 19. Jahrhunderts erschienen jedoch die ersten Versuche, die vorherrschend rotbunten Sandsteine des Schwarzwalds in die damals bekannte Abfolge des „Flözgebirges“ einzuordnen. Die Beschreibungen betreffen zunächst einzelne Schwarzwaldtäler oder die Umgebung beliebter Kurbäder (Selb 1805, Struve 1807). Nach dem Ende der napoleonischen Kriege und Konsolidierung der Staatsgrenzen durch den Wiener Kongress folgten jedoch bald erste geognostische Landesbeschreibungen (Memminger 1820, Hundeshagen 1821, Hehl 1821–1825) und Übersichtskarten (Keferstein 1821, 1822). Da der Steinsalz führende Muschelkalk im Neckargebiet



anfangs dem norddeutschen Zechstein gleichgestellt wurde, hielt man den „Rothen Sandstein“ im Schwarzwald (und ebenso im Odenwald) zunächst für Rotliegendes. Erst Merian (1821a, 1821b) gelang die Unterscheidung des eigentlichen Rotliegenden vom „Älteren Sandstein“ und dessen richtige Einstufung als Buntsandstein unter dem nun korrekt angesprochenen Muschelkalk. Im Verlauf einer mehrjährigen Diskussion fanden sich für diese neue Einsicht zunehmend Unterstützer (Boué 1822, 1824, Walchner 1824, Oeynhausen et al. 1825). Keferstein (1825) gab eine revidierte Karte für das (erst fast 130 Jahre später politisch vereinigte!) Landesgebiet von Baden-Württemberg heraus, Alberti (1826) widmete der Diskussion um dieses Thema einen Großteil seiner ersten Darstellung der württembergischen Gebirgsverhältnisse und selbst Buch (1826), anfangs der entschiedenste Gegner von Merians Ansichten, übernahm die neue Deutung schließlich in sein umfassendes Kartenwerk.

Als schließlich Alberti (1834) Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper zu einer neuen „Formation“, der Trias, zusammenfügte und damit ein bis heute bestehendes System der Erdgeschichte begründete, steht für den Bergrat des Königreichs Württemberg in seiner Beschreibung des Buntsandsteins naturgemäß jener des Schwarzwalds im Vordergrund. Hier findet sich auch die erste stratigraphische Gliederung des Schwarzwälder Buntsandsteins in Vogesensandstein und Plattensandstein („eigentlichem Buntsandstein“), nach dem Vorbild seines linksrheinischen Kollegen Elie de Beaumont (1827/1828) für die Vogesen (Grès de Vosges, Grès bigarré). Auch in seinem stärker paläontologisch ausgerichteten „Überblick über die Trias“ hält Alberti (1864) an dieser Gliederung fest, merkt nun aber an, dass der in Platten absondernde Sandstein des „Bunten Sandstein“ (der Obere Buntsandstein heutiger Gliederung) „zuletzt in Schieferletten (Röth der Norddeutschen)“ übergehe – und nimmt damit erstmals Bezug auf den Namen Röt für die tonige Ausbildung des Oberen Buntsandsteins, den Gutberlet (1847) eher beiläufig aufgebracht hatte.

Wesentliche Fortschritte für die Kenntnis von Mächtigkeiten und Ausbildung des Schwarzwälder Buntsandsteins erbrachte die erste staatliche geologische Kartierung im Maßstab 1:50 000, die einerseits seit 1856 im Auftrag des großherzoglich badischen Innenministeriums, andererseits ab 1859, auf Betreiben des Vereins für vaterländische Naturkunde, durch eine vom königlich württembergischen Finanzminister berufene Kommission begonnen wurde (Reiff 1992). Die Karten wurden mit kurzen Erläuterungen versehen, in denen sich auch erste Profilaufnahmen einzelner Aufschlüsse

finden (Sandberger 1861, 1863, Schill 1862, 1867, Platz 1867, 1873a, Vogelgesang 1872; Paulus 1866a, 1866b, 1868, 1871, 1875a, 1875b, Bach 1869, E. Fraas 1894, 1897). Ergänzend erschienen separate kurze Abhandlungen über Einzelthemen, darunter auch zum Buntsandstein (Sandberger 1858, 1859, 1864a, 1864b, Platz 1858, 1872, 1873b, 1881, Vogelgesang 1868, 1871).

Neben den Kartierungen und Tagesaufschlüssen trugen zunehmend Tiefbohrungen zu den Kenntnissen bei, die besonders in Württemberg auf der Suche nach Steinkohle (O. Fraas 1859, Schübler 1860, 1861, Paulus 1875b, Müller 1875, Schmidt 1912), seltener als Brunnenbohrungen oder auf der Suche nach Steinsalz (E. Fraas 1914, Röhrer 1914, Wepfer 1928) abgeteuft wurden. Mit Übersichtsbeiträgen wurden die regionalen Ergebnisse zusammengefasst (O. Fraas 1863, 1882a, 1882b, Alberti 1864, Engel 1883, Quenstedt 1884, Platz 1885).

Die geologische Kartierung des Schwarzwalds erbrachte erste Gliederungsversuche für den dortigen Buntsandstein. Sandberger (1861: 19) fasste den Abschnitt der heutigen Tigersandstein-Formation („Tigersandsteine, feinkörnige Sandsteine mit Schieferthon wechselnd“) mit den gröberen Sandsteinen der heutigen Vogesensandstein-Formation („Kieselsandstein und Conglomerat“) zu einem „unteren Buntsandstein“ zusammen, über dem dann ähnlich wie heute ein „oberer Buntsandstein“ folgt. Auf der folgenden Seite gibt er in einer Fußnote den ersten Hinweis auf einen „bläulichen oder violetten Sandstein mit Dolomitausscheidungen“, der bei Karlsruhe und in den Vogesen „eine sehr scharfe Grenze beider Abteilungen“ darstelle.

Die Gliederung wurde in den folgenden zwei Jahrzehnten durch Eck (1875, 1883, 1884a) weiterentwickelt, ebenfalls nach umfangreichen Kartierungen im Schwarzwald (Eck 1882a, 1885a, 1885b, 1886/87). Er beschränkt den Ausdruck „Unterer Buntsandstein“ nun auf die heutige Tigersandstein-Formation und scheidet erstmals darüber einen „Mittleren Buntsandstein“ aus, der die „theils mittel-, theils grobkörnigen“ Sandsteine von den vorherrschend feinkörnigen des Unteren und Oberen Buntsandsteins abgrenzt. Auch für den Odenwald schlägt er eine ähnliche Gliederung vor (Eck 1884b). Dabei weist er 1875 auf eine stärkere Geröllführung nahe der Basis des „mittleren Buntsandsteins“ hin, die auch in der Legende der Karte von 1882 (a) als „Schichte mit Geröllen krystallinischer Gesteine“ verzeichnet ist.

Eine nähere Beschreibung folgt bei Eck (1884a), wonach der mittlere Buntsandstein regelmäßig mit „einer etwa 40 m mächtigen Ablagerung groben

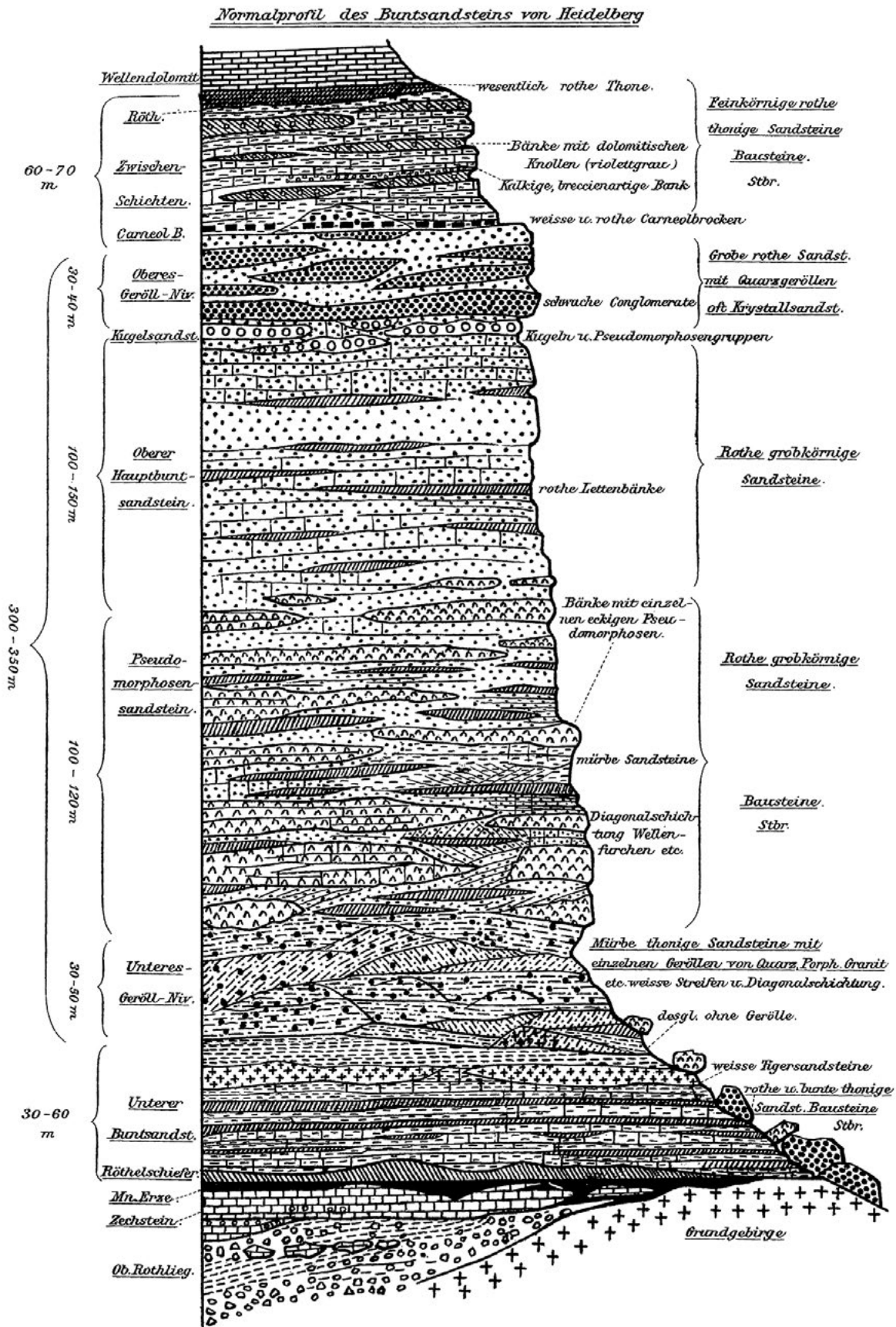


Abb. 4: Übersichtsprofil für den Buntsandstein im Raum Heidelberg von Andreae (1893). Das Profil fasst die Ergebnisse der geologischen Kartierung zusammen und betont die laterale Wechselhaftigkeit der Abfolge. Die Gliederung bildete trotz gelegentlicher Abweichungen im Detail über Jahrzehnte die Grundlage der Kartiergliederungen im Odenwald.



Sandes“ beginnt, der „in seinen oberen Partien [...] zu einem Conglomerate aufgehäuft zahlreiche wohlgerundete Gerölle“ aufweise. Dieser Abschnitt mürber Sandsteine wurde später von allen Kartierern wiedererkannt und als „Unterer oder Eck'scher Geröllhorizont“ gesondert ausgewiesen (z.B. Sauer 1894, 1895). Die Eck-Formation (seit LGRB 2003) ist heute die einzige Formation im Landesgebiet, die nach ihrem Erstbeschreiber benannt wurde.

Kurz nach Gründung der Badischen Geologischen Landesanstalt im Dezember 1888 begann sowohl im Schwarzwald als auch im Odenwald und Bauland die staatliche geologische Landesaufnahme im Maßstab 1:25 000. Während im Schwarzwald die von Eck (1884a) vorgestellte Gliederung des Buntsandsteins nun zur festen Kartiergliederung wurde (Sauer 1894, 1895, 1897, Schalch 1895, 1897, Thürach 1897a, 1897b), entstand für die etwas abweichende Ausbildung im Odenwald rasch eine eigene, jedoch daran angelehnte Gliederung (Andreae 1893, Andreae & Osann 1893, 1896, Schalch 1893, 1894, 1898, Steinmann & Graeff 1897; Abb. 4), die ähnlich auch in Hessen verfolgt wurde (z.B. Klemm & Chelius 1894). In Württemberg blieb es zunächst bei der Kartierung im Maßstab 1:50 000, doch wurde der „Hauptbuntsandstein“ nunmehr auch hier, zumindest in den Erläuterungen, in ein „Unteres Konglomerat“, eine „Sandsteinzone“ und ein „Oberes Konglomerat“ gegliedert (E. Fraas 1894, 1897).

Nach der Gründung einer Geologischen Abteilung im Württembergischen Statistischen Landesamt im Jahr 1903 begann auch im württembergischen Anteil des Schwarzwalds die geologische Kartierung im Maßstab 1 : 25 000, wodurch die Gliederung des Buntsandsteins nun auch im Kartenbild dargestellt werden konnte (Schmidt & Rau 1906, 1910, Regelmann 1907, 1908, M. Schmidt 1908, 1909, A. Schmidt 1909).

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts widmeten sich zunehmend Bearbeiter an Hochschulen, die selbst nicht an der amtlichen Kartierung beteiligt waren, regionalgeologischen Spezialthemen. Die Buntsandstein-Ausstrichgebiete wurden dabei insbesondere von Heidelberg und Freiburg aus bearbeitet, sowohl im Odenwald (Salomon 1901, Strigel 1912) als auch im Schwarzwald und im Hochrhein-gebiet (Pfaff 1893, Brombach 1903, Regelmann 1903, Bubnoff 1912a, 1912b, Glaser 1912, Neumann 1912, Disler 1912, 1914, Wilser 1913, 1914).

Angeregt durch die aktuogeologischen Beiträge von J. Walther erschienen um die Jahrhundertwende die ersten Deutungsversuche über Faziesbeziehungen und Bildungsweise des Buntsandsteins (Frantzen 1893, E. Fraas 1899, Philippi 1901, 1908, Walther 1904a, 1904b, Koenen 1904, Kranz 1906, Blanckenhorn 1907, Strigel 1912; Abb. 5). Hinzu kamen Einzelbeiträge über mineralisch-petrographische (Graeff 1889, Engel 1891, Cohen 1903, Blanck 1907, 1910/11, Bräuhäuser 1907, Strasser 1907, 1909) und paläontologische Befunde (E. Fraas 1889, 1901, 1904, 1913, Deecke 1889, Steinmann 1892, Huene 1902, 1917, M. Schmidt 1905, 1907, Spitz 1905, Stark 1909, 1913, A. Schmidt 1910, Bräuhäuser 1910a, Frentzen 1914). Wiederum waren es zusammenfassende Übersichtsdarstellungen und zunehmend auch Exkursionsführer, die die Fortschritte in Gliederung und Kenntnis des Buntsandsteins verbreiteten (Steinmann & Graeff 1890, Engel 1896, 1908, 1911, Sauer 1909, Salomon 1909, Grupe 1912, Deecke 1916–18, Hennig 1923, Rüger 1928).

Nach dem Ersten Weltkrieg wurde die amtliche geologische Kartierung fortgesetzt. Daneben erschienen jedoch mehr Beiträge aus den Hochschulinstituten als zuvor, insbesondere regionalgeologische (Hamm 1923, Wilser 1923a, 1924, Hildebrand 1924, Trefzger 1925, Röhler 1925b,

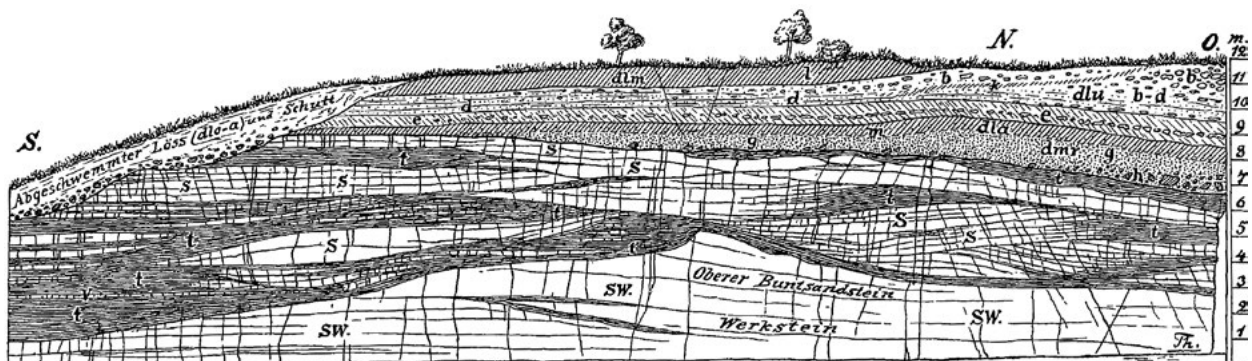
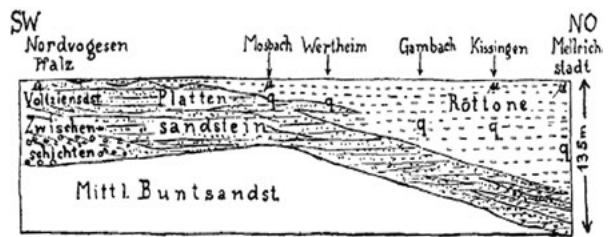


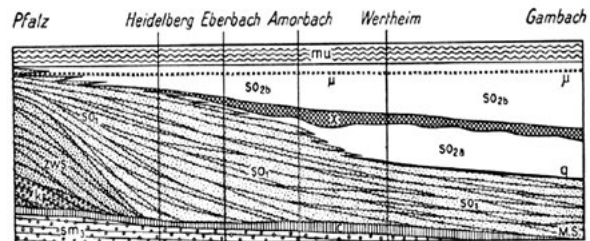
Abb. 5: Lagerungsbeziehungen im Oberen Buntsandstein in einem Steinbruch bei Karlsruhe-Grötzingen (Gemarkung Durlach), dokumentiert von Thürach (1912). S Sandstein, sw Werksandstein, t, rotbraune Tonsteine, darüber quartäre Deckschichten. Über der geschlossenen Werksandstein-Abfolge erkennt man mehr als 10 m breite isolierte Rinnenfüllungen, die durch Kompaktion linsenartige Querschnitte zeigen.

Schumacher 1928, Pfannenstiel 1928a, 1928b, Albiez 1931, Flum 1933, Guenther 1935, 1938, Abdullah 1936) und paläontologische (Wepfer 1919, 1922a, 1922b, Wilser 1923b, Frentzen 1924, 1930/31, 1931, Soergel 1925, Riek & Lebküchner 1928, Körner 1934, Edinger 1937, Frentzen & Hoffmann 1937, Linck 1943). Auch der Frage der Bildungsweise und Paläogeographie wurden nun häufiger eigene Beiträge gewidmet (Strigel 1919, 1922, 1929, Wagner 1930, Frentzen 1931, Frank 1931, 1937a, 1937b, Wilser 1933, Wilfarth 1933, Brinkmann 1933; Abb. 6). Seit den 1920er Jahren standen erstmals ausdrücklich stratigraphische Untersuchungen im Mittelpunkt einzelner Beiträge, sowohl für den Odenwald (Hildebrand 1924, 1929, Hoppe 1926, 1927, 1928, A. Vollrath 1939) und das Maingebiet (Schuster 1932, 1933, 1934, 1935, 1936) als auch für den Schwarzwald (Riek 1931), zu denen überregional vergleichende Studien kamen (P. Vollrath 1928, Hildebrand 1929, Strigel 1929).

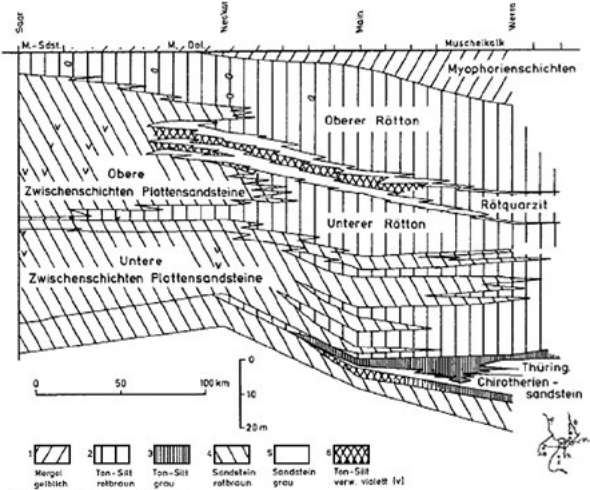
Intensive stratigraphische Diskussionen galten der Grenzziehung zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein im Maingebiet, Spessart und Odenwald. Verwechslungen entstanden insbesondere durch den Versuch, Fährtenhorizonte („Chirotheriensandstein“) als Leitschichten zu verwenden. Blanckenhorn (1917) hatte in Hessen unter dem schon bekannten Thüringischen Chirotheriensandstein einen weiteren Fährtenhorizont im tieferen dortigen Bausandstein festgestellt. Er korrelierte daraufhin diesen tieferen Fährtenhorizont mit dem Karneoldolomit-Horizont Mainfrankens, über dem ebenfalls ein Chirotheriensandstein liegt, und brachte den „Fränkischen Chirotheriensandstein“ Frantzens (1883), heute Rötquarzit, mit dem höheren der hessischen Fährtenhorizonte in Verbindung, der dort als Grenze zum Oberen Buntsandstein galt. Damit ordnete er die süddeutschen Plattensandsteine dem Mittleren Buntsandstein zu. Dagegen stellte Hildebrand (1924: 13) klar: „Der Chirotheriensandstein von Hildburghausen hat nichts mit dem viel höheren Spurenhorizont des Taubergrundes zu tun“ und betont den stratigraphischen Unterschied zwischen ‚Thüringischem‘ und ‚Fränkischem Chirotheriensandstein‘. Hildebrand (1924, 1929) sprach sich zudem für eine Einbeziehung des Karneoldolomit-Horizonts in den Mittleren Buntsandstein aus, da die Abgrenzung gegen die hangenden Plattensandsteine deutlicher sei als diejenige gegen den liegenden Felssandstein. Kirchner (1926, 1927) dokumentierte schließlich weitere Fährtenhorizonte zwischen diesen beiden, nämlich innerhalb der Plattensandsteine und an deren Obergrenze, und sprach sich für eine Einstufung aller Fährtenhorizonte in den Obe-



Strigel 1929



Schuster 1934



Backhaus 1981

Abb. 6: Historische Darstellungen der Verzahnung zwischen Plattensandsteinen und Röttonen im Gebiet der Südwestdeutschen Randfazies, aus Strigel 1929, Schuster 1934 und Backhaus 1981.

ren Buntsandstein aus, denn es sei „nicht mehr angebracht, den sog. Thüringer Horizont loszureißen und als oberstes Glied des mittleren Buntsandsteins zu betrachten“. Dagegen bezweifelte Grupe (1926, 1927) die Eignung der Spurenfossilien als stratigraphische Leitfossilien generell und hielt umgekehrt (1927: 161) „eine Losreißung des unteren [Thüringischen] Chirotheriensandsteins vom Mittleren Buntsandstein“ für „einfach eine Unmöglichkeit“.

Wie schon zuvor (Grupe 1912) korrelierte Grupe (1926, 1927) den hessischen Bausandstein mit dem „Hauptkonglomerat“ (Felssandstein) des Spessarts und Odenwalds und den süddeutschen Karneoldolomit-Horizont damit mit dem Thüringischen Chirotheriensandstein. Auch Schuster (1933) sah im Felssandstein des Maingebiets ein



Äquivalent des „karneolfreien Bausandsteins“, der sich nach Nordosten mit dem „Karneol-Bausandstein“ (Thüringer Chirotheriensandstein) zu einer geschlossenen Abfolge vereint, da der Karneoldolomit-Horizont noch südlich des Thüringer Waldes auskeilt. Allerdings zog er die Grenze zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein wie Hildebrand (1924) zwischen Karneoldolomit-Horizont und Thüringer Chirotheriensandstein und zog letzteren damit in den Oberen Buntsandstein. Dagegen blieb die badische Landesaufnahme bei der Praxis, den Karneoldolomit-Horizont, der nun als Äquivalent des Thüringischen Chirotheriensandsteins betrachtet wurde, wie bei Kirchner (1926) an die Basis des Oberen Buntsandsteins zu stellen.

Statistisch betrachtet erschienen zwischen den Weltkriegen im Durchschnitt zwei bis drei Beiträge jährlich über den Buntsandstein in Baden und Württemberg, nicht gerechnet die amtlichen Publikationen zu den Geologischen Karten. Nach dem Zweiten Weltkrieg intensivierte sich die Bearbeitung: zwischen 1946 und 2016 lassen sich über 300 Beiträge außerhalb der amtlichen geologischen Kartierung direkt auf den baden-württembergischen Buntsandstein beziehen, im Mittel somit vier bis fünf im Jahr. Allerdings verteilen sich die Publikationen nicht gleichmäßig über diese sieben Jahrzehnte – allein in den Jahren 1970 und 1971 erschienen jeweils 12 Beiträge mit direktem Bezug zum Buntsandstein im Schwarzwald oder südlichen Odenwald sowie mehr als 30 geologische Karten mit Erläuterungen oder Begleitheft, die den Buntsandstein-Ausstrich im Landesgebiet betreffen.

Die Mehrzahl der Publikationen, in denen Informationen über Ausbildung und Mächtigkeit des Buntsandsteins dokumentiert wurden, sind jedoch weiterhin regionalgeologischen Themen gewidmet. Neben Veröffentlichungen aus dem Geologischen Landesamt (K. Sauer 1949, 1950, Leiber 1972, Leiber & Münzing 1979, 1985, Huth 2002) und einigen Beiträgen von ehrenamtlich oder privatwirtschaftlich tätigen Forschern (W. Paul 1948, 1971, Wittmann 1948, Schmassmann 1950, Metz & Rein 1958, Metz 1960, 1971, 1980) waren es vorwiegend regionalgeologische Untersuchungen an der Universität Freiburg (Rest 1951, Lutz 1958, 1964, Genser 1959, Meister 1960, Berg 1961, Stellrecht 1961, 1963, Federer 1969, Leiber 1970a, Jenkner 1983, Savas 1998, Dimas 1999b), darunter viele meist unveröffentlichte Diplomarbeiten (Bailer 1951, Stellrecht 1954, Stober 1954, Lutz 1955, Budwill 1957, Berg 1958, Heizmann 1960, Franzen 1963, Ortlam 1963, Leiber 1964, Voss 1966, Drach 1973, Mehl 1979, Rauber 1979, Jenkner 1983, Atikzada 1985, Bilstein-Strohm & Mitzel

1987, Savas 1990, Ansari 1991, Zink 1993, Dimas 1999a, Kleine-Borgmann 1999, Werz 1999, Schradder 2000, Benn 2007).

Daneben betrafen auch Diplomarbeiten und Dissertationen anderer Hochschulinstitute den Buntsandstein im Odenwald und Schwarzwald, wobei außer in Heidelberg (Lodemann 1956, Böckh 1957, Gehenn 1959, Wendt 1963, Yahia 1971, Basting 1974, 1977, Belz 1986, Griesse 1986, Noe 1987) und Tübingen (Thurrow 1979, Becker 1985, Hornung 1994, Wachutka 1998) auch in Würzburg (Wirth 1962, Lepper 1967, Bokhari 1973, Kremians 1973, Rückert 1977, Wasserbauer 1978, Schenkel 1980, Freudenberger 1981, R. Simon 1982) und Frankfurt a. M. (Diederich 1964, Ortlam 1966, 1967) sowie in Stuttgart (Eissele 1955) einschlägige Themen vergeben wurden. Hinzu treten Exkursionsführer und regionalgeologische Einzelpublikationen (Hüttner et al. 1969, Rücklin & Schweizer 1971, Nickel & Fetter 1979, Schweizer & Kraatz 1982, Hagdorn & Simon 1988, Wurm et al. 1989, G. Geyer 2002, O. Geyer et al. 2003, Bock et al. 2005). Ergänzt wurden diese Darstellungen über die Ausstrichgebiete des Buntsandsteins durch zusätzliche Informationen aus Untersuchungen an Bohrprofilen (Frank 1952, Carlé 1955b, 1956a, 1970, 1971, 1972, 1975a, 1975b, 1982, Wirth 1962, Trusheim 1964, Käss 1967, Carlé & Wurm 1971, 1982, Basting 1974, 1977, Leiber & Münzing 1979, 1985, Brunner et al. 1981, Haunschild & Ott 1982, Ryf 1984, Dietrich 1982, Leiber 1982a, 1982b, 1989, 1991, 1992, Schädel 1982, Schnitzer 1986, NAGRA 1986–2001 und 2020–2023, Becker 1995, Junghans et al. 2002, Häring 2002, Backhaus & Schwarz 2003, Junghans 2003, Leiber & Simon 2004, Franz & Bock 2005, Simon et al. 2009, 2013, Franz et al. 2014, Freudenberger et al. 2016, Friedlein 2016, Nitsch et al. 2017, Schade 2017, Stalder et al. 2019, Sass 2019, 2021, Sass et al. 2023).

Neben den regionalgeologischen Arbeiten werden nun jedoch häufiger als vor dem Zweiten Weltkrieg Untersuchungen zu Petrographie und Geochemie einzelner Buntsandstein-Profile veröffentlicht (Hassmann 1950, Teichmüller 1952, Valetton 1953a, 1953b, Eissele 1957, Wendt 1963, Schnitzer 1964, 1986, Füchtbauer 1967, Leiber 1970b, Obenauer 1974, Backhaus 1979, Jahn et al. 1992, Reinl & Brockamp 1998, 1999a, 1999b, Reinl et al. 1998, Simon 1999, Fels et al. 2003, Eisenlohr 2004, J. Paul et al. 2008, Filomena 2012, Meyerinck 2017, Schade 2017, Stalder et al. 2019, Sass 2019, 2021, Sass et al. 2023). Arbeiten zu Paläogeographie, Beckenkonfiguration und Sedimentologie erscheinen ebenfalls häufiger (Gwinner 1955, Carlé 1956b, Sindowski 1957, Böckh 1957, Gehenn

1959, Degens et al. 1961, Lemcke & Wagner 1961, Wirth 1962, Herrmann 1962, Schnitzer 1964, 1986, Diederich 1966b, Backhaus 1967, 1968, 1971, 1974, 1979, 1981, 1994, Schnitzer 1969, Boigk & Schöneich 1970, 1974, Ortlam 1970d, Leggewie et al. 1977, Voßmerbäumer et al. 1979, Bleich et al. 1982, Backhaus & Bähr 1987, Hornung 1994, Bindig & Backhaus 1995, Lutz & Cleintuar 1999, J. Paul 2007, RUPF & NITSCH 2008, Dachroth 2009, 2013a, Schoch 2011, Röhling & Lepper 2013, Nitsch et al. 2017, Wimmenauer 2017), ebenso Arbeiten zur Fossilführung (Gehenn 1959, W. Simon 1961, Förster 1967, Ortlam 1967, 1970e, Jörg 1969, 1970, Haubold 1971, Demathieu & Haubold 1972, Leiber 1977a, Backhaus 1981, 1996, Pollard 1981, Mader 1984, Morales & Kamphausen 1984, Kamphausen 1989, Falkenstein 1994, Haderer et al. 1995, Hauschke & Wilde 2008, Frey et al. 2009, Brinkmann et al. 2010, Backhaus et al. 2013).

Stratigraphische Untersuchungen konzentrierten sich bis in die 1970er Jahre zum Einen auf die Perm-Trias-Grenze und damit die Abgrenzung des Buntsandsteins von randfaziellen Äquivalenten des Zechsteins („Thuringium“ bei Strigel 1950, Schmassmann 1951; Leiber 1971, Käding 1978), zum Zweiten auf die Korrelation der norddeutschen Buntsandstein-„Gruppen“ nach Boigk (1956) mit der Ausbildung in Odenwald (Gunzert 1958, Backhaus 1960, 1968, 1969a, 1969b, 1975, 1980, 1996, Gehenn 1962, Becksmann 1962, Laemmlen 1962, 1966, Trusheim 1963, Diederich 1964, 1965, 1966a, 1971, Lepper 1970, 1972, Diederich & Hickethier 1971; Abb. 7) und Schwarzwald (Eissele 1966, Arbeitsausschuss Buntsandstein 1974, Richter-Bernburg 1974; Abb. 8, 9), und zum Dritten mit der Gliederung des Oberen Buntsandsteins in den Ausstrichgebieten südlich des Mains (Böckh 1957, Gehenn 1962, Ortlam 1966, 1967, 1968, 1969a, 1969b, 1970b, 1970c, 1971a, 1971b, 1974).

Hervorzuheben ist dabei die Diskussion um die Äquivalente der Solling-Formation („Solling-Folge“) in Süddeutschland, insbesondere im südlichen Odenwald und Mainingebiet. Schuster (1933) hatte den Felssandstein Unterfrankens mit dem „Bausandstein“ in Hessen und Thüringen parallelisiert. Dessen Abgrenzungen – allerdings auch die Basis des Felssandsteins bei Schuster – waren bis dahin noch uneinheitlich gezogen worden, doch enthielten sie als wesentliche Einheit stets den „Solling-Bausandstein“ späterer Gliederungen. Nachdem Boigk (1957) eine sohlbankzyklische Gliederung des norddeutschen Buntsandsteins vorgestellt hatte, die sich in Bohrlochmessungen über weite Gebiete korrelieren ließ, wurden bis Mitte der 1970er Jahre besonders von hessischer Seite mehrere Versuche unternommen, diese

norddeutsche Gliederung mit den Kartiereinheiten im Mittelgebirgsraum zu korrelieren. Im Zentrum der Untersuchungen standen Spessart und Rhön und ihre vermittelnde Faziesausbildung zwischen Südniedersachsen einerseits und dem Mainingebiet und Odenwald andererseits.

Eine besondere Rolle spielte dabei die Korrelation der beiden Paläoboden-Komplexe im höchsten Mittleren Buntsandstein, der „Unteren“ und „Oberen Violetten Grenzzone“ (Laemmlen 1966) bzw. „Violetten Horizonte VH1 und VH2“ (Ortlam 1966), und damit verbunden die Abgrenzung und Zuordnung des als „Felssandstein“ bezeichneten Abschnittes. Laemmlen (1966) korrelierte die „Obere Violette Grenzzone“ mit dem „Thüringischen Chirotheriensandstein“, die „Untere“ mit der H-Diskordanz, und bezeichnete nur geröllführende Sandsteine darunter als „Felssandstein“. Backhaus (1968, 1974) wies darauf hin, dass in der Kartiereinheit „Felssandstein“ gebietsweise Sandsteine unter- und oberhalb der H-Diskordanz zusammengefasst wurden und rechnet nur diejenigen darüber zur „Solling-Folge“. Krämer & Kunz (1968) begrenzten den Namen „Felssandstein“ auf Sandsteine über H-Diskordanz und Violetttem Horizont smVH1 und korrelierten ihn mit dem unteren Teil der „Solling-Folge“ unter der „Violetten Grenzzone“ (smVH2). Bereits zuvor hatte Kunz (1965) den faziellen Übergang des Wilhelmshausener Sandsteins (der Solling-Formation) der südlichen Hessischen Senke in den Felssandstein (s. str.) im Spessart kartiert. Darüber folgen sogleich smVH2-Horizont und Thüringischer Chirotheriensandstein – weshalb Kunz (1965) und Krämer & Kunz (1968) eine weitere Diskordanz (S-Diskordanz) innerhalb der „Solling-Folge“ postulieren, an der Teile der tieferen Solling-Formation (Trendelburg- und Karlsruhahafen-Schichten) ausfallen. Dagegen bestritt Lepper (1970, 1972) das Vorhandensein einer „Oberen Violetten Grenzzone“ und hielt den „Felssandstein“ unter dem Karneoldolomit-Horizont des Spessarts für eine Sonderfazies der höchsten „Hardeggen-Folge“. Er könne nicht mit dem „Solling-Sandstein“ zusammengehören, da der in der Rhön über den (dortigen) „Karneol-Dolomit-Schichten“ liege (Abb. 10). Schließlich korrelierte Ortlam (1974) beide „Violette Grenzzonen“ der Rhön als „VH2a“ und „VH2b“, unter und über der „Solling-Folge“ (bei ihm ohne den zum Oberen Buntsandstein gerechneten Thüringischen Chirotheriensandstein), mit den Karneoldolomit-Horizont smVH2 südlich des Mains, wobei die „Solling-Folge“ nach Süden auskeile und der „Felssandstein“ eine Randfazies der (gesamten!) „Hardeggen-Folge“ sei. Wenngleich Diederich (1971) und Diederich & Hickethier (1971) die Deutung von Krämer & Kunz (1968) noch einmal aus eigener Kartiererfahrung bestätigt hat-



Folge	Formationen Nordtdld. (DSK 2013) Diskordanzen	Schuster 1932 1936	Gunzert 1958	Backhaus 1960	Laemmlein (Spessart) 1962	Kunz 1965 (Maingeb.)	Laemmlein 1966 (Spessart)	Ortlam 1967	Backhaus 1968	Lepper 1970	Ortlam 1974	Backhaus 1975	Backhaus & Schwarz 2003	LGRB, diese Arbeit Maintal Neckartal
s7	R	Ob. Röt-Tone Frank. Chiroth.-Sst. Unt. Röt-Tone Platten-sandstein	Röt	Solling-Gruppe	Röt-Folge Platten-sandstein-Folge	Oberröt-Folge 2. Unterröt-Folge 1. S-Diskord.	Röt-Folge Platten-sandstein-Folge Solling-Folge KDS	Röt-Folge TC VH2 Solling-Folge VH1	Röt Solling-Folge Felssandst.	Ob. Röt-Tone Unt. Röt-Tone Plattensst. Chiroth.-Sch. Solling-Folge KDS Felssandst. Hardeggen-Folge	Röt-Folge VH2 Solling-Folge Hardeggen-Folge Kieselg. Sst. VH1	Röt-Fm. Solling-Fm. Felssandst.	Röt-Fm. Solling-Fm. Felssandst.	Röt-Fm. Plattensandstein-Fm. TC Solling-Fm. VH2 Solling-Fm. VH1 Hardeggen-Fm. Felssandstein Subfm.
s6	S	Karneol-Dolomit-Chirotherien-Schichten Fels-sandstein	Hannoversche Stufe		Fels-sandstein-Folge	Solling-Folge H-Diskord. (fehlt am Main)	Solling-Folge KDS	Solling-Folge VH2 Solling-Folge VH1	Solling-Folge Felssandst.					
s5	H		Thüringische Stufe	Hardeggen-Gruppe	Mittel- bis grobkörniger Sandstein	Mittlerer Hauptbuntsandstein (nicht bearbeitet)	Rhön-Folge	Spessart-Folge "?" (nicht bearbeitet)	Hardeggen-Folge (nicht bearbeitet)		Defurth-Folge Hauptkongl.	Geiersberg-Fm.	Hardeggen-Fm.	Hardeggen-Fm. VH1
s4		Mittel- bis grobkörniger Buntsst.		Defurth-Gruppe			Eichsfeld-Folge						Defurth-Fm.	Defurth-Fm. Vogessandstein-Fm.
s3	D		Hessische Stufe			Diederich 1965	Salmünster-Folge				Ob. Bausst.	Rohrbrunn-Fm.	Volpriehausen-Fm.	Volpriehausen-Fm.
s2	V	Miltenerger Sst.	Fränkische Stufe	Main-Neckar-Gruppe	Feinkörniger Sandstein	Salmünster-Folge	Salmünster-Folge				Mittl. Bausst.	Milttenberg-Fm.	Milttenberg-Fm.	Milttenberg-Fm.
s1	Q	Eckscher Geröllst. Heigenbr. Sst.		Hainstadtler, Ilter-Ralbacher F., Schloß-Sst.	Bröckelschiefer	Geinhausen-Folge	Geinhausen-Folge				Unt. Bausst.	Eckscher Geröllst. Heigenbr. Sst.	Eckscher Geröllst. Heigenbr. Sst.	Eckscher Geröllst. Eck-Fm. Heigenbrücken-Sst.
z1-7	(Zechstein)	Bröckelschiefer	Bröckelschiefer		Bröckelschiefer	Bröckelschiefer-Folge	Bröckelschiefer-Folge				Untere Buntsst. alter Auffass.	Bröckelschiefer	Fulda-Folge Friesland-F. Ohre-F.	Heigenbrücken-Sst. (Langenthal-Fm.)

Abb. 7: Historische Gliederungen des Buntsandsteins im Odenwald und Spessart im Vergleich zur Gliederung im norddeutschen Becken (mit Lage der Diskordanzen Q bis R) und zur aktuellen amtlichen Gliederung in Baden-Württemberg. TC = Thüringischer Chirotheriensandstein.

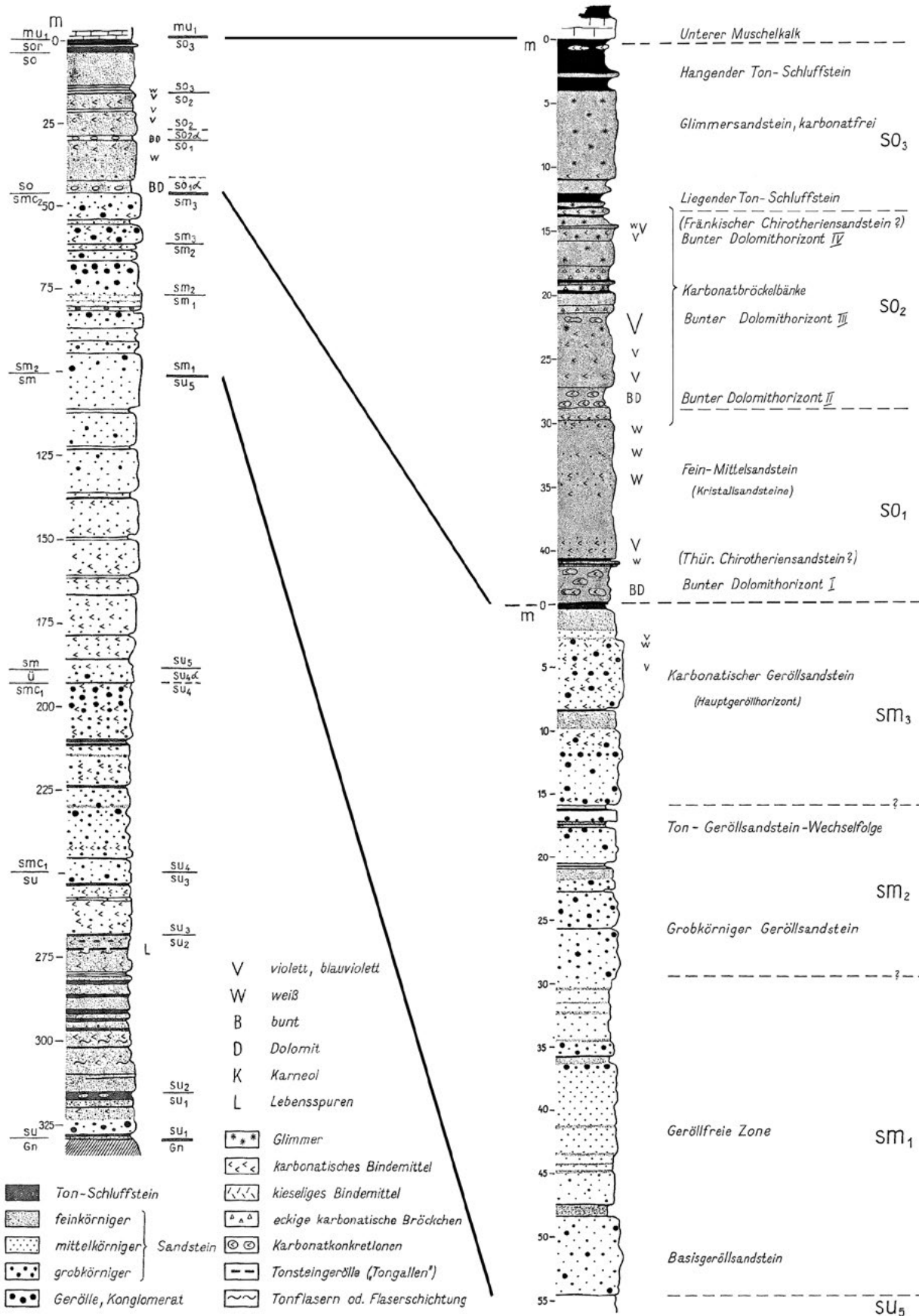


Abb. 8: Gliederungsvorschlag für den nordschwarzwälder Buntsandstein von Eissele (1966; kombiniert aus seinen Abb. 1–3). Das Standardprofil entstand durch die Kombination mehrerer Kernbohrungen im Raum Freudenstadt – Klosterreichenbach und zeigt bereits, dass Geröllsandsteine in unterschiedlichen Niveaus auftreten können und daher keine Sohlbankzyklen ausweisen.

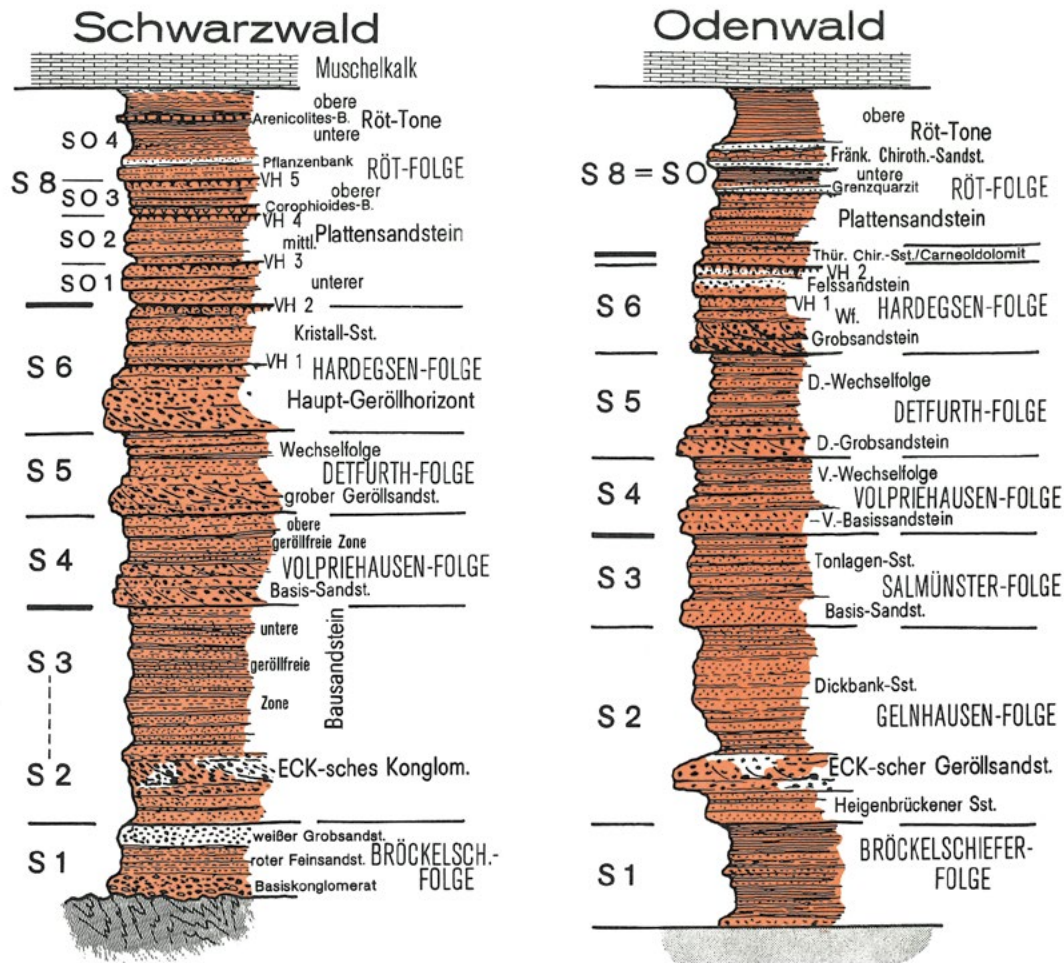


Abb. 9: Die Übersichtsprofile für Schwarzwald und Odenwald aus der „Stratigraphischen Synopsis“ von Richter-Bernburg (1974). Die Folgen-Kürzel s1 bis s8 entsprechen noch nicht den heutigen der DSK, da zu jener Zeit auch Tigersandstein und Bröckelschiefer zum Buntsandstein gerechnet wurden, die heute als Randfazies zur Zechstein-Gruppe gelten. Man vergleiche die hier so deutlich gezeichneten Wechsel zwischen Geröllsandsteinen und geröllfreien Sandsteinen mit der Darstellung Eisseles (1966; Abb. 8) und den realen Bohrprofilen (Beilagen 1–7).

ten, schlug Backhaus (1975) vor, „Felssandstein“ besser als eigenständige Einheit zwischen „Geiersberg-Formation“ und „Solling-Formation“ zu führen und dessen Stellung damit offen zu lassen.

Die Mehrzahl der Diskussionsteilnehmer war Teil des „Arbeitsausschuß Buntsandstein der Geologischen Landesämter“, der seit 1958 „in einer großen Zahl von Aussprachen und Vergleichsbegehungen die Arbeitsergebnisse der kartierenden Geologen, insbesondere in Bayern, Hessen und Niedersachsen, in Einklang zu bringen“ versuchte (Richter-Bernburg 1974: 128). Baden-Württemberg war durch E. Becksmann, K. Eissele und J. Leiber vertreten. Als Ergebnis dieser Diskussionen veröffentlichte der Arbeitsausschuß schließlich „Richtlinien zur Gliederung des westdeutschen Buntsandsteins“ (Arbeitsausschuß Buntsandstein 1974), zu denen Richter-Bernburg (1974) ergänzend eine „Stratigraphische Synopsis“ aus Standardprofilen über die verschiedenen Buntsandstein-Regionen vorstellte (Abb.9). Darin wurden der

Felssandstein in Oberfranken und im Odenwald und ebenso der Kristallsandstein des Schwarzwalds (Heidenstein-Subformation) ohne weitere Erläuterung der „Hardeggen-Folge s6“ (entspricht heutiger Folge s5) zugeordnet. Die Publikation der „Richtlinien“ und der „Synopsis“ von 1974 beendete die Diskussion um die Stellung des Felssandsteins für die nächsten zwei Jahrzehnte und stellte eine Grundlage für die amtlichen geologischen Kartiergliederungen der Länder dar. Entsprechend hatten bereits Look & Vinken (1971) den Begriff „Felssandstein“ durch das Kürzel ‚smH(F)‘ für die Geologischen Übersichtskarten der Bundesrepublik Deutschland unmittelbar mit der „Hardeggen-Folge“ verbunden, woraus in späteren Fassungen des „Symbolschlüssel Geologie“ die Kürzel ‚smHF‘ bzw. ‚smHSF‘ wurden (z. B. LBEG 2010).

Seit den 1980er Jahren konzentrieren sich die meisten Untersuchungen auf jeweils einzelne oder auf wenige benachbarte Aufschlüsse oder Bohrungen, die anhand von Gammalogs (Lei-

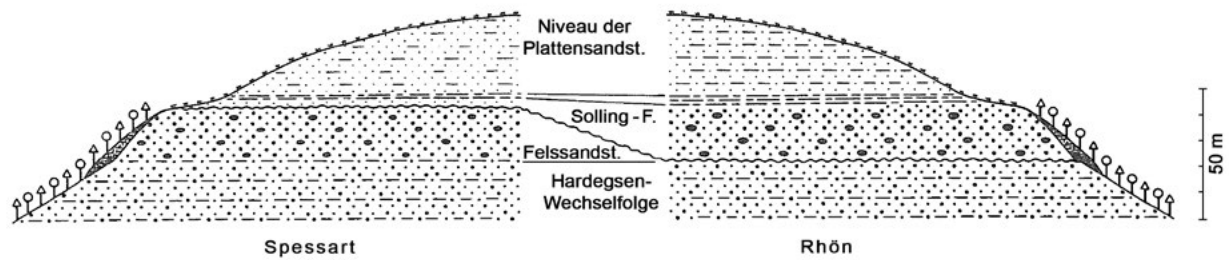


Abb. 10: Die von Lepper (1970) vorgestellte Beziehung zwischen Felssandstein im Spessart und Solling-Formation der Rhön (dort Abb. 13, unverändert). Trotz annähernd gleicher Gesamtmächtigkeit soll der Felssandstein eine Sonderfazies der Hardeggen-Formation sein, auf der die Solling-Formation diskordant auflagert und dabei genau so viel nach Süden an Mächtigkeit verliert, als Felssandstein erhalten bleibt.

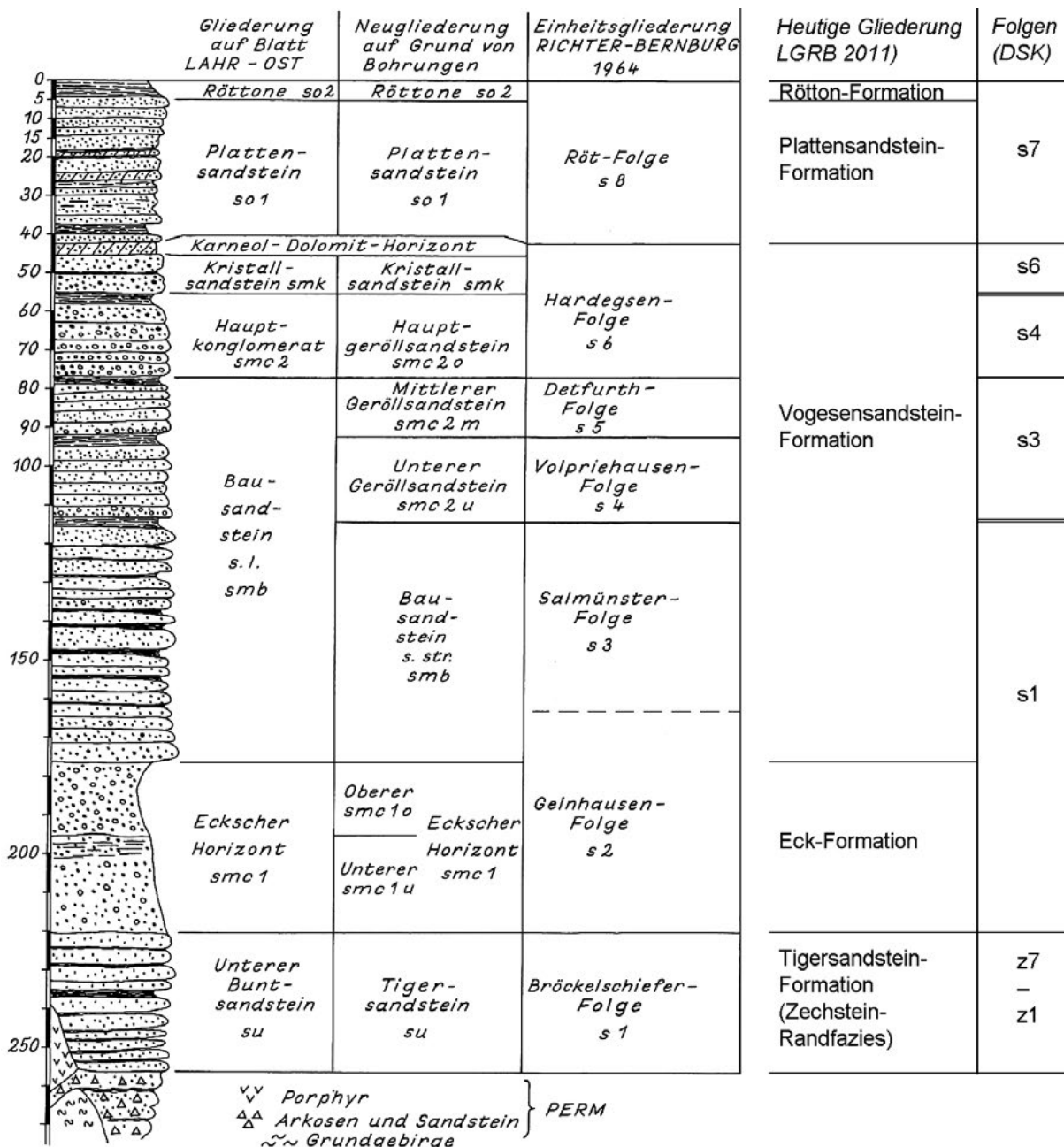


Abb. 11: Schematisches Buntsandsteinprofil für das Gebiet östlich Lahr nach Leiber (in Kessler & Leiber 1994). Das Profil ist, abgesehen von den Gesamtmächtigkeiten der Untereinheiten, nicht aus aufgemessenen Teilprofilen zusammengesetzt sondern stark schematisiert. Rechts die heutige Gliederung (LGRB 2011) und Korrelation (diese Arbeit) zu den Folgen (nach DSK 2013). Doppelte Linien deuten größere Schichtausfälle an, V bis S: Diskordanzen.



ber & Münzing 1985, Falkenstein & Krämer 1990, Backhaus & Schwarz 2003, Junghans 2003), von Leitbänken (Eltgen 1965, Mahler & Sell 1993, Dachroth 2009, 2013a) oder von sedimentologisch-zyklostratigraphischen Gliederungen (Aigner et al 1999, Backhaus et al. 2002, Junghans 2003, Schlegel & Brockamp 2003, Nitsch et al. 2017) nach der bestehenden stratigraphischen Einteilung interpretiert wurden.

Nach der deutschen Wiedervereinigung von 1990 und der Gründung einer gesamtdeutschen Subkommission Perm-Trias, nun Teil der Deutschen Stratigraphischen Kommission, erhielten die Bemühungen um überregionale Korrelationen und eine Vereinheitlichung der lithostratigraphischen Gliederungsprinzipien neuen An Schub. Eines der ersten Ergebnisse im Buntsandstein war die Ausgliederung von Tigersandstein und Bröckelschiefer (heute Tigersandstein-Formation und Langenthal-Formation) aus dem Unteren Buntsandstein und ihre formale Einstufung als Randfazies in die Zechstein-Gruppe (Lepper 1993, Menning et al. 2011). Für Baden-Württemberg wurde seit Anfang der 1990er Jahre unter Federführung von E. Villinger zudem ein landeseinheitlicher „Symbol-schlüssel Geologie“ entwickelt, in dem die bisher nur als Kartiereinheiten und regional teilweise abweichend benannten geologischen Einheiten in ein einheitliches und für die elektronische Datenverarbeitung geeignetes System gebracht werden sollte (GLA 1995). Im Buntsandstein wurde dabei die Gliederung des Schwarzwalds (Eissele 1966, Leiber 1970a, 1970b, 1982b, 1989, 1991, 1992b) auch auf den Odenwald übertragen, dabei aber mit einer Formationsgliederung entsprechend der norddeutschen Folgentgliederung kombiniert (Abb. 11). Die Begriffe „Folge“ und „Formation“ wurden bis dahin oft als Synonyme gebraucht, über ihre Gleichsetzung jedoch auch anhaltend diskutiert. Seit 1999 plädierte die Subkommission Perm-Trias eine formale semantische Trennung beider Begriffe: Formationen sollten lithostratigraphische, rein lithologisch abgegrenzte Einheiten darstellen, Folgen jedoch allostratigraphische Gesteinsabfolgen, die von gemeinsamen, als annähernd isochron gedeuteten Leitflächen oder Leitbänken begrenzt werden (Lutz et al. 2005). Die Unterscheidung wurde schließlich 2006 mit einem Beschluss der Subkommission angenommen (Menning et al. 2011) und in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland umgesetzt (STD 2002, STD 2016). Im Buntsandstein orientiert sich die Folgentgliederung somit an den Formationsgrenzen der norddeutschen Beckenfazies, um altersgleiche Schichtpakete – auch bei abweichender Faziesausbildung – bis in die Randfazies zu verfolgen. In der Formationsgliederung sind dagegen die Einheiten der Be-

ckenfazies auf deren fazielle Ausbildung begrenzt und werden randlich durch eigene, faziiell abweichende Formationen der Randfazies abgelöst, deren Grenzen meist nicht an den Folgentgrenzen liegen (z. B. Calvörde- und Bernburg-Formation durch Eck- und Miltenberg-Formation mit abweichender Grenzziehung; vgl. Kap. 7). Für Baden-Württemberg ist die Verwendung der norddeutschen Formationsnamen daher heute auf wenige Abschnitte vor allem im Norden des Landes beschränkt, deren Ausbildung derjenigen der südlichen Beckenfazies nahekommt (LGRB 2011, Leiber et al. 2013; Abb. 12).

3 Paläogeographischer Rahmen

„Vor allem nochmals: mit einer einzigen Erklärung („Meer“, „Wüste“) ist dem Buntsandstein nicht beizukommen.“ (Hennig 1923: 56)

3.1 Allgemeine Entwicklung

Der baden-württembergische Buntsandstein wurde nahe am Südrand des Mitteleuropäischen Trias-Beckens abgelagert. Das Landesgebiet nimmt hier den zentralen Teil des Süddeutschen Teilbeckens und einen Teil von dessen südöstlichen Beckenrand ein. Dieser verlief von der Nordschweiz über das westliche Bodenseegebiet nach Nordosten zum Nördlinger Ries, von dort weiter in die Oberrheinische Senke und am Westrand des Böhmisches Massivs entlang nach Norden, sowie als Südrand der nordostdeutsch-polnischen Senke nördlich um das Erzgebirge herum nach Südpolen (Abb. 13).

Dieser Beckenrand, also die Grenze des Sedimentationsgebiets gegen die Abtragungs- und Transportgebiete der umgebenden Hochländer, hat sich während Früher und Mittlerer Trias in mehreren Schritten weiter nach Süden und Südosten verlagert (vgl. Kap. 5.1). Die ältesten Ablagerungen des Buntsandsteins kamen daher nur im Norden und Westen des Landesgebiets zur Ablagerung, während im Südschwarzwald und im Untergrund von Hegau und Schwäbischer Alb nur Sedimente des höheren Buntsandsteins auf paläozoischen Gesteinen (variskisches Grundgebirge, gebietsweise Permokarbon oder Zechstein-Randfazies) abgelagert wurden. Die obersten Meter des Grundgebirges zeigen dabei häufig Veränderungen durch prätriassische bis frühtriassische Verwitterung und Bodenbildung. Besonders aus dem Südschwarzwald sind pedogene Krustenbildungen an der Kristalloberfläche bekannt, die unmittelbar von hö-

Alberti 1834	Eck 1884b	Riek 1931	Eissele 1966	Leiber 1977	nach Leiber in GLA 1995	n. Leiber in LGRB 2000	n. Leiber in LGRB 2004	Baden-Württemberg (LGRB 2011, 2024)	Kartiereinheiten in Unterfranken
(mu)	(mu)	(mu)	(mu)	(mu)	(mu)	(mu)	(mu)	Freudenstadt- / Jena-Formation	(Unterer Muschelkalk)
Bunter Sandstein (Plattensandsteine, Thonsandsteine)	Oberer Buntsst.	so (nicht bearb.)	Hangende Ton-Schluffst. so3	Röttone	Oberer Röttone (Myophorienbk.) Untere Röttone Rötquarzit	Röttone-Formation	Röttone-Formation	Röttone-Formation (Myophorienbk.) Oberer Röttone Rötquarzit Untere Röttone	(Myophorienschichten) Oberer Röttenstein Rötquarzit Unterer Röttenstein
			Glimmersst. Liegende Ton-Schluffst. Fränk. Chirotherien-Sandstein?	Plattensandstein	Plattensandsteinschichten	Plattensandstein-Formation	Plattensandstein-Formation	Plattensandstein-Formation	Plattensandstein Chirotherienschiefer
			so2						Thüring. Chiroth.-sst.
			Bunter Dolomithor.2	Karneol-Dolomit-Horizont	Karneol-Dolomit-Horiz.	Kristall-sandstein-Formation	Kristall-sandstein-Formation	Karneol-Dolomit-Horizont	Karneol-Dolomit-Hor.
			Kristall-sandstein so1	Kristallsandst.	Hardegsen-Formation	Hardegsen-Formation	Hardegsen-Formation	Hardegsen-Formation	Hardegsen-Formation
			Bunter Dolomithor.1	Hauptkonglomerat	Hauptgeröll-Horizont	Geröllsandstein-Formation	Geröllsandstein-Formation	Geröllsandstein-Formation	Geröllsandstein-Formation
			Hauptgeröllhorizont sm3						
			Grobkörniger Geröllhorizont sm2						
			Basis-Geröllhorizont sm1						
Vogesensandstein (grobkörniger Sandstein, Kieselstein, Conglomerate)	Mittlerer Buntsandstein	oben mit Geröll							
(unterer Teil nicht näher beschrieben)	Unterer Buntsst.	su (nicht bearb.)							
(unterer Teil nicht näher beschrieben)	Unterer Buntsst.	su (nicht bearb.)							

Abb. 12: Historische Gliederungen für den Buntsandstein in Baden-Württemberg im Vergleich zur Kartiergliederung in Unterfranken. *: die bisher angenommene Korrelation von „Unterm“ bis „Oberem Geröllsandstein“ mit Volpriehausen- bis Hardegsen-Formation der Beckenfazies zeigt sich in den hier vorgelegten Profilkorrelationen nur im Kraichgau und in Teilen des Odenwalds als nachvollziehbar, während der „Obere Geröllsandstein“ des Schwarzwalds offenbar ein Äquivalent der Detfurth-Formation ist (s. Kap. 6–8). Abkürzungen: Fm. = Formation, Sfm. = Subformation, mu = Unterer Muschelkalk, Myophorienbk. = Myophorienbank, su, so = Unterer, Oberer Buntsandstein, su1 bis so3 = Kürzel nach Eissele (1966), Thüring. Chiroth.-sst. = Thüringischer Chirotheriensandstein, u., m., o. = Untere, Mittlere, Obere.

herem Buntsandstein (Heidenstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation oder Oberer Buntsandstein) überlagert werden. Kleinräumige Mächtigkeitsunterschiede zeigen dabei an, dass die Buntsandstein-Sedimentation hier auf einem flachen Paläorelief beginnt. Dieses kann auf geneigte Fußflächen (Pedimente) des Vindelizischen Berglandes zurückgeführt werden, die örtlich von Erosionsrinnen zerschnitten sind (Kap. 5.1). Am deutlichsten zeigt sich dies im Hochrheingebiet, wo spätpermische Ablagerungen Burgundischen Beckens bis an den Südrand des Schwarzwalds reichen und deren Dachfläche ebenfalls von solchen Erosionsrinnen betroffen ist (Nitsch et al. 2017).

Zu Beginn der Buntsandstein-Sedimentation fällt die Verbreitung der Eck-Formation weitgehend mit derjenigen der Zechstein-Randfazies darunter zusammen. Sie greift im Schwarzwald nur wenige Kilometer nach Süden darüber hinaus, während sie im Untergrund der Schwäbischen Alb offenbar diskordant unter den Äquivalenten des Mittleren Bunt-

sandsteins fehlen kann und dann auf eine etwas geringere Verbreitung reduziert ist (Kap. 8.11). Das Schwermineralspektrum deutet im Vergleich zur Zechstein-Randfazies jedoch auf neue Liefergebiete im Südwesten hin (Sass et al. 2023), was auf die Überwindung von vormaligen Wasserscheiden südlich der (heutigen) Vogesen hinweisen könnte. Im Verbreitungsgebiet der spätpermischen Tigersandstein-Formation war das frühpermische Paläorelief der Grundgebirgs- und Rotliegend-Oberfläche durch deren Ablagerungen weitgehend verdeckt worden. Im Nordschwarzwald und im Odenwald ragten jedoch noch einzelne Inselberge aus der endpermischen Alluvialebene heraus. Sie wurden erst von der Eck-Formation bzw. vom Heigenbrücken-Sandstein verschüttet, die dann unmittelbar dem Grundgebirge auflagern.

Die erste bedeutendere Ausweitung des Sedimentationsraumes nach Südosten um etwa 20–30 km (sequenzstratigraphisch ein Onlap) erfolgte im Südschwarzwald während der Ablagerungszeit der

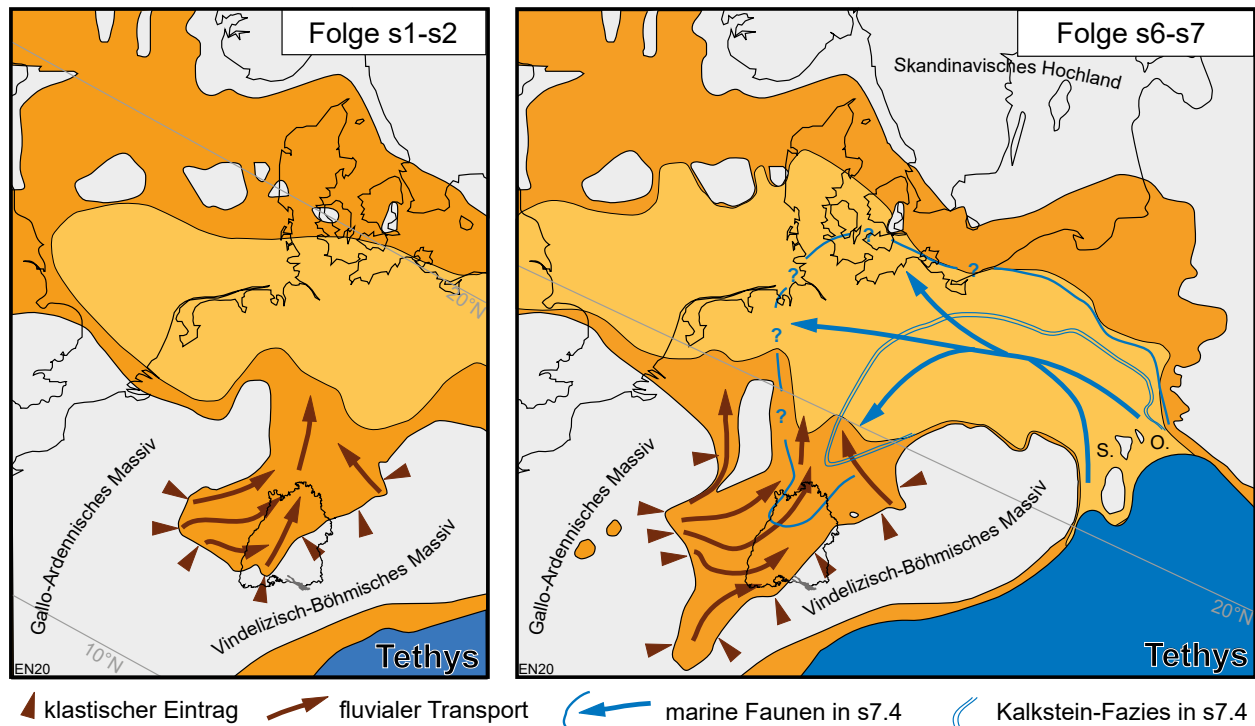


Abb. 13: Paläogeographische Übersicht Mitteleuropas zur Ablagerungszeit des Unteren (Folge s1-s2) und höheren Mittleren bis Oberen Buntsandsteins (Folge s6-s7), zusammengestellt nach Sindowski (1957), Durand (1978, 2013), Szyperko-Teller et al. (1997), Bourquin et al. (2006), Dachroth (2013), Freudenberger et al. (2013), Leiber et al. (2013), Stets (2013), Nitsch et al. (2017); Paläobreiten nach Golonka & Ford (2000). S.: Schlesische Pforte, O.: Ostkarpaten-Pforte.

Vogesensandstein-Formation durch das Übergreifen der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation auf Grundgebirge des südlichen Zentralschwarzwalds (Nitsch et al. 2017). Dies dürfte mit dem Niveau der norddeutschen V-Diskordanz zusammenfallen, wie die Korrelation von Bohrlochmessungen nahelegt (Kap. 7, 8.11). An der Basis der Heidenstein-Subformation erfolgte dann eine weitere Ausdehnung des Sedimentationsgebiets um mindestens 50 km nach Süden bis in den Schweizer Tafeljura (Nitsch et al. 2017; Abb. 14). Dieser nach Süden zunehmend auf Rinnen bzw. Senken im Paläorelief beschränkte Onlap entspricht dem Niveau des Violetten Horizont smVH1 und damit wahrscheinlich der norddeutschen H-Diskordanz (vgl. Kap. 8.10-11). Der Onlap setzt sich fort mit dem Übergreifen von smVH2-Horizont (S-Diskordanz) und Plattensandstein-Formation über die höheren Flächenanteile des Paläoreliefs zwischen den von der Heidenstein-Subformation gefüllten Senken und Rinnen. Während dabei die Schwermineralspektren des Heidenstein-Kristallsandsteins im Schwarzwald noch stark variieren und teilweise mehr dem (aufgearbeiteten?) Liegenden entsprechen, zeigt sich teils hier, sonst mit dem smVH2-Horizont eine erneute Änderung unter dem Einfluss neuer Liefergebiete (Sass et al. 2023). Der Sedimentationsraum wird dabei allerdings nicht überall weiter nach Süden bzw. Südosten ausgedehnt. Ein weiterer Onlap erfolgt mit

dem Unteren Muschelkalk, dessen dort geringmächtige alluviale und randmarin-sandige Randfazies im Alpenvorland weiter auf das Grundgebirge übergreift (Nitsch & Simon 2020). Die Ausweitungen des Ablagerungsraumes mit Einsetzen der Schliffkopf-Geröllsandstein- und der Heidenstein-Subformation korrelieren wahrscheinlich mit zwei vergleichbaren Beckenausweitungen am westlichen Beckenrand im Untergrund des Pariser Beckens, zum einen zwischen den Zyklen B2 und B3, zum anderen mit noch größerer Ausweitung zwischen B4 und B5 nach Bourquin (2006). Auch im bayrischen Abschnitt des Beckenrandes scheint es eine Ausdehnung des Beckengebiets vom Unteren in den Oberen Buntsandstein zu geben, doch ist für die dortigen randnahen Gebiete die Korrelation in ihren Einzelheiten noch teilweise unklar (Freudenberger 1996, Freudenberger et al. 2013).

Die Sedimente werden im Unteren und Mittleren Buntsandstein landesweit von fluvialen Sand- und Kiesablagerungen beherrscht, die nur von geringmächtigen pelitischen Zwischenlagen unterbrochen werden. Die Schüttungsrichtungen einzelner Sandsteinkörper schwanken zwar etwas, was auf einen teilweise gewundenen Verlauf der Fließrinnen zurückgeführt werden kann, weisen aber generell von Südwest nach Nordost, im Odenwald zunehmend nach Nordnordost (Brinkmann 1933,

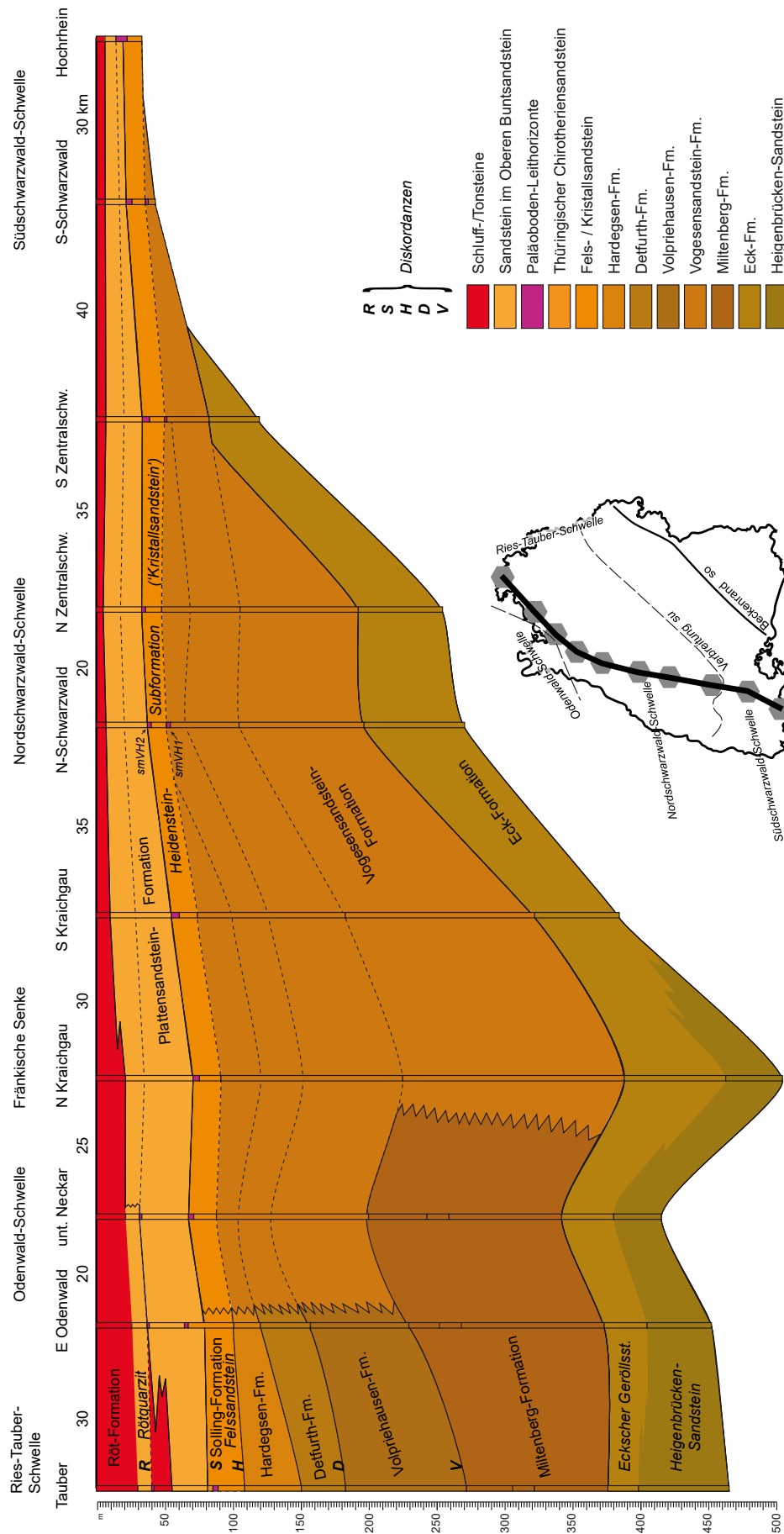


Abb. 14: Stratigraphischer Profilschnitt durch den Buntsandstein in Baden-Württemberg. Die eingezeichneten Referenz-Profilssäulen entstanden durch Kombination nahe gelegener langer Bohrprofile mit überlappender Schichtenfolge. Die grauen Sechsecke geben die ungefähre Lage der jeweils verwendeten Profilgruppe an. Die Profile sind in den Profilkorrelationen einzeln dargestellt. Beachte Ausfallen der s5-Folge (Hardeggen-Formation und Äquivalente im Bereich der Odenwald-Schwelle und im Schwarzwald. Die „Oberen Geröllsandsteine“ des Nord- und Zentralschwarzwalds entsprechen daher den „Mittleren“ des Kraichgau.

Sindowski 1957; Abb. 15). Anhand der relativen Häufigkeitsverhältnisse im verarmten Schwermineralspektrum definierte Sindowski (1957) für die Ausstrichgebiete von Schwarzwald, Kraichgau und Odenwald zwei unterscheidbare Sedimentströme, von denen der südliche nur im Schwarzwald, südlichen Kraichgau und südöstlichen Odenwald, der nördlichere von den Vogesen über den nördlichen Kraichgau und Odenwald bis in den Spessart belegt ist. Die Unterscheidung dieser beiden Sedimentströme konnte auch Schnitzer (1969, 1986) für den fränkischen Raum bestätigen, wobei er Sindowskis „Vogesen-Pfälzer Wald-Turmalinprovinz“ als „Aschaffburger Fächer“, die „schwarzwäldisch-hessische Stabilprovinz“ als „Würzburger Fächer“ bezeichnete, in dessen Einflussbereich auch die Bohrung Boxberg fällt (BO6523-17; Schnitzer 1986). Weiter nördlich, entlang der Hessischen Senke, vermischen sich diese südwestlichen Sedimentströme zunehmend mit Sediment-

strömen östlicher Provenienz, was sich auch in der Zusammensetzung der Feldspat-Anteile abbildet (Füchtbauer 1974, Heim 1982).

Neuere Untersuchungen von Proben aus unterschiedlichen stratigraphischen Einheiten vom Unteren bis in den Oberen Buntsandstein, gewonnen aus Bohr- und Aufschlussprofilen im Schwarzwald und Kraichgau (Meyerink 2017, Schade 2018, Sass et al. 2023), weisen jedoch auf merkliche Schwankungen der relativen Anteile verschiedener Schwerminerale im Sedimentationsverlauf hin.

Insbesondere mehrfache Schwankungen im Verhältnis der häufigsten Schwerminerale Apatit, Turmalin und Zirkon in der Bohrung Kraichgau 1002 (BO6819-83) sind wahrscheinlich auf laterale Verlagerungen der einzelnen Sedimentströme zurückzuführen, wodurch insbesondere der Kraichgau abwechselnd in den Einflussbereich unterschied-

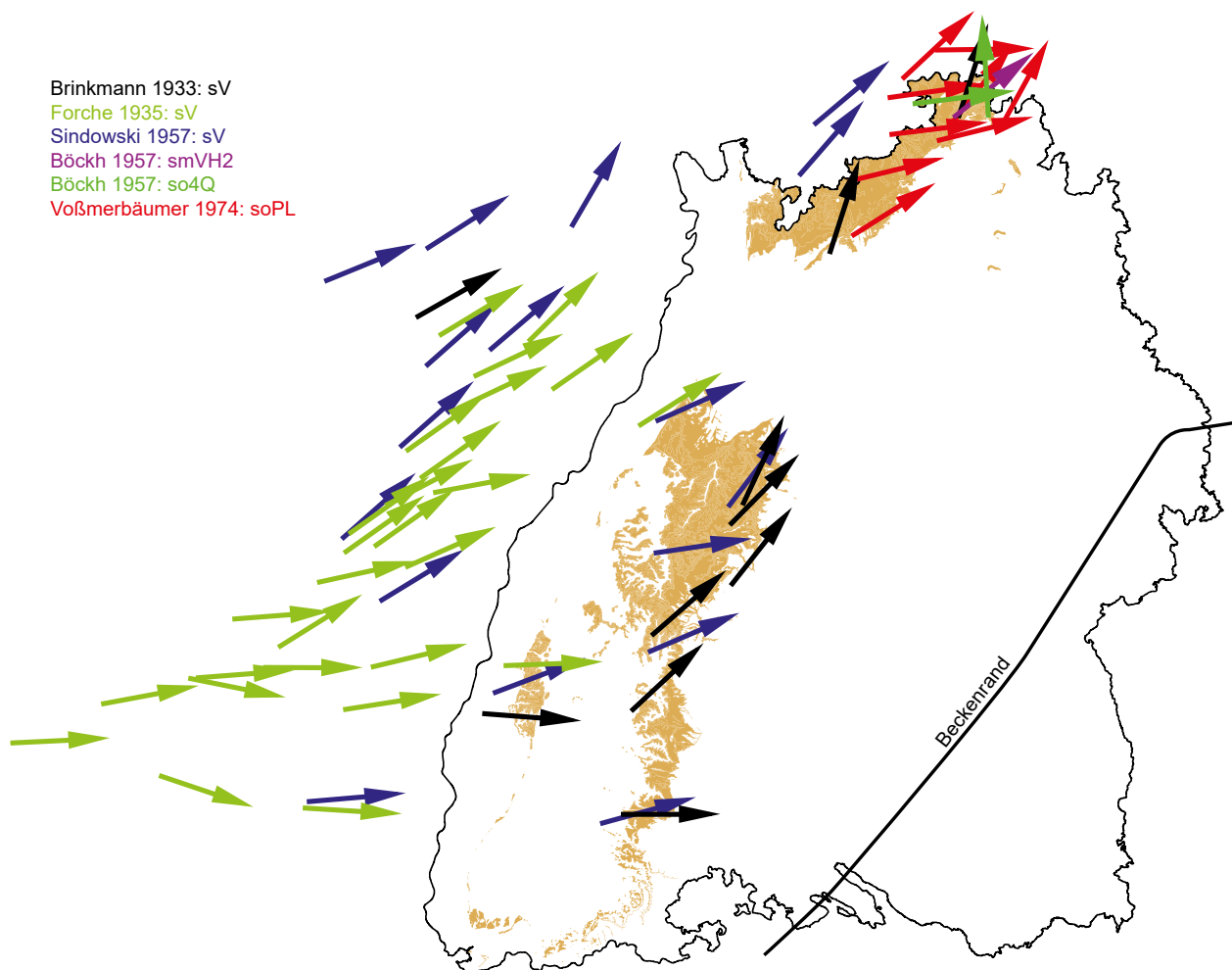


Abb. 15: Schüttungsrichtungen im Buntsandstein nach Schrägschichtungsmessungen von Brinkmann 1933, Forche 1935, Sindowski 1957, Böckh 1957 und Voßmerbäumer 1974 (Pfeile nach Quelle farbcodiert). Aus den Ergebnissen von Böckh im Raum Wertheim sind nur drei Pfeile dargestellt, seine Messungen in der Plattensandstein-Formation entsprechen denen von Voßmerbäumer.

licher Liefergebiete kam. Dies macht sich offenbar auch durch laterale Korngrößenunterschiede bemerkbar, z. B. durch basale feinsandige Schüttungen in Heigenbrücken-Fazies in den Bohrungen Kraichgau 1001 und 1002 (BO6719-178 und BO6819-83), die von den für den Schwarzwald typischen Grobsanden der Eck-Formation überlagert werden. Ähnliches gilt für grobsandige Einträge im Oberen Buntsandstein im Kraichgau (Gehenn 1962, Ortlam 1968), die im Schwarzwald erst viel weiter südlich auftreten (Ortlam 1968: Abb. 3). Das Sedimentmaterial dürfte demnach im Schwarzwald (Schwarzwald-Würzburg-Sedimentstrom) aus Abtragungsgebieten südwestlich des Burgundischen Beckens stammen, aus dem Gebiet des heutigen Zentralmassivs, und teilweise vom Vindelizischen Hochland im Südosten. Dagegen dürfte der Vogesen-Aschaffenburg-Sedimentstrom eher aus Abtragungsgebieten stammen, die heute unter dem Pariser Becken verborgen sind (Abb. 15). Meyerink (2017) fand in Sandsteinen des Pfälzer Waldes stark abweichende Schwermetallverhältnisse, was auf einen weiteren Sedimentstrom hinweist, der möglicherweise nördlich an der Odenwald-Spessart-Schwelle vorbeizog und die Sandschüttungen im Kraichgau nicht beeinflusste.

Erste Untersuchungen an ererbten kristallographischen Defekten in detritischen Quarzkörnern aus dem Badischen Bausandstein und dem Plattensandstein der Bohrung Ensingen (BO7019-2042) ergaben Hinweise auf eine nur teilweise Verlagerung der Liefergebiete vom Unteren und Mittleren bis in den Oberen Buntsandstein Süddeutschlands. Die Berechnungen von Stalder et al. (2019) legen den Schluss nahe, dass der größere Teil der Liefergebiete über den gesamten Buntsandstein konstant blieb, aber ein Teil der Sedimentquellen, die das Material für den Badischen Bausandstein lieferten, für den Oberen Buntsandstein keine Rolle mehr spielte. Andere Abtragungsgebiete – oder ein tieferes Gebirgstockwerk im Abtragungsgebiet – traten dagegen neu hinzu.

Im Oberen Buntsandstein bleiben grobsandige und geröllführende Ablagerungen auf Gebiete nahe am südöstlichen Beckenrand beschränkt. Einzelne grobsandige und lagenweise geröllführende Lagen, wie sie in den ‚Couches intermédiaires‘ der Vogesen auftreten, erreichen das Landesgebiet nur in geringen Ausläufern im Osten von Schwarzwald und Kraichgau (Ortlam 1968). Bereits etwa 60–80 km nördlich des Beckenrandes bestehen die Sedimente des Oberen Buntsandsteins ausschließlich aus Mittel- und Feinsandsteinen mit eingeschalteten Ton- und Schluffsteinen, die nach Nordosten zunehmend größere Teile des höheren

Plattensandsteins als Röttone vertreten. Lediglich aus Bad Mergentheim (BO6524-6) beschreibt Carlé (1956) an der Basis des Oberen Buntsandsteins einen 1,9 m mächtigen Grobsandstein (bis 1 mm Korngröße), der auf Schüttungen vom dort etwa 80 km entfernten südöstlichen Vindelizischen Beckenrand hinweist.

Im höchsten Teil des Oberen Buntsandsteins machen sich in der Nordhälfte des Landesgebiets erstmals marine Einflüsse auf das Sedimentationsgeschehen bemerkbar. Zwar stehen bis zur Muschelkalkbasis weiterhin fluviale Prozesse und Schichtflutereignisse im Vordergrund, doch neben die artenarmen Süßwasserfaunen, Tetrapodenfährten und Pflanzenreste treten über dem Rötquarzit nun in mehreren meist nur zentimeter-, höchstens dezimetermächtigen Lagen auch Fossilgemeinschaften aus wenigen euryhalinen marinen Arten. Es dürfte sich um vorübergehende eingeschränkt-marine Ingressionen aus dem Rötmeer der Norddeutschen Senke in eine fluvial bis limnisch geprägte Küstenebene handeln. Die Lagen mit marinen Fossilien blieben auf die Fränkische Senke beschränkt und fehlen bereits im südlichen Kraichgau und Nordschwarzwald. Erst im Elsass, in den Vogesen und im südlichen Oberrheingebiet finden sich wieder dünne Lagen mit eingeschränkt-marinen Faunen in einer Buntsandstein-Fazies dicht unter der Muschelkalk-Basis. Die Muschelkalk-Fazies setzt hier jedoch stratigraphisch erst in einem etwas höheren Niveau ein, weshalb zumindest der höhere Voltziensandstein der Vogesen (Durand 2013) und Teile des ‚Röttons‘ im südlichen Oberrheingebiet wohl bereits eine Küstenfazies zum untersten Muschelkalk östlich und nördlich des Schwarzwalds darstellen. Rote Zwischenlagen im basalen Muschelkalk des Südschwarzwalds und Hochrheingebiets legen für diesen Raum jedenfalls eine Verzahnung von grauer Muschelkalk-Fazies (im Nordosten der Sissach-Schwelle) und roter Rötton-Fazies (im Westen und Süden) nahe (Diskussion in Nitsch et al. 2017 und Kap. 5.8).

3.2 Paläotektonische Gliederung

Nach der Variskischen Gebirgsbildung war der süddeutsche Raum im Späten Karbon und Frühen Perm noch ein gebirgiges Abtragungsgebiet, in dem sich Sedimente nur in einzelnen, tektonisch begrenzten Becken ablagern und erhalten konnten (Übersicht und Literatur in Nitsch & Zedler 2009, Geyer et al. 2023). Erst im Mittleren bis Späten Perm setzt eine überregionale Absenkung (Subsidenz) der Erdkruste ein. In deren Verlauf entstand ein geschlossenes Sedimentationsgebiet, das sich als „Germanisches“ oder „Mitteleu-



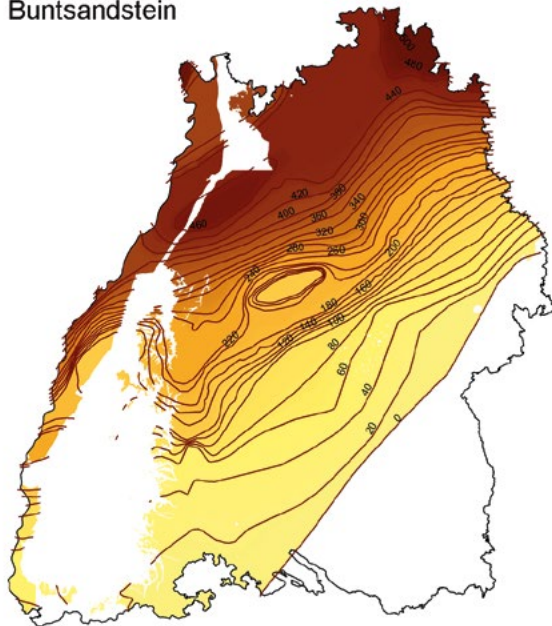
ropäisches Becken“ vom Norddeutschen Becken ausgehend immer weiter nach Süden ausdehnte und in der Mitteltrias bereits vom Ostsee- bis in das Bodenseegebiet reichte. Im Landesgebiet sind die ersten Ablagerungen dieser neuen Beckenkonfiguration jene der Zechstein-Gruppe, die hier vorwiegend durch ihre klastische Randfazies vertreten ist. Diese spätpermischen Sand-, Ton- und Dolomitsteine finden sich nördlich einer Linie, die vom Zentralschwarzwald in den Untergrund der Mittleren Schwäbischen Alb und etwa von Geislingen a. d. St. nordwärts bis in den Raum Crailsheim verläuft (Rupf & Nitsch 2008). Mit dem Buntsandstein dehnt sich der Sedimentationsraum weiter nach Süden aus bis zu einer etwa Südwest-Nordost verlaufenden Randlinie von der Nordschweiz über den westlichen Bodensee bis zum Nördlinger Ries. Die Mächtigkeiten nehmen dabei generell von Nord nach Süd ab, im Osten des Landes schneller, im Oberrheingebiet erst über größere Entfernungen. Ganz im Südwesten, im Raum Basel, steigen die Mächtigkeiten im dort allein abgelagerten höheren Buntsandstein gegen Südwesten wieder leicht an und leiten in das Burgundische Becken über, das sich im Gebiet des Faltenjura und dessen Vorland von der Nordwestschweiz bis nach Frankreich erstreckt (Boigk & Schöneich 1974).

Die Mächtigkeitsverteilung des Buntsandsteins in Baden-Württemberg (Abb. 16) zeigt, dass die Absenkung des Sedimentationsgebiets, die eine

Erhaltung der überwiegend fluvialen Sedimente erlaubte, regional nicht gleichmäßig erfolgt ist. Nördlich des etwa SW–NE vom westlichen Bodensee zum Ries verlaufenden Beckenrandes nehmen die Mächtigkeiten gegen Nordwesten zunächst nur langsam zu. Nahe am Beckenrand fehlen dabei die älteren Abschnitte des Buntsandsteins. In einem etwa 40–50 km breiten Randstreifen entlang der Verbreitungsgrenze sind nur randfaziale Äquivalente der jüngsten Abschnitte des Mittleren und der Obere Buntsandstein abgelagert worden, weithin überhaupt nur Oberer Buntsandstein. Die Mächtigkeit bleibt hier unter 50 m. Dieses Gebiet südlich etwa von Rottweil und Freiburg war als SW–NE streichende Südschwarzwald-Schwelle im Perm noch sedimentfrei und auch zu Beginn der Trias Abtragungsgebiet geblieben. Die Südschwarzwald-Schwelle findet im Gebiet des südlichen Oberrheingrabens bei Auggen ihr südwestliches Ende. Westlich und südwestlich davon geht die Badische Senke nach Süden in das Burgundische Becken über.

Etwa zwischen Reutlingen und Stuttgart zeichnet sich ein etwa SW–NE streichendes Senkungsgebiet durch Mächtigkeiten von 100–200 m ab, dessen Verlauf annähernd einem Permokarbon-Becken im Untergrund folgt, dem Schramberg-Becken (Rupf & Nitsch 2008, Nitsch & Zedler 2009; Abb. 16). Die größten Mächtigkeiten werden dabei unmittelbar südlich der Nordschwarzwald-Schwelle (s. u.) erreicht. Im Gebiet der Oberen Gäue wird

Buntsandstein



Oberer Buntsandstein

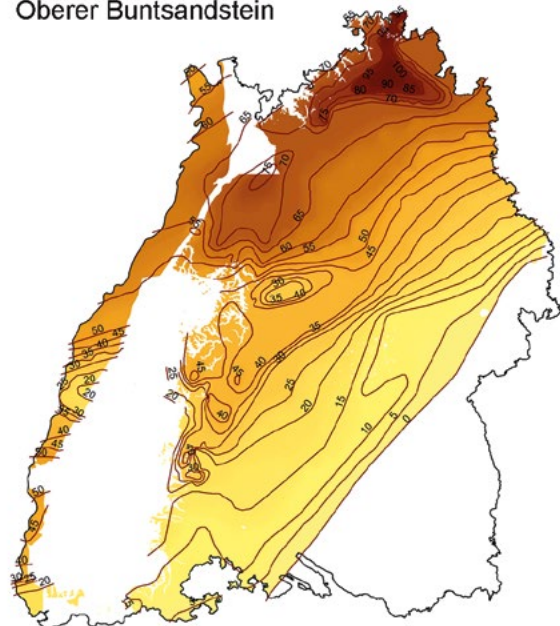


Abb. 16: Mächtigkeitsverteilung des Buntsandsteins in Baden-Württemberg, erstellt aus 3D-Modellen des LGRB, basierend auf Bohrdaten und kartierten Ausstrichen (Stand 2019). Die weißen Flächen im Osten entsprechen den Kristallinausstrichen im Schwarzwald und Odenwald sowie den tektonisch stark gestörten und verstellten Bereichen der Oberrheingraben-Randschollenzonen. Südöstlich der 0-m-Linie liegt Muschelkalk-Randfazies im Untergrund von Alpenvorland, Ostalb und Ries unmittelbar auf Grundgebirge auf.

es von einer N–S orientierten Senkungsstruktur überlagert, die zwischen Calw und Sindelfingen als Westschwäbischen Senke den Ostrand des heutigen Schwarzwalds im oberen Neckargebiet begleitet. Diese Westschwäbische Senke zeichnet sich zuerst im Zechstein ab und behält über die gesamte Trias ihre Bedeutung als synsedimentäres Senkungsgebiet (Rupf & Nitsch 2008).

Vom Nordschwarzwald zwischen Offenburg und Calw streicht eine Schwellenzone über den Raum Stuttgart–Ludwigsburg nach Nordosten bis in die Region um Schwäbisch Hall, die in ihrer Lage die permische Nordschwarzwald-Schwelle nachzeichnet. Während die Mächtigkeit unmittelbar nördlich und südlich dieser Schwellenregion 200 m übersteigt, erreicht sie im Nordschwarzwald und westlich Stuttgart nur Werte zwischen 150 und 200 m (Rupf & Nitsch 2008). Lediglich im Gebiet von Nagold und Kleiner Enz ist die Nordschwarzwald-Schwelle durch das Senkungsgebiet der Westschwäbischen Senke unterbrochen, in der die Mächtigkeiten über 200 m liegen und nach Norden allmählich ansteigen. In den Hochlagen der Nordschwarzwald-Schwelle sind einerseits etwa zwischen Offenburg und Calw im Nordschwarzwald und andererseits zwischen Sindelfingen und Ludwigsburg im mittleren Neckarraum zwei Aufragungen des Kristallins dokumentiert, in denen die Zechstein-Randfazies mit verminderter Mächtigkeit, örtlich sogar erst Buntsandstein, unmittelbar auf Kristallin liegt. Die Kristallinauftragungen bilden offenbar ein Paläorelief ab, stellen also verschüttete Inselberge in der Alluvialebene der Zechstein-Randfazies und der beginnenden Buntsandstein-Sedimentation dar.

Nördlich dieser Schwelle steigen die Mächtigkeiten des Buntsandsteins im Gebiet des permokarbonen Kraichgau-Beckens rasch an und bilden die Fränkische Senke innerhalb des Germanischen Beckens. Die Werte erreichen über 300 m, unter dem Kraichgau bis zu 460 m und im Main-Tauber-Gebiet bis 500 m. Die Senkungsachse verläuft etwa NE–SW von der mittleren Tauber über Hohenlohe und den Kraichgau in den Raum Karlsruhe und lässt sich weiter bis in das Unterelsass verfolgen (GeORG Projektteam 2013). Nördlich davon nehmen die Mächtigkeiten gegen die ebenfalls SW–NE streichende Odenwald-Spessart-Schwelle wieder auf unter 400 m ab. Die Zechstein-Randfazies im Liegenden des Buntsandsteins keilt im Bereich der Odenwald-Schwelle aus (Nitsch & Hug-Diegel 2020), so dass in Teilen des Odenwalds der Untere Buntsandstein unmittelbar auf Grundgebirge oder Rotliegend-Vulkaniten liegt.

Die Absenkung des Untergrundes, die den Raum zur Ablagerung der Sedimente entstehen ließ, verlief während der Ablagerungszeit des Buntsandsteins jedoch nicht gleichmäßig. In Schwellenlagen und in der geringmächtigen Ausbildung nahe der Beckenränder sind nördlich des Mains seit langem mehrere Horizonte bekannt, an denen ein Teil der Schichtfolge fehlt und verschiedenen alte tiefere Buntsandstein-Einheiten diskordant von jüngeren Buntsandstein-Schichten überlagert werden (Trusheim 1961, 1963, Röhling & Lepper 2013, Puff et al. 2013). Während diese Diskordanzen zunächst vor allem im norddeutschen, hessischen und thüringischen Buntsandstein erkannt und kartiert wurden, war bislang über deren Verbreitung und Ausbildung in Süddeutschland (rechts des Rheins) nichts Näheres bekannt. Lediglich K.-Ch. Käding postulierte nach unveröffentlichten Gammalog-Vergleichen ein Aussetzen der Folge s5 (Hardeggen-Formation und Äquivalente) in einigen Gebieten südlich des Mains (Vortrag vor Subkommission Perm-Trias 2015).

Anhand der hier vorgestellten Profilkorrelationen können nun erstmals die aus anderen Gebieten des Buntsandstein-Beckens bekannten Diskordanzen für Odenwald- und Nordschwarzwald-Schwelle anhand von Bohrlochmessungen nachgewiesen und für die übrigen Teile des Landesgebiets aus den Profilvergleichen wahrscheinlich gemacht werden (Abb. 14). Die V-Diskordanz an der Basis des Mittleren Buntsandsteins zeigt in den Gammalogs Schichtausfälle unter der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation an Odenwald- und Nordschwarzwald-Schwelle und fällt mit einem Übergreifen (Onlap) der Vogesensandstein-Formation über die Verbreitung der Eck-Formation zusammen. Ob letztere dabei diskordant ausfällt oder ihre primäre, sedimentäre Südverbreitung erreicht, lässt sich nicht sicher feststellen, die die Formation keine geeigneten Leithorizonte besitzt. Die kleinräumig wechselhaften Profilabfolgen im nördlichen Randbereich der Südschwarzwald-Schwelle legen allerdings Erosionsreliefs sowohl an der Basis der Eck-Formation als auch an jener der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation nahe. Kristallingerölle sind in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation weitgehend auf die Gebiete beschränkt, in denen sie unmittelbar der Eck-Formation auflagert oder auf Kristallin übergreift und könnten ein Hinweis auf erosive Aufarbeitung der Eck-Formation nahe am Beckenrand sein. Die südlichsten Vorkommen der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation, unmittelbar auf Grundgebirge, sind nicht mehr flächendeckend verbreitet und wahrscheinlich auf örtliche Talfüllungen beschränkt. Dagegen lassen sich Schichtausfälle unter der D-Diskordanz nicht sicher feststellen, wenngleich kleinere Ausfälle möglich sind.



Die stärksten Schichtausfälle zeigen sich unter dem Odenwälder Felssandstein und Heidenstein-Kristallsandstein und dürften auf zeitweilige regionale Hebung und Abtragung zurückzuführen sein. Sie sind mit einer Umstellung des sedimentären Ablagerungssystems verbunden (Einsetzen pedogener Merkmale, Aussetzen äolisch vorgeprägter Sande, s. Kap. 5.5, 5.6, 6.4.2, 6.5.4). Es dürfte sich dabei um die H-Diskordanz handeln, die damit mit dem ersten Paläoboden-Komplex smVH1 und nicht, wie lange angenommen, mit smVH2 zusammenfällt. Der Paläoboden-Komplex smVH2, unter dem Thüringer Chirotheriensandstein des Maingebiets, entspricht demnach der S-Diskordanz innerhalb der Solling-Formation. Der Komplex aus geringmächtigen Sedimenten und Paläoböden enthält südlich des Mains kondensierte Äquivalente der oberen Solling-Formation (vgl. Laemmle 1966, Krämer & Kunz 1968). Die R-Diskordanz im Oberen Buntsandstein deutet sich zumindest gebietsweise durch Hinweise auf kleinere Schichtlücken an (s. Kap. 8.11).

3.3 Klimaentwicklung

Bereits in den Jahrzehnten um 1900 hatten mehrere Autoren in den roten fossilarmen Ablagerungen des Buntsandsteins Ablagerungen einer Wüste gesehen (Bornemann 1890, Walther 1891, 1893/94, 1900, 1904a, E. Fraas 1899, Philippi 1901, 1908). Besonders Philippi (1901, 1908) hat auf die Bedeutung von ephemeren Niederschlägen und Trockenzeiten für den Wechsel von Sedimentation und frühdiagenetischer Rotfärbung hingewiesen. Ein Jahrhundert später sind die Vorstellungen über die Klimabedingungen der Buntsandsteinzeit weitaus differenzierter und stützen sich einerseits auf sedimentologische Beobachtungen im Buntsandstein selbst (zuletzt bei Péron et al. 2005, Bourquin et al. 2009, Paul & Puff 2013, Voigt 2017), andererseits seit den 1970er Jahren zunehmend auf globale Klimamodelle, die die damalige Konfiguration der Kontinentalmassen und den CO₂-Gehalt der Atmosphäre berücksichtigen (z. B. Parrish 1993, 1999, Golonka et al. 1994, Berner 2006, Sellwood & Valdes 2006).

Mitteleuropa lag in der Frühen Trias auf einer tropischen Breitenlage von etwa 20–25° N (Golonka & Ford 2000, Scotese & Schettino 2017; Abb. 17). Über dem Riesenkontinent Pangäa, der sich als Landmasse von arktischen Breiten ununterbrochen bis in südpolare Breiten erstreckte, waren die Windsysteme in den tropischen und subtropischen Regionen stark von jahreszeitlich wechselnden Monsunwinden geprägt (Parrish 1999). Für das Mitteleuropäische Beckensystem brachten

diese wechselnd aus Südwest und Nordost wehenden Winde in der Frühen Trias jedoch keine ergiebigen Niederschläge, da sich die Landmasse in beiden Richtungen über die tropischen Breiten hinaus fortsetzte. Nur randlich erhielten die Hochlagen in den Sommermonaten Niederschläge aus Monsunwinden, die zuvor über dem Tethys-Ozean im Südosten Feuchtigkeit aufnehmen konnten und über den Hochgebieten der Gallischen und Vindelizisch-Böhmischen Massive abregneten. Der Abfluss aus solchen Niederschlagsereignissen erreichte das Tiefland der Sedimentbecken wahrscheinlich nicht jedes Jahr, weshalb die Sedimentoberfläche zumindest während der Akkumulation des Unteren und des größten Teils des Mittleren Buntsandsteins immer wieder über Jahre hinweg trocken gelegen haben dürfte. Erst vom Violetten Horizont smVH1 an treten mit Paläoböden, Wurzelspuren und Amphibienresten vermehrt Hinweise auf regelmäßige Abflüsse in Erscheinung (s. Kap. 5.6).

Die Oberflächentemperaturen dürften ähnlich wie in heutigen Wüstengebieten starken Schwankungen zwischen Tag und Nacht unterworfen gewesen sein. Dabei waren die globalen Temperaturen wahrscheinlich insgesamt deutlich höher als heute. Geochemische Hinweise auf einen stark erhöhten CO₂-Gehalt der Atmosphäre (Berner 2006) werden meist mit vulkanischen Ausgasungen bei der Eruption der sibirischen Trapp-Basalte in Verbindung gebracht, die innerhalb weniger Millionen, vielleicht von weniger als einer Million Jahre mehrere Millionen Kubikkilometer Basalt förderten (Ivanov et al. 2013, Burgess & Bowring 2015, Miller & Baranyi 2021). Die Jahresmitteltemperatur dürfte nach Modellrechnungen in den Tiefländern des tropischen Wüstengürtels, an deren Nordostrand Mitteleuropa lag, 30°C überstiegen haben (Péron et al. 2005). Besonders am Beginn der Trias, während der Ablagerung des Unteren und tieferen Mittleren Buntsandsteins, haben die hohen Tagestemperaturen in den tropischen Wüsten Pangäas – und damit auch im südwestdeutschen Raum – die Entfaltung einer diversen Flora und Fauna weitgehend verhindert (Sun et al. 2012). Entsprechend haben Staub- und Sandstürme über den aufgeheizten und meist trocken liegenden Sandflächen der Schwemmsandebenen Süddeutschlands eine wesentliche Rolle bei der Formung des Sedimentmaterials gespielt. Olivarius et al. (2017) fanden in dänischen Bohrkernen, nahe am nördlichen Beckenrand, im Mittleren Buntsandstein noch Zirkone mit variskischen radioisotopischen Alterswerten, die offenbar vom Südrand des Germanischen Beckens stammen. Sie deuten diesen Befund als Beleg für signifikanten äolischen Sedimenttransport über das gesamte Beckensystem hinweg.

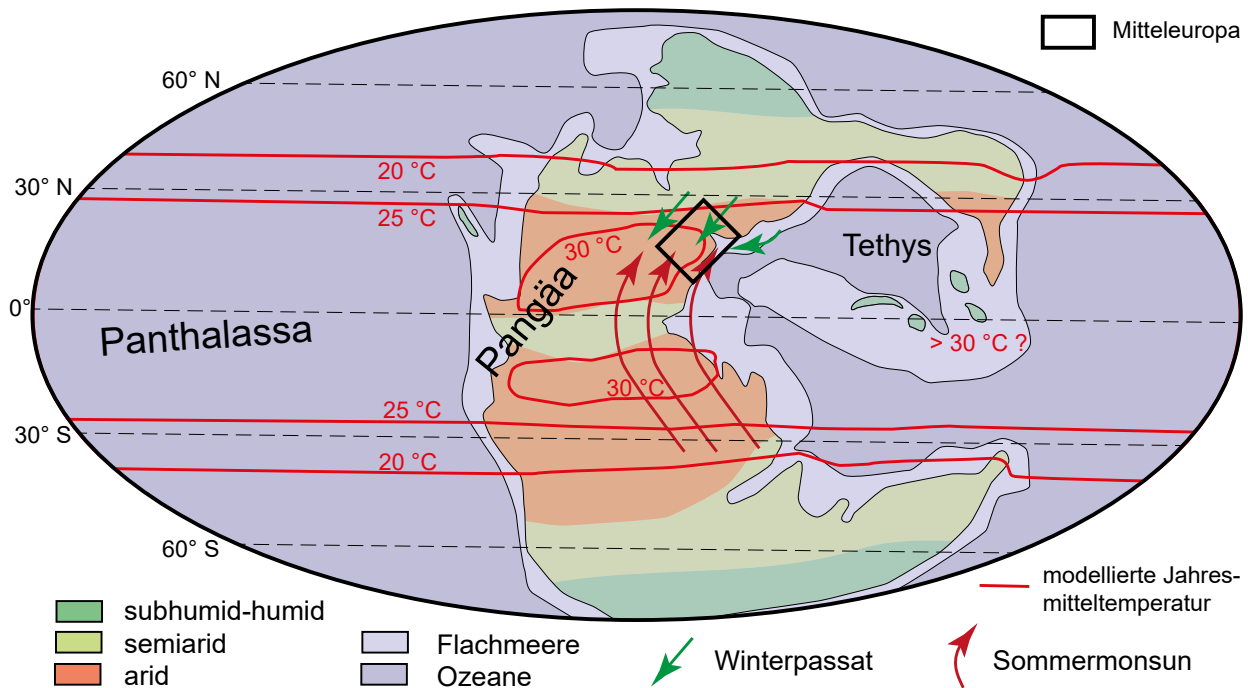


Abb. 17: Globale Paläogeographie und Paläoklima während der Frühen Trias (Indusium), verändert nach Golonka et al. (1994), Scotese (2002), Péron et al. (2005), Sun et al. (2012) und Scotese & Schettino (2017). Die höchsten Temperaturen wurden in den tropischen Trockengürteln nördlich und südlich der nahe am Äquator gelegenen Appalachen-Variskiden Nordamerikas und Nordafrikas erreicht. Monsun- und Passatwinde überstrichen das Germanische Becken meist ohne zuvor Feuchtigkeit über Wasserflächen aufnehmen zu können. Die Hochländer südlich des Beckens (während der Trias südöstlich gelegen) erhielten jedoch wahrscheinlich gelegentliche Niederschläge aus anlandigen Winden von der Tethys. Das Rechteck um Mitteleuropa (heutige Nordrichtung entlang der kurzen Randlinien) entspricht etwa dem Ausschnitt von Abb. 13.

Da zwischen den süddeutschen Schwemmsandebenen und der Südflanke der Ringkøbing-Fünen-Schwelle in Dänemark das tonige Playasystem des norddeutschen Buntsandsteins lag, erfolgte dieser Transport wohl nicht in Bodennähe, sondern durch hoch aufgewirbelte Sandwolken ähnlich dem Sandaustag aus der Sahara heute.

Unmittelbare Hinweise auf dieses Wüstenklima finden sich auch im Schwarzwälder Buntsandstein, insbesondere in Eck- und Vogesensandstein-Formation: fluvial verschwemmte, aber zuvor äolisch gerundete Grobsande, umgelagerte Windkanter, scharfkantige Abplatzungen an Geröllen, die auf thermische Spannungen infolge der täglichen Temperaturschwankungen zurückgehen, und seltene Regentropfenmarken, die eben gerade in regenarmen Gebieten erhalten bleiben können ohne durch fortdauernden Regen zerstört zu werden (Abbildungen z. B. bei Eisenlohr 2004). Bemerkenswert ist der Umstand, dass die äolische Formung der Sandkörner nur im Hochrheingebiet, also nahe des Beckenrandes, auch die feineren Korngrößen erfasst und weiter nördlich weitgehend auf die Grobsand- und allenfalls Teile der Mittelsand-Fraktion beschränkt bleibt. Dies zeigt, dass die Winde stark genug waren, aufgenommenen Fein- und Mittelsand aus den trockenen Schwemmebenen auszutra-

gen. Feineres Sedimentmaterial ist nur erhalten, wenn es nach seiner fluvialen Ankunft sogleich tief genug begraben wurde um nicht mehr von Sandstürmen erfasst zu werden und daher keine äolische Überformung erfahren hat. Erst durch die mehrfache alluviale Aufarbeitung wurden die Flusssande dann mit den windgerundeten Grobsanden der wohl stets dünnen Flugsanddecke (aus der auch die Windkanter stammen dürften) vermischt. Die Flugsanddecke selbst blieb kaum einmal erhalten, da die Aufarbeitung durch die Sturzbäche meist tiefgründiger erfolgte als diejenige durch den Wind und die äolisch geprägte Decklage zerstörte. Seltene Ausnahmen könnten zwei Sandsteinlagen in Bohrungen bei Karlsruhe-Durlach sein: eine 1,35 m mächtige Sandsteinschicht aus gut sortiertem gerundetem bis gut gerundetem Mittelsand in der obersten Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation (BO7016-1068) und ein 0,7 m mächtiger mittelsandiger Feinsandstein mit gut gerundetem Mittelsand in der tieferen Plattensandstein-Formation (BO7016-1069). Die Schrägschichtung aus zentimeterdicken Sandlagen mit millimeterdicken sandigen Zwischenlagen von kaum abweichender Korngröße zieht im ersten Fall gleichmäßig mit etwa 30° Einfallen durch den Sedimentkörper und könnte der Rest einer Kleindüne (Lunette) sein. Im zweiten



Fall ist das Einfallen der Schrägschichtung flacher und nimmt nach oben leicht von 20° auf 30° zu, was für eine Dünenbasis spricht.

Den größten Anteil an äolisch vorgerundeten Sandkörnern weisen die Eck-Formation und die Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation auf. Die stark wechselhafte Geröllführung dieser beiden Abschnitte, bei der die Gerölle teils am Boden der Rinnenfüllungen konzentriert sind, aber oft auch einzeln in die Sande eingestreut liegen, lässt zudem vermuten, dass in diesen Abschnitten manche Sturzflut-Ereignisse heftig genug waren um einen Großteil des Sandes in Suspension zu bringen und darin auch gröbere Sedimentfracht mitzureißen. Die Kombination von Geröllführung und äolischer Sandrundung (und Windkantern) weist auf hocharide Trockenzeiten hin, in denen extreme Abflussereignisse auftraten. Die Ablagerungszeiten dieser beiden offenbar trockensten Abschnitte des Buntsandsteins – frühes Indusium und frühes Olenekium – fallen mit zwei Temperaturmaxima in den Ozeanen zusammen, die Sun et al. (2012) aus den Sauerstoffisotopen-Verhältnissen im Apatit von Conodonten abgeleitet haben. Demnach stiegen die globalen Meerwassertemperaturen über die Perm-Trias-Grenze hinweg erheblich an, wobei das Oberflächenwasser tropischer Ozeane im Frühen Indusium möglicherweise Temperaturen bis 36°C erreichen konnte. Im Späten Indusium erfolgte eine leichte Abkühlung, bevor im frühen Olenekium die höchsten Temperaturen der gesamten Trias erreicht wurden (bis 40°C im tropischen Oberflächenwasser). Im übrigen Olenekium stabilisierten sich die globalen Temperaturen demnach auf nur geringfügig niedrigerem Niveau, um dann erst nahe der Grenze zum Anisium wieder auf Werte abzunehmen, die wenige Grad über den heutigen Temperaturen in tropischen Ozeanen lagen. Der zweimalige Wechsel zwischen stärker (Eck-Formation, Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation) und weniger stark (Badischer Bausandstein) bis kaum (Heidenstein-Kristallsandstein) äolisch beeinflusstem Sedimentmaterial könnte daher klimatische Ursachen haben. Auch linksrheinisch zeigt sich im Auftreten von Windkantern, Geröllpflastern und „Dünnschichten“ in den Unteren bis Mittleren Trifels-Schichten (Äquivalent der Eck-Formation) und äolisch geprägten „Dünnschichten“ und „Kaviarsanden“ in den Schlossberg- und Oberen Karlstal-Schichten (im Niveau von oberem Badischem Bausandstein und Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation; LGB-RLP 2005, Dathroth 2013b) ebenfalls ein stärkerer Einfluss trockener Windfracht in den Sedimentationsprozessen. Die trockensten Phasen der Buntsandstein-Sedimentation lagen offenbar in den global heißesten Klimaepochen.

Am Ende der Frühen und im Übergang zur Mittleren Trias (Wende Olenekium/Anisium) mäßigte sich die Trockenheit wieder so weit, dass zumindest zeitweise entlang ephemerer Flussläufe oder in feuchten Senken oasenhafte Vegetationsinseln mit artenarmer Fauna entstehen konnten, wie sie die örtlichen Wurzelspuren und Knochenreste im höheren Mittleren und im Oberen Buntsandstein belegen (Trusheim 1937b, Ortlam 1967, 1974). Die Wurzelspuren zeigen, dass hier nicht nur sukku-lente Bärlappgewächse (*Pleuromeia*) und Schachtelhalme, sondern lokal auch Koniferen wachsen konnten (Ortlam 1967, 1974, Mader 1990). Diese waren nach Frentzen (1914: 127ff) allerdings stark verzweigt und eher buschförmig, als Anpassung an aride Bedingungen. Das Vegetationsbild dürfte daher eher einem Wüsten-Buschland (desert scrubland biome) als einem Oasenwald geähnelt haben und wurde von vegetationsfreien Flächen abseits der aktiven, sporadisch wasserführenden Verteilerrinnen unterbrochen. Hierzu passt auch die von Trusheim (1937b) beschriebene Anordnung von oberflächennahen horizontalen Hauptwurzeln und davon nach unten abzweigenden Sekundärwurzeln, was einem tafeligen Wurzelsystem Typ G nach Pfefferkorn & Fuchs (1991) entspricht. Die Intensität der Durchwurzelung bleibt jedoch stets gering (I bis II in der Klassifikation von Pfefferkorn & Fuchs 1991), und dürfte in der Regel auf nur eine Pflanzengeneration am jeweiligen Standort zurückzuführen sein. Auch die im Oberen Buntsandstein mehrfach gefundenen Farne weisen nach Frentzen (1914) xeromorphe Anpassungen auf. Deren nur flach ins Sediment eindringenden Wurzelsysteme sind bislang jedoch in den stets erosiv gekappten Paläoböden nicht dokumentiert. Der Übergang vom heißen und extrem trockenen Klima der frühesten Trias in das warme und eher monsunale geprägte Klima der mittleren und späten Trias dürfte sich in den faziellen Änderungen abbilden, die vom ersten Paläobodenkomplex des Violetten Horizonts smVH1 eingeleitet werden. Die bis dahin für den Schwarzwälder Buntsandstein so charakteristischen äolisch überformten Grobsande setzen über dem smVH1-Horizont fast überall rasch aus und beschränken sich auf Gebiete nahe der Beckenränder. Dagegen nehmen pedogen überprägte und fossilführende Horizonte an Häufigkeit zu.

Das schubweise Vordringen des Rötmeeres von Osten über die polnische Senke nach Nordostdeutschland führte zudem zu offenen Wasserflächen im Einzugsgebiet des Nordost-Passats, wodurch dieser in Süddeutschland weitere Niederschläge (zusätzlich zu jenen aus dem Südwest-Monsun) auf das Buntsandstein-Becken bzw. dessen südlich angrenzende Gebirgsflanken

bringen konnte. Die Sulfatabscheidungen in den Röttonen – insbesondere im obersten Abschnitt – und geringe Mengen Halit im Porenraum (Fels et al. 2003) dürften auf Salze aus diesem Rötmeer zurückzuführen sein. Sie müssen aber nicht von flüssigem Meerwasser transportiert worden sein, zumal sie nicht an die fossilführenden Ingressions- (oder Sturmflut?-)Lagen im nördlichen Landesgebiet gebunden sind und sowohl stratigraphisch als auch geographisch weit darüber hinausreichen. Zumindest teilweise dürften Aerosole aus der Gischte des Rötmeeres das Salz durch den Passat auf die Küstenebenen Süddeutschlands gebracht haben. Sie belegen ein weiterhin arides Klima in den Tiefebene des Sedimentbeckens, das nur zeitweise von möglicherweise semiariden Episoden unterbrochen wurde (Wurzelhorizonte, Conchostrakenlagen als Belege für ephemere Gewässer).

4 Altersstellung

„Bei dem Fehlen aller und jeder Organismen ist von einer Altersbestimmung einzelner Abteilungen und von einer Gliederung der Formation [des bunten Sandsteins] kaum die Rede.“

(O. Fraas 1882b: 358)

Aus dem Landesgebiet von Baden-Württemberg sind bisher nur wenige Fossilien bekannt, die eine nähere biostratigraphische Einstufung des Buntsandsteins erlauben. Der vielleicht sicherste Altersindikator dürfte *Costatoria costata* in der Rötton-Formation sein, da die Art in tethyalen Ablagerungen im oberen Olenekium und im untersten Anisium auftritt (Mahler & Sell 1993). Hierzu passt das Einsetzen der anisischen (bis ladinischen) Art *Myophoria vulgaris* in den Oberen Röttonen (Gleina-Subformation). Auch die Wirbeltier-Fossilien *Odenwaldia* und *Meyerosuchus* aus der obersten Vogesensandstein-Formation einerseits sowie *Eocyclotossaurus* aus der Plattensandstein-Formation andererseits gelten als charakteristisch für das späte Olenekium bzw. frühe Anisium respektive (Schoch 2008, 2011; Tetrapodenzone Nonesian und Perovkan bei Lucas 2010), wenngleich die Abgrenzung durch die geringe Funddichte und durch die nur indirekte Verknüpfung zur marinen Stufengliederung unscharf bleibt.

Alle übrigen Altersangaben zu den Einheiten des Schwarzwalds und südlichen Odenwalds müssen daher aus der lithostratigraphischen Korrelation mit Gebieten erschlossen werden, die weiter nördlich und damit weiter im Beckeninneren liegen und zumindest spärlich biostratigraphisch verwertbare Fossilien füh-

ren. Die Alterseinstufung erfolgte dort ebenfalls meist indirekt mithilfe von Palynomorphen, Characeenresten, Conchostraken und Tetrapoden, die auch in Regionen vorkommen, in denen nichtmarine und marine Ablagerungen dieser Zeit wechsellagern oder von denen umgelagerte Exemplare in marinen Ablagerungen gefunden worden sind. Da die Überlieferung solcher nichtmarinen Fossilien in biostratigraphisch gut datierbaren marinen Ablagerungen lückenhaft ist, bleibt die genaue Grenzziehung oft unscharf. Nur aus dem Oberen Buntsandstein sind auch marine Mollusken für einen direkten Vergleich vorhanden, vor allem Muscheln, in der nordostdeutschen Karbonatfazies sogar Ammonoiten und Echinodermenreste (von Ophiuren und Holothuriern; Kozur 1972, 1974a, 1974b, 1975, 1976). Nach einer ersten umfassenden Auswertung dieser Fossilien kam Kozur (1975) zu einer Einstufung des norddeutschen Unteren Buntsandsteins (heute Calvörde- und Bernburg-Formation) in das Indusium, der Volpriehausen- und Detfurth-Formation in das tiefere Olenekium (damals ‚Jakutian‘) und des Abschnitts von der Hardegsen-Formation bis in die tiefere Röt-Formation in das höhere Olenekium (heutiger Gliederung). Mit dem Einsetzen von *Myophoria vulgaris* ist der Abschnitt über dem Rötquarzit bereits ins Anisium (und damit geochronologisch in die Mitteltrias) zu stellen (Kozur 1975). Die genaue Position der internationalen Stufengrenzen bleibt dabei zwischen den fossilführenden Lagen unsicher und braucht nicht mit lithostratigraphischen Grenzziehungen zusammenzufallen.

Die Basis des Anisium wurde wenig später nach palynologischen Untersuchungen von Doubinger & Bühmann (1981), und ähnlich Vissher et al. (1993), für den Grenzbereich Chirotherienschiefer – Plattensandstein angegeben, von Brugmann (1986) etwas tiefer im Dach des smVH2-Horizonts. Nach weiteren Arbeiten insbesondere über die Biostratigraphie der Conchostraken präzierte Kozur (1993a, 1993b, 1999a) die Position der internationalen Stufengrenzen im Buntsandstein genauer: die Perm-Trias-Grenze auf eine Schicht einige Meter über der lithostratigraphischen Buntsandsteinbasis (in Thüringen) und die Indusium-Olenekium-Grenze innerhalb der höheren Bernburg-Formation (der Beckenfazies). Die Olenekium-Anisium-Grenze revidierte er etwas später auf die Basis der ‚Stammen-Schichten‘ der oberen Solling-Formation, also in das Niveau des süddeutschen smVH2-Horizonts (Kozur & Bachmann 2003, 2005, 2008, Bachmann & Kozur 2004). Neben Conchostraken führt Kozur (in Kozur & Bachmann 2005) als Begründung auch die Mollusken und Holothuriernreste aus der tieferen Röt-Formation Nordostdeutschlands an, wobei *Costatoria costata* hier eine späte, frühanisische



Formvariante der Art darstelle. Ähnlich hatte bereits Backhaus (1996) für eine tiefere Position der Anisbasis plädiert als sie ursprünglich von Kozur (1975) angesetzt worden war, und auch Szurlic (1999) rechnete die Schichten mit *C. costata* bereits zum Anisium. Diese Grenzziehung wird von Kozur & Weems (2010) nach Conchostraken und von Kürschner & Herengreen (2010) in ihrer Revision der palynostratigraphischen Gliederung der Trias nochmals bestätigt. Die genaueren bzw. neuen Grenzziehungen wurden seit Ende der 1990er Jahre auch durch magnetostratigraphische Untersuchungen gestützt (Szurlic 2001, 2004, 2007, Szurlic et al. 2003, Menning & Käding 2013) und fanden Eingang in neuere Übersichtsdarstellungen zur Altersstellung der Germanischen Trias (STD 2002, Menning et al. 2005, STD 2016). Neue Hinweise auf abweichende Abgrenzungen zwischen Olenekium und Anisium innerhalb der Röt-Formation nehmen zumeist Bezug auf unterschiedliche Angaben in der älteren Literatur und nicht auf neue biostratigraphische Ergebnisse (z. B. Backhaus et al. 2013, Lepper et al. 2013, Röhling et al. 2018).

Die Korrelation dieser Grenzen in die süddeutsche Randfazies ist nur mit gewissen Unsicherheiten möglich (Abb. 1, 18). Demnach dürfte die Perm-Trias-Grenze an oder nahe der Basis der Eck-Formation bzw. des Heigenbrücken-Sandsteins liegen, wobei unklar ist, ob es hier über der Tigersandstein-Formation eine Schichtlücke gibt, die den Grenzbereich enthält (insbesondere im Schwarzwald). Dies gilt auch dann, wenn sich neuere Ergebnisse bestätigen sollten, nach denen diese Grenze in der Beckenfazies nicht etwas über, sondern etwas unter der faziellen Buntsandstein-Basis liegen soll (Scholze et al. 2016, 2017). Die Grenze Indusium-Olenekium wäre entweder in der höheren Miltenberg-Wechselfolge anzunehmen oder im Odenwald unter der V-Diskordanz (Basis Volpriehausen-Formation bzw. Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation) abgetragen. Im Schwarzwald lässt sich dieses Niveau wegen der unsicheren Abgrenzung zwischen Badischem Bausandstein und Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation nicht näher eingrenzen, es deuten sich in der Korrelation von Bohrlochmessungen jedoch größere Schichtausfälle in der Folge s2 unter der V-Diskordanz an (Beil. 11). Die Grenze Olenekium-Anisium fällt nach der neueren Literatur in den smVH2-Horizont und damit im größten Teil des Landesgebiets annähernd mit der Basis des Oberen Buntsandsteins zusammen (im Maingebiet mit der Basis des Thüringischen Chirotheriensandsteins). Menning (2020: 68) gibt die magnetostratigraphisch ermittelte Stufengrenze Olenekium-Anisium inzwischen geringfügig höher als zuvor als „etwas oberhalb der Grenze

der Zyklen s7.2/s7.3“, d. h. in der basalen Subfolge s7.2 (Göschwitz-Subformation der norddeutschen Beckenfazies, die dort allerdings bereits den anisischen Ammonoideen *Beneckeia tenuis* führt). Nach derzeit üblicher lithostratigraphischer Korrelation wäre dies etwa die Obergrenze der mainfränkischen ‚Chirotherienschiefer‘ über dem Thüringischen Chirotheriensandstein. Ob dieses Niveau im südlichen Odenwald (und weiter südlich) bereits in die basale Plattensandstein-Formation oder noch in den kondensierten smVH2-Horizont fällt, ist dabei unklar, da die reverse paläomagnetische Zone der Subfolge s7.1 bislang aus dem basalen Plattensandstein nicht belegt ist.

5 Faziesentwicklung, Ablagerungsräume

„Die continentale Trias bildete sich in Tiefen und Becken aus den Zersetzungsprodukten stark verwitterter Randgebirge; den Transport der losen Materialien besorgte hauptsächlich fließendes Wasser, seltener Wind; die schliessliche Ablagerung erfolgte subaerisch.“ (Philippi 1901:468)

Der Buntsandstein besteht im Landesgebiet von Baden-Württemberg vorwiegend aus Flussablagerungen, die durch gelegentliche starke Abflussereignisse in einer Wüstenlandschaft hinterlassen wurden. Dabei zeigt sich generell eine paläogeographische Gliederung von Süd nach Nord. Vor einem Grundgebirgs-Hügelland mit Pedimentflächen im Südschwarzwald, in dem nur in lokalen Senken der Kristallinoberfläche geringmächtige arkosische Ablagerungen erhalten blieben, lagen wenige Kilometer breite Schuttfächer-Ablagerungen am Südrand des Sedimentbeckens, die sich mit dessen Ausweitung nach Süden vom Unteren zum Oberen Buntsandstein aus dem südlichen Zentralschwarzwald bis ins Hochrheingebiet verlagerten. Nördlich schloss sich an die Schuttfächer eine von Rinnen und Überflutungsflächen geprägte Schwemmebene an, die den größeren Teil des Jahres, und wahrscheinlich auch oft ganzjährig, trocken lag (Abb. 19). Erst im Oberen Buntsandstein erfolgt eine Veränderung des Faziessystems hin zu einer küstennahen Schwemmebene, die stärker von Schichtfluten als von rinnengebundenem Abfluss geprägt wurde.

Im Folgenden werden die zunächst nur geringen Veränderungen im Ablagerungssystem in sieben Zeitabschnitten vorgestellt. Die Faziesbeschreibungen basieren auf eigenen Beobachtungen an Bohrkernen und Aufschlüssen, der Auswertung

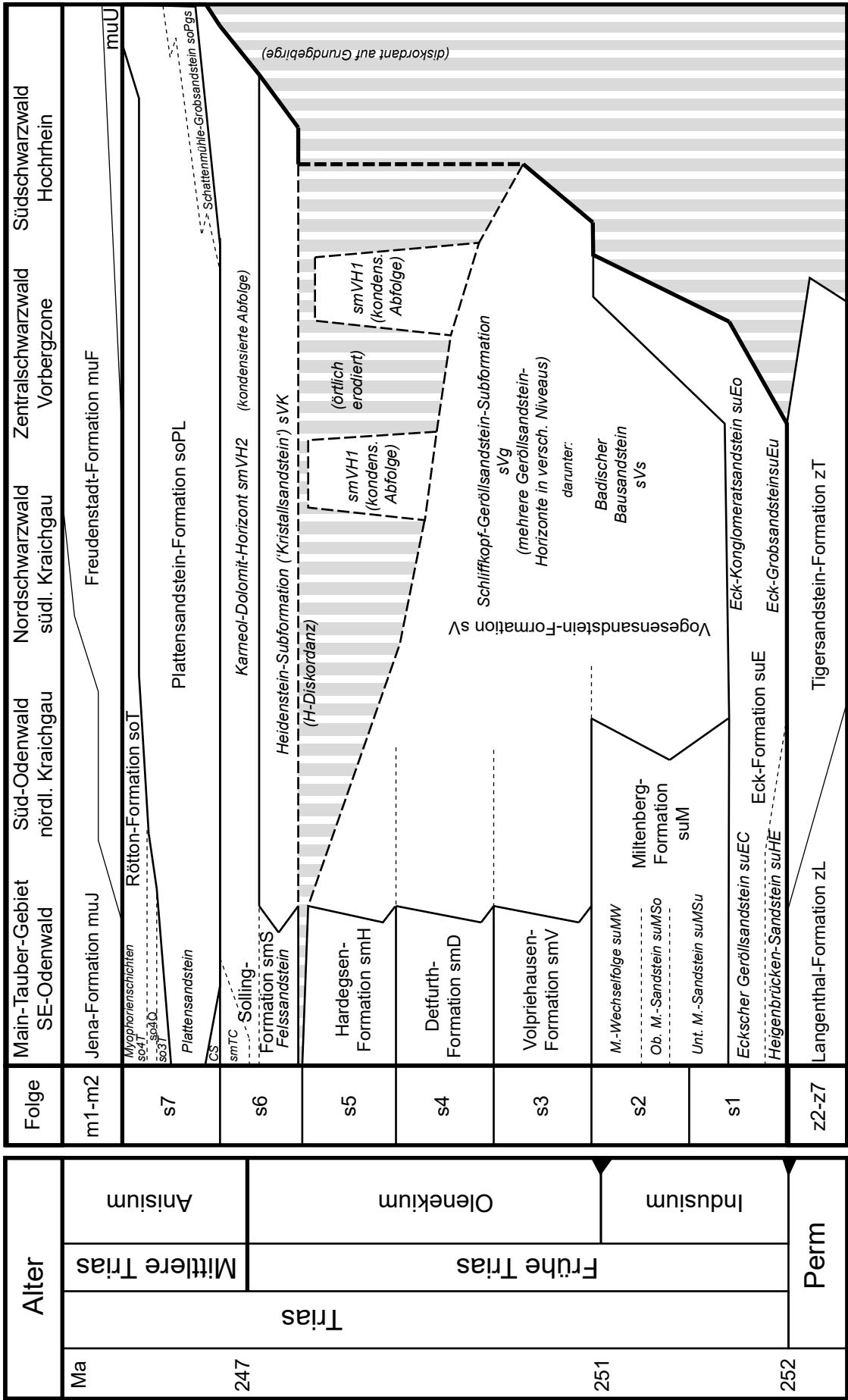


Abb. 18: Schematische Übersicht über die lithostratigraphische Gliederung des Buntsandsteins (dicke Umrislinie) in Baden-Württemberg. Links geochronologische Einstufung (Literatur s. Text) und gerundete Altersangaben in Millionen Jahren (Ma; nach STD 2016 und GTS 2021). Folgende Gliederung nach DSK 2013 und dieser Arbeit: m1-m2: Unterer Muschelkalk, z2-z7: Zechstein (hier: Randfazies), Abkürzungen (von oben): muU Udefang-Formation (westl. Muschelkalk-Randfazies, keilt nach Norden und Osten aus), so3T Untere Röttonsteine, so4Q Rötquarzit, so4T Obere Röttonsteine, smTC: Thüringischer Chirotheriensandstein, smVH1: Violetter Horizont VH1, M.-: Miltenberg-.



Abb. 19: Sedimentäre Wüstenlandschaften in der heutigen Gobi, Mongolische Republik. **A.** flach geneigte Pedimentfläche am Gebirgsfuß. Die durch Verwitterung und Abspülung geglättete Felsfläche ist nur von geringmächtigem Sand und Schutt bedeckt. Stellenweise bleiben kleinere Felsauftragungen innerhalb der Erosionsfläche erhalten. **B.** Alluvialfächer aus Kiessanden, an der Oberfläche zu Steinpflaster ausgeblasen. **C.** Etwa 2 m tiefe, 70 m breite Abflussrinne in der Alluvialebene. Die helleren Flächen in der Rinne sind vom Wind umgelagerte Sande. **D.** Schütteres Wüsten-Buschland wechselt mit vegetationsfreien Flächen. **E., F.** Steinpflaster mit Windkantern auf einer Terrassenfläche der Alluvialebene. Nur einzelne Gerölle sind zu Windkantern überformt. Unter der ausgeblasenen Kieslage liegen schluffige geröllführende Sande. **G.** Gilgai-Relief auf einem Tonwürgeboden (Vertisol). Durch wiederholte Quellungs-Schrumpfungs-Vorgänge hinterlassen ein entschlachtetes Tonsediment mit zahlreichen pedogenen Harnischen. **H.** Ausgetrocknete Schlammputze mit abgelösten Tonscherben, die bei der nächsten Sturzflut als Intraklasten aufgearbeitet werden können.

von Aufschlussbeschreibungen in den Erläuterungen zu den Geologischen Karten 1 : 25 000, sedimentologischen Angaben und Deutungen in der Literatur zum Buntsandstein in Odenwald, Kraichgau und Schwarzwald (Ortlam 1966, 1967, 1974, Backhaus 1968, 1969b, 1971, 1974, 1979, 1981, 1996, Backhaus & Bähr 1987, Backhaus & Heim 1995, Backhaus et al. 2002, Hornung 1994, Wewber 1994, Bindig & Backhaus 1995, Geyer 2002, Junghans 2003, Eisenlohr 2004, Bock et al. 2005, Paul 2007, Dachroth 2009, Friedlein 2016, Nitsch et al. 2017) sowie Einzelinformationen in der älteren Literatur und in Diplomarbeiten und -kartierungen.

5.1 Die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins

Im größten Teil des Verbreitungsgebiets beginnt die Buntsandstein-Sedimentation mit einem Fazieswechsel. Über den alluvialen Sanden und Grobsedimenten der permischen Kirnbach- und Tigersandstein-Formation im Schwarzwald und über Feinsedimenten der Langenthal-Formation im Odenwald folgt weitgehend konkordant die Eck-Formation mit ebenfalls alluvial abgelagerten Sanden, in denen sich jedoch erstmals gut bis sehr gut gerundete Grobsandkörner mit äolischer Vorprägung finden. Lediglich nahe am Beckenrand, im südlichen Zentralschwarzwald und im Gebiet der Baar, lassen kleinräumige wechselseitige Mächtigkeitsschwankungen der Eck-Formation und der liegenden permischen Sedimente auf ein erosives Paläorelief schließen. Die ersten Buntsandstein-Ablagerungen füllen hier offenbar zunächst Erosionsrinnen auf, die sich in die von Paläoböden (Krustenkarbonaten) geprägten Sedimente der Kirnbach-Formation eingeschnitten haben (z. B. Beil. 7). Die Zone der lückenhaften Verbreitung von Relikten der Zechstein-Randfazies beschränkt sich jedoch auf einen nur wenige Kilometer breiten Streifen, an den sich nach Süden und Südosten ein Bereich anschließt, in dem Buntsandstein unmittelbar auf dem Grundgebirge liegt.

Im Ausstrichgebiet bei Königsfeld greift die Eck-Formation einige Kilometer über die Verbreitung der Zechstein-Randfazies nach Süden hinaus und liegt dort auf einer meist eben erscheinenden Grundgebirgsoberfläche. Diese insbesondere durch Strigel (1922) als einheitliche „Abrasionsfläche“ gedeutete Fläche zeigt allerdings örtlich felsige Aufragungen („kleine aufragende Klippen“: Schalch 1899: 55), auf denen die Eck-Formation in verminderter Mächtigkeit ausgebildet ist oder fehlt. Die teilweise über Kilometer ebene Ausbildung der Grundgebirgsoberfläche bildete vor ihrer Überdeckung durch Sedi-

mente somit eine erosive Landform am Übergang zwischen Sedimentationsgebiet und einem Bergland, das bis zu faustgroße Gerölle lieferte. Die oft nur mäßig gerundeten Grundgebirgsgerölle zeigen dabei an, dass sich in nur wenigen Kilometern Entfernung Abtragungsgebiete mit einem steilen, von Taleinschnitten geprägten Relief befanden. Die verschüttete Grundgebirgsoberfläche bildete demnach keine großräumige Felsebene, sondern eine reliefarme Übergangszone zwischen den Gerölle liefernden Bergen und dem Rand der Schwemmebene. Sie entspricht morphologisch daher eher einer geneigten Pedimentfläche als einer freigespülten älteren Rumpffläche. Hierfür spricht auch, dass die südlich anschließende Auflagerungsfläche der Vogesensandstein-Formation auf dem Grundgebirge nach den Bohrbefunden offenbar von örtlichen Rinnen durchschnitten ist, zwischen denen die Geröllsandsteine geringmächtiger sind oder fehlen.

Pedimentflächen bilden sich am Fuß arider felsiger Bergländer durch eine Kombination von Erosion – in semiariden und ariden Gebieten vorwiegend durch absandenden Gesteinszerfall bzw. Vergrusung durch die starken täglichen Temperaturschwankungen und Salzsprengung an Korngrenzen nach nächtlicher Taubildung – und Flächenspülung (Dohrenwend & Parsons 2009). In ariden Gebieten erfolgt die Abspülung dabei nur nach lokalen Unwetterereignissen und Sturzfluten, wie sie für den Buntsandstein durch die alluvialen Sedimente selbst belegt sind. Welche Rolle neben der Abspülung auch Winderosion durch Sandstürme gespielt hat, ist aus den bisherigen Aufschlussbeobachtungen nicht erkennbar. Das nahe am Beckenrand (im Hochrheingebiet) stärkere Auftreten von gut bis sehr gut gerundetem Grobsand auch in Heidenstein-Kristallsandstein und Schattenmühle-Grobsandstein legt allerdings eine Mitwirkung sandbeladener Winde an der Abtragung der Felsflächen über der Sandschwemmebene des Buntsandsteins nahe.

In der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation sind Grundgebirgsgerölle weitgehend auf diese Randzone beschränkt. Mit der Heidenstein-Subformation dehnt sich der Sedimentationsraum nochmals über zuvor freiliegende Grundgebirgsflächen aus. Der größte Teil der etwa 20 bis 40 km breiten Randzone, in der Heidenstein-Kristallsandstein unmittelbar auf Paläozoikum liegt, erscheint wiederum pedimentartig flach, wobei geringe Mächtigkeitsunterschiede von wenigen Metern ebenfalls auf kleinräumige Reliefunterschiede hinweisen dürften. Erst in den südlichsten 10 bis 20 km der Verbreitung der Heidenstein-Subformation keilt diese lateral mehrfach aus und scheint auf Talfüllungen in einem wieder stärker gegliederten



Relief beschränkt zu sein (Beil. 2, 6). Dies gilt insbesondere im westlichen Hochrheingebiet, wo der Buntsandstein südlich der Südschwarzwald-Schwelle wieder auf permische Sedimente übergreift, hier solche des Burgundischen Beckens (Nitsch et al. 2017). Östlich dieses Permbeckens liegt der Obere Buntsandstein einer teilweise ebenen Grundgebirgsoberfläche auf, die jedoch örtlich ebenfalls ein Relief von wenigen Metern Höhe aufwies. Im Hotzenwald zeigen sich unter dem Oberen Buntsandstein geringmächtige Arkosefonglomerate aus Verwitterungsgrus des örtlich anstehenden Kristallins, die offenbar in lokalen Senken erhalten blieben und jeweils nur wenige 100 m Verbreitung besitzen (Meister 1960, Sawatzki 2005; Kap. 8.14). Sie wurden nach der Fazies teilweise als „Rotliegend“ kartiert, sind jedoch teilweise mit gut gerundeten Sandkörnern vermischt (Meister 1960) und stellen wahrscheinlich frühtriassischen Verwitterungsschutt des dann überdeckten Hochlandes dar. Zwischen diesen Senken setzt vielfach „der Karneolhorizont direkt auf dem Grundgebirge auf, manchmal auch mit eckigen oder nur kantengerundeten Quarzbruchstücken untergemischt“ (Meister 1960:4). Ob es sich dabei um den smVH2-Horizont oder zumindest örtlich um eine etwas jüngere Bildung unter dem dort geringmächtigen Oberen Buntsandstein handelt, muss dabei offenbleiben.

Die Erosionsflächen, auf die der Buntsandstein übergreift, dürften daher eher aus verschiedenen alten und unterschiedlich reliefierten Pedimentflächen am Fuß des Berglands bestehen (Abb. 19 A), die sich mit fortschreitender Ausdehnung des Sedimentationsgebiets gewissermaßen „rückschreitend“ gegen das Bergmassiv ausdehnten, während zugleich der untere Teil einsedimentiert wurde. Die Landform bzw. Erosionsfläche wäre damit an jeder Stelle jeweils nur wenig älter als die auflagernden Sedimente (Abb. 20). Denkbar wäre allerdings auch eine schrittweise Rückverlagerung in den Zeiten, die durch Ausdehnung (Onlap) des Sedimentationsraumes gekennzeichnet und wahrscheinlich mit Klimaschwankungen (Kap. 3.3) verbunden sind: den Basisflächen der Eck-Formation (mit abruptem Fazieswechsel), der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (nahe der V-Diskordanz, vgl. Kap. 11), der Heidenstein-Subformation (nahe der H-Diskordanz) und der Plattensandstein-Formation (am smVH2-Horizont, nahe der S-Diskordanz).

5.2 Eck-Formation (tiefere Folge s1)

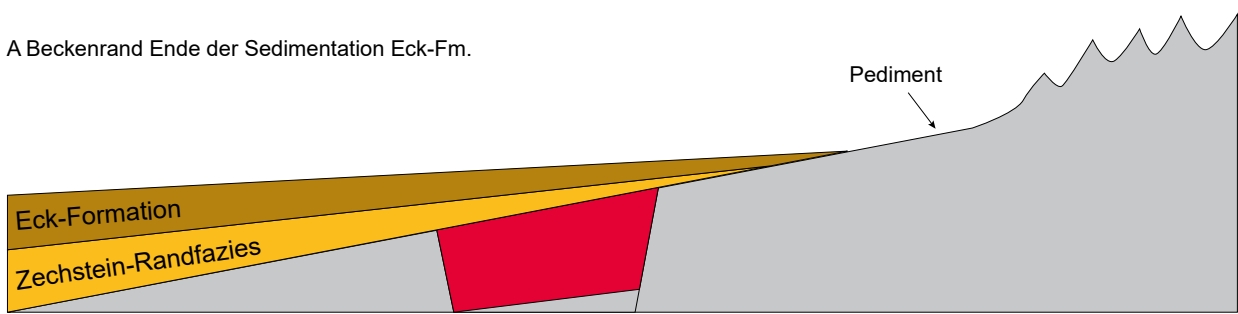
Mit der Eck-Formation setzt die Sedimentation einer progradierenden ariden Schwemmebene ein, deren Sedimente sich faziell deut-

lich von denen der permischen Kirnbach- und Tigersandstein-Formation im Liegenden unterscheiden (Junghans 2003). In Aufschlüssen und Kernbohrungen bilden schräggeschichtete Rinnenfüllungen das wichtigste Fazieselement, zwischen die immer wieder Schichtflut- und Feinsedimente treten. Besonders nahe der südlichen Verbreitungsgrenze im südlichen Zentralschwarzwald bestehen die Ablagerungen aus teils ineinander verschachtelten, teils aufeinandergestapelten Rinnensedimenten aus Grob- und Geröllsandsteinen.

In der unteren Eck-Formation herrschen im mittleren Zentral- und Nordschwarzwald horizontal dünngeschichtete geröllarme Grobsandsteine vor, im Kraichgau auch Mittelsandsteine, die als Eck-Grobsandstein vom stärker geröllführenden Eck-Konglomeratsandstein darüber abgegrenzt werden. Sie können als distale Schichtflut-Sedimente aufgefasst werden, die auf einer Schwemmebene abgelagert wurden, die beckenwärts den gegen Nordosten vorschüttenden Flusssystemen als Binnendelta vorgelagert war. Rinnenfüllungen sind darin zunächst einzeln eingeschaltet (Abb. 21 A), stellen in der oberen Eck-Formation dann jedoch den Hauptanteil der Abfolge. Sie bestehen aus mäßig sortierten Grobsanden und kiesigen Mittel- bis Grobsanden, die als 1–3 m mächtige Sedimentkörper mit erosiver Basis aufgestapelt sind. Die Sedimentstrukturen ziehen sich häufig als durchgehende Abfolge trogförmiger Schrägschichtungen durch den gesamten Rinnenkörper (Fazieselement St bei Miall 1996), seltener weisen kleinere Sets aus planarer Schrägschichtung (Sp) auf dezimetermächtige Sandbänke in den Rinnen hin. Die Kiesfraktion ist manchmal unten angereichert, findet sich aber oft auch über die gesamte Rinnenfüllung verteilt und zeichnet dann nicht selten Schrägschichtungsblätter nach. Größere Aufschlüsse zeigen für einzelne Rinnen eine Breite von einigen zehn bis über hundert Metern, weshalb die Sedimentkörper in kleineren Aufschlüssen meist als horizontale Bänke erscheinen. Die Obergrenze der Rinnenfüllungen bildet entweder die nächste erosive Rinnenbasis oder eine ebene Erosionsfläche, die Teile der Schrägschichtung kappt. Die ebene Erosionsfläche wird überlagert von geringmächtigen rotbraunen Tonschluffsteinen (teils sandig, häufiger sandfrei; Abb. 21 C, D) oder von kleiner dimensionierten (Zentimeter bis wenige Dezimeter) Sandsteinkörpern unterschiedlicher Korngröße (Fein-, Mittel- oder Grobsandsteine). Die Sandsteine zwischen den Rinnenkörpern sind teils planar (Sp) oder trogförmig (St) schräggeschichtet, teils horizontal feingeschichtet (Sh) oder bestehen aus Rippelzügen (Sr) in einer Matrix aus Feinsediment. In den kleineren Sandsteinkörpern ist gelegentlich auch Gleithangschichtung erkennbar.

N

A Beckenrand Ende der Sedimentation Eck-Fm.



B Beckenrand während Sedimentation Vogesensandstein-Fm.

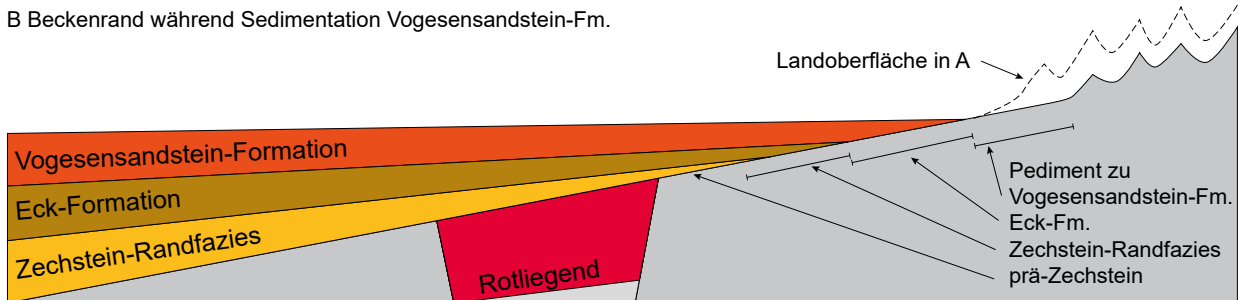


Abb. 20: Schematische Illustration zur Bildung einer scheinbar zusammenhängenden „Abrasionsfläche“ durch rückschreitende Pedimentierung am Gebirgsfuß und dessen fortschreitenden Überdeckung durch Sedimente. Wenngleich die freiliegende aktive Erosionsfläche zu jedem Zeitpunkt schmal war, zeigt sie ähnlich geringes Lokalrelief wie die nordwärts anschließenden älteren, bereits überdeckten Pedimentflächen. Durch fortschreitendes Übergreifen der Sedimentation auf vormalige Erosionsgebiete (Onlap) entsteht so eine regional weitgehend flache Grundgebirgssoberfläche unter verschiedenen alten Sedimenten.

Damit kann der Ablagerungsraum als Geflecht aus mehrere Meter tiefen und einige zehn bis über hundert Meter breiten verflochtenen Hauptrinnen rekonstruiert werden, zwischen denen Hochflutablagerungen aus Schlammebenen, Sandbänken und kleineren Verteilerrinnen lagen. Die Verlagerung der Hauptrinnen scheint mehr durch Avulsion nach Hochwässern als durch laterale Uferbank-Erosion erfolgt sein, da Hinweise auf mäandrierende Systeme (aufsteigend kleinere Schrägschichtungs-Sets, Gleithangschichtung) in den mächtigeren Rinnenkörpern eine Ausnahme bilden. Sie dürften eher auf seitlicher Anlagerung an den vom verflochtenen Flusslauf umströmten Sandbänken zurückzuführen sein als auf echte Mäander. Auch die durchweg häufigen, vielfach kantigen und oft sandfreien Tonstein-Intraklasten (Abb. 21 B) unterschiedlicher Größe (Zentimeter bis mehrere Dezimeter) lassen sich als Hinweis auffassen, dass die tonigen, zuvor rinnenfernen Schlammebenen bei neuen Rinneneinschnitten bereits völlig durchgetrocknet waren und nach Avulsionen erodiert und als kantige Brocken kaum, als gerundete Intraklasten („Tongallen“) nur wenig weit transportiert wurden. Die meist gute bis sehr gute Kornrundung der Kiesfraktion deutet für die Extraklasten auf einen längeren Transportweg der kieseligen Gerölle (Gangquarz, Quarzite, Hornstein und Lydit), während lokale Gerölle (Grundgebirgskristallin, Quarzporphyre) zumindest im Schwarzwald meist weniger gut ge-

rundet sind und auf die Nähe des Vindelizischen Hochlandes bzw. der Südschwarzwald-Schwelle als zeitgleiches Erosionsgebiet (Berg- oder Hügel-land) hinweisen (vgl. Kap. 3.1).

Die ebenen Erosionsflächen zwischen den Rinnenkörpern und den Hochflutsedimenten können als äolische Deflationsflächen gedeutet werden („Stokes-Flächen“: Freyberger et al. 1988). Darauf deutet nicht nur ihre Geometrie (mindestens auf Aufschlussbreite) hin – eine horizontale Fläche ohne Kolke oder Rillen (Abb. 21 B) –, sondern auch die indirekten Hinweise auf äolische Sedimentumlagerung im Sedimentmaterial der Rinnenfüllungen selbst spricht für eine Beteiligung des Windes an den Sedimentationsvorgängen. Zwar zeigen alle Ablagerungsgefüge in der Eck-Formation fluviale oder jedenfalls aquatische Prozesse an, aber die sehr gute Kornrundung eines Großteils der Grobsand- und eines Teils der Mittelsandkörner (Abb. 12 E, F) weist ebenso auf äolische Prozesse während der Trockenzeiten hin wie die immer wieder als Geröll umgelagerten Windkanter in der Kiesfraktion (Abb. 37 D). Ein Teil des Grob- und Mittelsandes zeigt eine mäßige Kornrundung, wie sie für fluviale Sande nach mehreren hundert Kilometern plausibel ist. Die Umformung von 30 bis 60% der Sandkörner zu glatten oder mattierte Kugeln und Ovalen ist jedoch eher Windabrasion zuzuschreiben. Die stärkere Zurundung der gröbe-

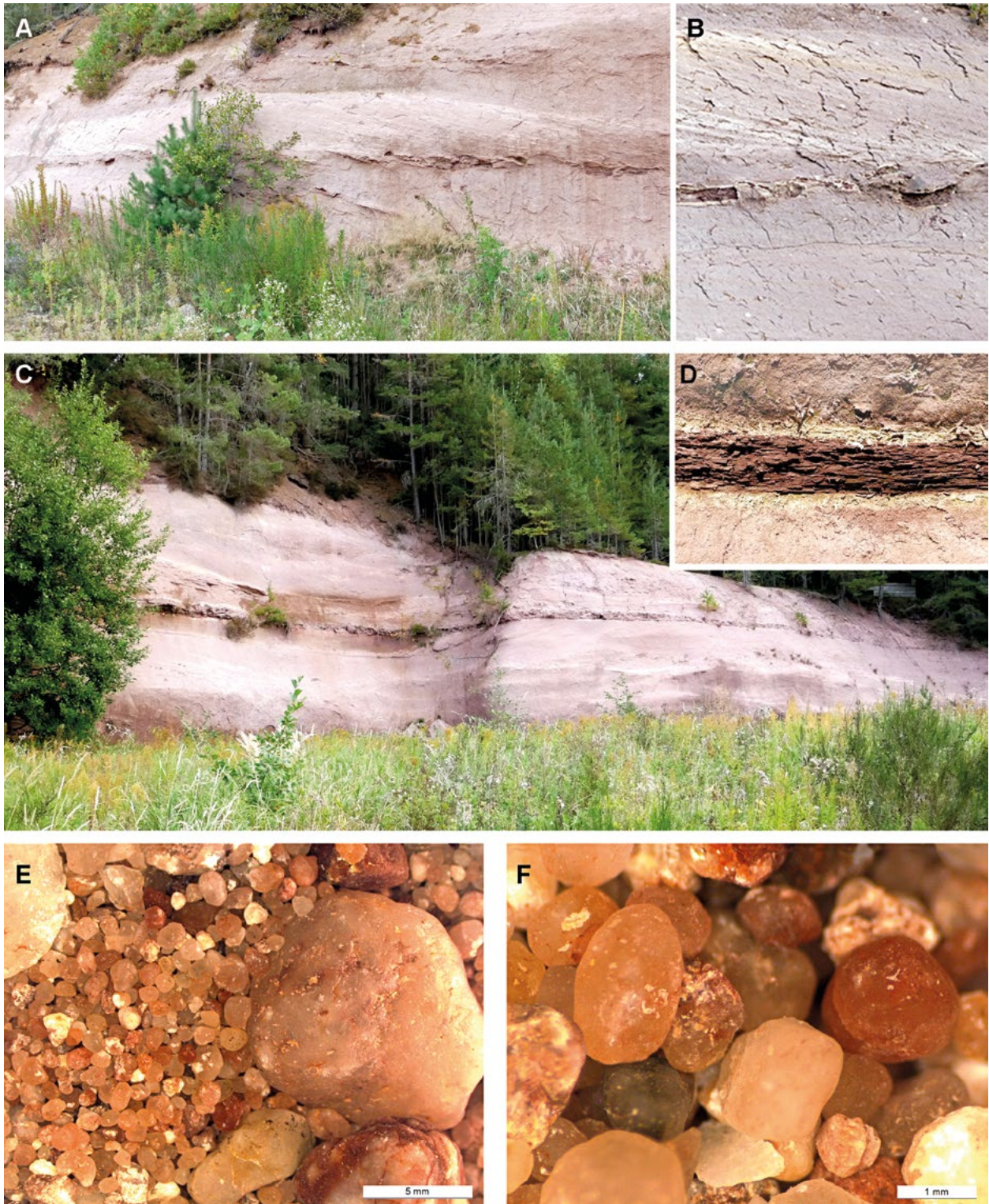


Abb. 21: Faziesbilder aus der Eck-Formation. **A–B.** Grobsandsteine mit großdimensionaler planarer Schrägschichtung einer Megarippel auf einer fluvialen Erosionsfläche mit großen Tonschluffstein-Intraklasten, Sandgrube Obersteinhalden (St. Georgen-Brigach, BO7815-511). **C–D.** Tonschluffstein-Lage auf ebener Deflationsfläche, an der die liegende Schrägschichtung diskordant gekappt wird, Sandgrube Obersteinhalden (Foto D: T. Huth). **E–F.** Bohrgut aus Geröllsandstein mit sehr gut gerundetem Grobsand, Bohrung Bad Peterstal (BO7515-331: 87 m).

ren im Vergleich mit den feineren Fraktionen kann auf Ausblasung der Feinfraktionen aus dem äolisch beeinflussten Sedimentanteilen gedeutet werden (s. Kap. 3.3). Feinfraktion blieb hier nur erhalten, wenn sie allein den fluvialen und keinen äolischen

Prozessen unterworfen war, weshalb in der Feinfraktion in der Regel nur schlecht gerundete, rein fluvial geformte Körner auftreten. Dies ergänzt das Bild vom Ablagerungsraum um größere sandige Flächen zwischen Schlammflächen und Rinnen, in

denen während Trockenzeiten Sand von stärkeren Winden verblasen und an der Oberfläche liegende Gerölle durch Windschliff überformt wurden (Abb. 19 E, F). Ob dabei ähnlich wie in der Pfalz (Dachroth 2013) regelrechte Steinpflaster als Deflationsresiduen ausgebildet waren, ist zwar wahrscheinlich, aber nicht sicher, da solche Lagen bislang rechtsrheinisch noch nicht dokumentiert werden konnten. Lokale konglomeratische Geröllanreicherungen in manchen Rinnenfüllungen könnten aber ebenso gut auf die Erosion einer bereits zuvor äolisch ausgeblasenen Gerölldecke wie auf rein fluvial-aquatische Sortierungsvorgänge zurückzuführen sein. Auch die fast allgegenwärtige Rotfärbung der Sande spricht für Sedimentationspausen zwischen den fluvialen Ereignissen. Altersbestimmungen an rezenten rotgefärbten Wüstensanden konnten zeigen, dass bereits die Verwitterung instabiler Schwerminerale durch nächtliche Kondensfeuchte ausreicht, um innerhalb weniger Jahrtausende (<20 ka) selbst „trockene“ Dünen Sande mit roten Eisenoxid-Überzügen zu versehen (Gardener 1981, 1983, Pye 1983, Jayangondaperumal 2012).

Das Landschaftsbild ist damit ähnlich den windbeeinflussten Schwemmebenen und Binnendeltas des Thüringischen Buntsandsteins, wie sie von Voigt (2017) dargestellt wurden, allerdings proximaler in seiner Ausbildung. Dass die äolischen Prozesse sich dabei nur in fluvial nochmals umgelagertem Sedimentmaterial und nicht in eigenen Ablagerungsgefügen abbilden, unterstreicht die intensive fluviale Dynamik des Ablagerungssystems während der sturzflutartigen Abflussereignisse. Äolisch geprägte geringmächtige Decklagen (Steinpflaster mit Windkantern, Grobsanddecken) fielen vor einer weiteren Überdeckung stets der nächsten fluvialen Aufarbeitung zum Opfer.

Auch im Kraichgau und Odenwald beginnt die Buntsandstein-Sedimentation über den Feinsedimenten der permischen Langenthal-Formation teilweise mit horizontal geschichteten Sandsteinen an der Basis des Heigenbrücken-Sandsteins (z.B. BO6819-83 Gemmingen: Junghans 2003; Bohrung Langenthal: Hug & Vero 2008: Abb. 2). Die Sandsteine bleiben hier jedoch eher fein- bis mittelkörnig und werden von tonig-schluffigen Zwischenlagen unterbrochen. Darüber etablieren sich vorherrschend mittelsandige, teilweise auch feinsandig-schluffige und gelegentlich grobsandige Rinnenfüllungen von 1–2 m Mächtigkeit. Die Rinnenfüllungen sind häufig erosiv ineinander verschachtelt und bilden dann mehrere Meter mächtige massive Sandstein-Abfolgen ohne erkennbare Schichtgrenzen. Örtlich sind jedoch auch linsenartig feinsandig-tonige Schluffsteine zwischen-

geschaltet, die durch abnehmende Korngrößen aus den jeweils liegenden Sandsteinkörpern hervorgehen. Die Abnahme der Korngrößen im oberen Abschnitt der Rinnenfüllungen, Hinweise auf Seitenerosion der Rinnen und auf örtliche Gleithang-Schichtung deuten auf stärkere Kurvature der Talwege im Übergangsbereich zwischen verflochtenen und mäandrierenden Flussläufen (Backhaus & Bähr 1987). Vereinzelt und selten sind Fein- bis Mittelkies-Gerölle eingelagert.

Am Übergang vom Heigenbrücken-Sandstein in den Eckschen Geröllsandstein nehmen Korngrößen und Mächtigkeit der Rinnenfüllungen nochmals zu (Backhaus 1975, Backhaus & Bähr 1987). In der Bohrung BO6421-2 Reisenbach liegen die Mächtigkeiten einzelner Rinnenfüllungen (bzw. Abstände von Rinnenbasen in amalgamierten Abfolgen) im Heigenbrücken-Sandstein meist bei 1–2 m, im Eckschen Geröllsandstein erreichen sie 3–4 m. Die Geröllführung bleibt schwach, wenngleich stärker als im Heigenbrücken-Sandstein und es erscheinen vereinzelt Grobkies-Gerölle. Anders als im Schwarzwald nehmen äolisch vorgerundete Grobsandkörner hier nur einen kleinen Teil des Kornbestands ein. Der Übergang von vorwiegend mittelsandiger Heigenbrücken-Fazies in vorherrschend grobsandige Eckscher-Geröllsandstein-Fazies erfolgte jedoch offenbar nicht flächendeckend gleichzeitig, wodurch die Faziesgrenze kleinräumig in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus liegt und durch Grobsandstein-Einschalungen im höheren Heigenbrücken-Sandstein undeutlich werden kann. Die bis mehrere Meter mächtigen Rinnenkörper aus schräggeschichteten Grobsandsteinen überlagern sich ähnlich wie im Schwarzwald mit häufig erosiver, oft weitgehend ebener Basis. Die Rinnen sind jedoch sehr viel breiter als im Heigenbrücken-Sandstein und weniger klar lateral begrenzt (Backhaus & Bähr 1987), was als typisch für distributäre Flusssysteme (Binnendeltas) in hochariden Gebieten gelten kann (Priddy & Clarke 2021).

In den Sedimentströmen, aus denen die Ablagerungen im nördlichen Kraichgau und Odenwald stammen, war das Ablagerungssystem damit ähnlich wie jenes im Schwarzwald, jedoch in einer distaleren Fazies. Verflochtene und abschnittsweise mäandrierende ephemere Flussnetze schütten ihre Sedimente in das Becken vor, wobei Schichtflutablagerungen vor den vorrückenden Flussmündungen die ersten Ablagerungen darstellen. Mit der progradierenden Schwemmebene folgen darüber die Rinnensedimente des Binnendeltas. Die zugehörige proximale Schwemmebene, deren Fazies derjenigen des Schwarzwalds mehr entspricht, wäre demnach im Oberlauf des Odenwälder Sedi-



mentstroms zu suchen, d. h. in den tieferen Trifels-Schichten der Südpfalz bzw. dem Conglomérat inférieure der nördlichen Vogesen (vgl. Abb. 15).

5.3 Tiefere Vogesensandstein- und Miltenberg-Formation (höhere Folge s1 und Folge s2)

Der Fazieswechsel von den oft nur schwach verfestigten Geröllsandsteinen der Eck-Formation in die festen bis harten Grobsandsteine des Badischen Bausandsteins geht mit einem Wandel des fluvialen Transport- und Ablagerungssystems einher. Der äolische Einfluss auf die trockenen Überflutungsflächen ließ etwas nach, die Verbreitung und Erhaltung von Feinsedimenten zwischen den Rinnenablagerungen nahm dagegen geringfügig zu. Die Korrelation von Bohrlochmessungen legt dabei nahe, dass dieser Übergang leicht diachron verlief (Kap. 7).

Das Sedimentmaterial ist im Badischen Bausandstein ähnlich wie in der Eck-Formation von einer Mischung von mäßig und gut gerundeten Grobsanden geprägt, wobei die Kornrundungen im Mittel etwas schlechter ausfallen und der Anteil an sehr gut gerundeten Körnern in den meisten Sandsteinkörpern zurücktritt (Abb. 32 B, C). In manchen Sandsteinen fehlen sie ganz. Mittelsandsteine und feinsandige bis schluffige Zwischenlagen sind dagegen häufiger eingeschaltet, in einzelnen Bohrprofilen treten Grobsandsteine sogar weitgehend in den Hintergrund. Die Mächtigkeit der Schüttungskörper liegt meist in der Größenordnung von einem Meter (Abb. 22 A; Abb. 36). Mehrere Meter mächtige Rinnenfüllungen bilden im Badischen Bausandstein eher die Ausnahme. Allerdings sind auch hier immer wieder mehrere Rinnenkörper mit erosiver Basis ineinander geschachtelt und zu mehrere Meter mächtigen Sandsteinen amalgamiert (Abb. 22 B, C; Abb. 38). Tonschluffstein-Intraklasten belegen hier aufgearbeitete Feinsedimente. An Schrägschichtungen herrschen trogförmige und planare Gefüge vor (St, Sp). Daneben treten flachwinklige Schrägschichtungen und horizontale Laminationen auf, die unter Bedingungen des Oberen Fließregimes abgelagert wurden und sturzbachartige Starkabflüsse nach Unwettern im Hochland belegen (Sh/SI bei Miall 1996). Die Geröllführung ist meist schwach, selten gröber als feinkiesig und auf Quarzgesteine (Gangquarz, Quarzit, Hornstein) beschränkt. Sie fehlt in manchen Profilen ganz. Sie ist jedoch in der Gesamtschau der Bohrprofile nicht auf bestimmte Horizonte beschränkt, die sich korrelieren ließen (Kap. 8.4). Die Übergänge zwischen den Grob-

und Mittelsandsteinen und den Feinsedimenten (Feinsandsteine, Schluffsteine, Schlufftonsteine) erfolgen meist abrupt, sind jedoch nur selten von ebenen Erosionsflächen begleitet. Häufiger sind unebene Erosionsflächen unter Sandsteinen, die selbst in Bohrkernen als schräge oder gebogene Grenzflächen erkennbar sind.

Als Ablagerungsraum lässt sich daher eine Schwemmebene angeben, deren Relief aus Rinne- und Sandbänken und Überflutungsflächen flacher ausgeprägt ist als bei Ablagerung der Eck-Formation. Äolische Umlagerung spielte auf den Überflutungsflächen offenbar eine geringere Rolle als zuvor, worauf der geringere Anteil an sehr gut gerundeten Sandkörnern ebenso hinweist wie die seltener auftretenden ebenen Deflationsflächen. Die Ablagerungen der Zwischenrinnen-Bereiche wurden häufig von neu eingeschnittenen Rinnen kannibalisiert, äolisch überformte Decksande mit frischen, rein fluvial geprägten Sanden vermischt und Feinsedimente als Tonschluffstein-Intraklasten aufgearbeitet. Der dennoch abrupte Wechsel zwischen Grob- und Feinsedimenten zeigt aber weiterhin eine Vorherrschaft verflochtener Stromrinnen an, deren Verlagerung überwiegend durch Avulsion erfolgte.

Im Kraichgau und unter Hohenlohe werden die Mittel- und Grobsande des Badischen Bausandsteins nach Norden von den Mittel- und Feinsandsteinen der Miltenberg-Formation abgelöst. Der Korngrößenwechsel dürfte auf einen anderen Sedimentstrom aus Südwesten zurückzuführen sein, der das Gebiet von Odenwald und nördlichem Kraichgau durchquerte, parallel und nördlich zu dem am südöstlichen Beckenrand entlanglaufenden Sedimentstrom des Badischen Bausandsteins (Abb. 15). Sehr gut gerundete Mittel- und Grobsandkörner treten in der Miltenberg-Formation nur selten als Einzelkörner in Erscheinung, die möglicherweise auf einen Ferntransport nach Sandstürmen zurückgehen. Auch Geröllführung ist in der Miltenberg-Formation äußerst selten. Die Mächtigkeit einzelner Rinnenfüllungen liegt auch hier häufig bei ein bis zwei Metern, erreicht jedoch bis zu drei Meter (Abb. 22 E, Abb. 47). Im Unteren und Oberen Miltenberg-Sandstein sind dabei ebenfalls oft mehrere Rinnenfüllungen zu mehrere Meter mächtigen Sandsteinkörpern amalgamiert. Die Sandsteinkörper zeigen häufig einen schwachen Trend zur Kornverkleinerung nach oben und teilweise gleitende Übergänge in abschließende Feinsedimente, soweit diese zwischen den Sandsteinen erhalten blieben. Vielfach zeigen nur noch Tonschluffstein-Intraklasten in den Sandsteinen an, dass solche Feinsedimente syndimentär wohl regelmäßig über den sandigen Rinnenfüllungen abgelagert wurden (Abb. 22 F). Erst im höhe-



Abb. 22: Faziesbilder aus Badischem Bausandstein und Miltenberg-Formation. **A.** Schräggeschichtete Sandsteine des Badischen Bausandsteins am Stubenfels bei Sommerhardt unweit Calw (Foto T. Huth). **B.** Massig erscheinende Abfolge von Rinnensandsteinen ohne Zwischenmittel im oberen Badischen Bausandstein bei Heimbach, Kreis Emmendingen. **C.** Amalgamierte Rinnensandsteine im ehemaligen Steinbruch bei Loßburg nahe Freudenstadt. Die Pfeile weisen auf eine Rinnenbasis innerhalb des scheinbar homogenen Sandsteinkörpers, der oben von einer ebenen Erosionsfläche begrenzt wird. **D.** Schrägschichtung mit Bleichungsstreifen in einem Mittelsandstein der Miltenberg-Formation bei Eberbach im Odenwald, Bildbreite etwa 1 m. **E.** Rinnensandsteine der Miltenberg-Formation im Steinbruch bei Freudenberg am Main (Gemarkung Miltenberg, BY). Die Rinnenbreiten sind größer als der Ausschnitt der Aufschlussfläche, die schwankende Mächtigkeit einzelner Bänke und flachwinklig darunter abgeschnittene Sandsteinlagen zeigen jedoch seitliche Begrenzungen einzelner Rinnen an. **F.** Kantige Tonschluffstein-Intraklasten an der Unterseite eines Rinnensandsteins in demselben Aufschluss.



ren Teil (Miltenberg-Wechselfolge) sind diese Feinsedimente besser erhalten. Zudem nimmt hier die Mächtigkeit der Rinnenfüllungen auf durchgehend unter zwei, oft unter einen Meter ab. Gleitende Übergänge von Sandstein zu Feinsediment werden seltener. Zwischen den Rinnensandsteinen schalten sich häufiger geringmächtige Sandsteinlagen von einigen Zentimetern bis wenigen Dezimetern Mächtigkeit ein, die starke Schichtflut-Ereignisse belegen.

Der Ablagerungsraum stellt sich für die Miltenberg-Formation somit als eine von der südlich angrenzenden Grobsandebene faziell abweichende Schwemmebene dar, die stärker von gewundenen bis schwach mäandrierenden, dabei etwas tieferen Einzelrinnen geprägt war. Zwischen den Rinnen lagen Schlammebenen, auf die bei Hochwässern auch geringmächtige Schichtsandte geschüttet wurden. In der Miltenberg-Wechselfolge nehmen diese flächigen Überflutungsgebiete gegenüber den Rinnenbereichen überhand und leiten in ein Binnendelta („Terminaler Fächer“) im Übergangsbereich zu den norddeutschen Playa-Systemen über. Insgesamt stellt die Miltenberg-Formation daher eine distalere Fazies als die Badischen Bausandsteine der Vogesensandstein-Formation dar. Eine der Schwarzwälder Fazies vergleichbare grobsandigeröllführende Ausbildung dieses Miltenberger Sedimentstroms dürfte im Unteren Buntsandstein der Südpfalz und der Nordvogesen zu suchen sein (Backhaus & Bähr 1987; Abb. 15). Der vertikale Wechsel von Ablagerungen einer Schwemmebene in die eines Binnendeltas stellt dabei ein retrogradierendes (transgressives, vom Becken aus betrachtet) Element der Faziesabfolge dar und schließt gewissermaßen den mit der Progradation der Eck-Formation begonnenen Zyklus des Unteren Buntsandsteins ab (Junghans 2003).

5.4 Höhere Vogesensandstein- sowie Volpriehausen- bis Hardeggen-Formation (Folgen s3 bis s5)

Etwa an der Grenze vom Unteren zum Mittleren Buntsandstein bzw. im höheren Badischen Bausandstein und in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation des Schwarzwalds wandeln sich die Ablagerungsbedingungen wieder hin zu stärkeren äolischen Einflüssen auf das Sedimentmaterial. Die Bedingungen ähneln wieder mehr der Ablagerungszeit der Eck-Formation. Im Schwarzwald wechseln in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation und den altersgleichen Teilen des höheren Badischen Bausandsteins ähnlich wie bis-

her mittel- bis grobsandige Schichtungskörper von einem bis wenigen Metern Mächtigkeit mit dünneren Schichtbänken aus Grob- bis Feinsanden und Schluffsteinen ab. Allerdings treten wieder häufiger Rinnenfüllungen von zwei bis drei Metern Mächtigkeit auf und die Erhaltung von Feinsedimenten nimmt ab. Lokal bilden amalgamierte Rinnensandsteine mehrere zehn Meter mächtige Abfolgen „dickbankiger“ Sandsteine. Im Kornbestand treten sehr gut gerundete Grobsande und geröllführende Sandsteine wieder stärker in Erscheinung, jedoch weniger flächendeckend wie in der Eck-Formation, weshalb sie in manchen Profilen nur abschnittsweise auftreten oder fehlen können. Wegen der lateral kleinräumig stark wechselnden Verbreitungen stellen Geröllführung und Grobsandrundung daher kein zuverlässiges Merkmal zur Identifizierung der Folgengrenze s2/s3 in Einzelprofilen dar. Auch in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation sind lokal Profilabfolgen ausgebildet, die überwiegend von Mittelsandsteinen geprägt werden.

In der Geröllsandstein-Fazies finden sich wieder häufiger umgelagerte Windkanter. Der Geröllbestand umfasst weiterhin fast nur Quarzgesteine (Gangquarz, Hornstein bzw. Lydit, Quarzit; Abb. 23 A, B). Lediglich im südlichen Zentral- und Südschwarzwald, wo die Schliffkopf-Geröllsandsteine der Vogesensandstein-Formation erosiv auf die Eck-Formation und nach deren Auskeilen auf das Grundgebirge übergreifen, sind auch Kristallingesteine am Geröllbestand beteiligt. Einzelne Quarzporphyr-Gerölle sind noch bis in den Nordschwarzwald verbreitet. Ein Teil dieser Kristallingerölle könnte allerdings auf aufgearbeitete Geröllsandsteine der Eck-Formation zurückzuführen sein, da in den Randgebieten der Schliffkopf-Geröllsandstein-Verbreitung (Wutachgebiet, Baar) die Mächtigkeit dieser Subformation kleinräumig stark schwankt. Sie überlagert daher offenbar Eck-Formation, Perm oder Kristallin nicht überall auf einer ebenen Pedimentfläche, sondern füllt teilweise darin eingeschnittene Rinnen auf.

Die laterale Ausdehnung der Schichtkörper übersteigt meistens die Größe der Aufschlüsse, bleibt aber zu gering, um Einzelbänke zwischen benachbarten Aufschlüssen korrelieren zu können. Die mächtigeren Sandsteinkörper lassen sich daher als mehrere Dekameter breite Rinnenfüllungen betrachten, deren grob- bis mittelsandige Abfolgen meist nur geringe Korngrößenabnahme vom Liegenden zum Hangenden zeigen, gelegentlich auch eine schwache Zunahme der mittleren Korngröße oder mehrfache Wechsel der Korngrößen alle paar Dezimeter. Die Schrägschichtungen sind teils durchgehend planar (Sp bei Miall 1996), entweder in mehreren Sets aufgestapelter Sandbänke

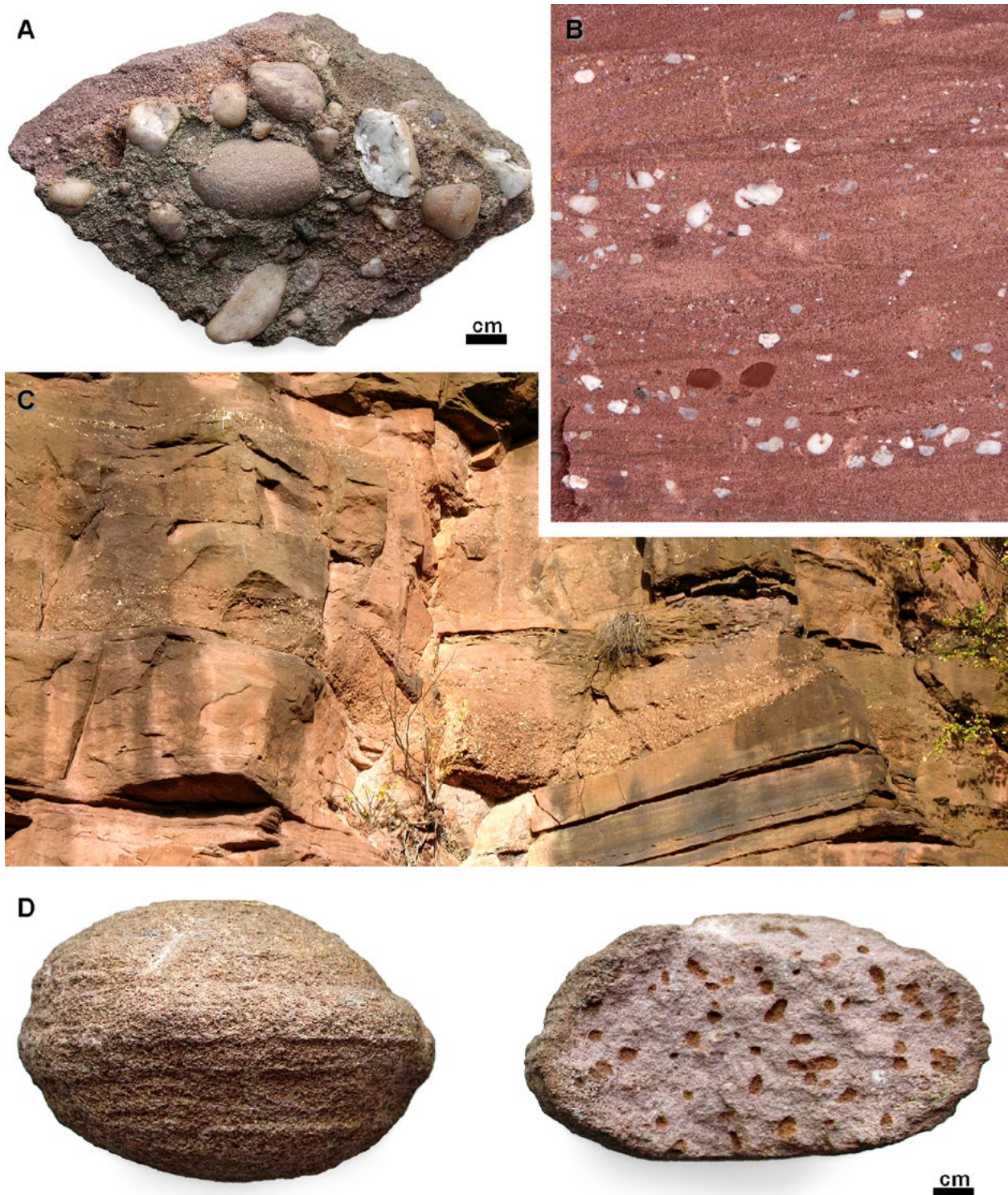


Abb. 23: Faziesbilder aus der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation und dem Mittleren Buntsandstein des Odenwalds. **A.** Geröllsandstein mit Gangquarz- und Quarzit-Geröllen aus der höheren Vogesensandstein-Formation von Heimbach unweit Emmendingen. **B.** Geröllsandstein der höheren Vogesensandstein-Formation aus dem Steinbruch „Tennenbach“, Gemarkung Emmendingen. Die Gerölle sind nicht auf die Basis der Schrägschichtungs-Sets beschränkt. Angerundete Tonstein-Intraklasten belegen die Aufarbeitung durchgetrockneter Überflutungsflächen. Geröllgrößen 1–2 cm (Foto W. Werner, Lage s. BO7813-532). **C.** Lateral wechselnde Geröllführung in aufgestapelten Rinnensandsteinen der höheren Vogesensandstein-Formation, ehem. Steinbruch Heimbach (BO7813-717). **D.** Sandsteinkugeln mit glatter Außenfläche und Lösungsmarken nach Kalzitkristallen („Pseudomorphosen“) aus der Vogesensandstein-Formation von Forbach-Herrenwies; die kieselig zementierten Konkretionen entstanden frühdiagenetisch im Grundwasser und zeigen noch die Feinschichtung des Wirtssediments.



oder durchgehend über die gesamte Mächtigkeit der Rinnenfüllung, teils trogförmig (St) in unterschiedlichen Dimensionen (Zentimeter bis mehrere Dezimeter), teils folgen innerhalb einer Rinnenfüllung unterschiedliche Schichtungsmuster aufeinander (Abb. 24). Immer wieder treten flachwinklige Schrägschichtungen (SI) als Ausdruck hoher Abflussraten auf. Die lithologisch wechselvolleren dünneren Schichtbänke dürften Hochflutablagerungen zwischen den aktiven Rinnen darstellen. Hierzu passen auch die darin immer wieder anzutreffenden kleinmaßstäblichen Rippelmarken, meist Wellenrippen, deren Kämme nach Messungen von Riek (1931) in den verschiedenen, jeweils lateral eng begrenzten Vorkommen in fast alle Richtungen streichen können. Geringmächtige Sandsteinlagen mit Rippelschichtung (Sr) finden sich ebenfalls gelegentlich eingeschaltet. In den tonig-schluffigen Lagen sind zuweilen sandgefüllte Schrumpfrisse anzutreffen, in feingeschichteten Lagen lokal Conchostraken. Daneben erscheinen erstmals äußerst seltene Wirbeltierreste (Kap. 6.4.2).

Auch im Odenwald und Maingebiet besteht die Abfolge überwiegend aus ein bis wenige Meter mächtigen Rinnenfüllungen aus Grob- und Mittelsandsteinen (Abb. 23 C). Zwischen ihnen liegen Abfolgen von Zwischenrinnen-Ablagerungen, die aus dezimeter- bis metermächtigen Sandsteinbänken und kleineren Rinnenfüllungen sowie Feinsedimenten bestehen (Backhaus et al. 2002; Abb. 24). Horizontal und flachwinklig schräggeschichtete Sandsteine dürften oft auf schichtflutartige Hochwasserablagerungen im Zwischenrinnenbereich zurückzuführen sein. Sie zeigen sich aber auch in Rinnenfüllungen und repräsentieren hier wohl ebenfalls starke Hochwässer mit hohen Fließgeschwindigkeiten. Äolisch gerundete Grobsandkörner sind auch hier häufig eingestreut. Die Feinsedimente sind meist tonige bis sandige Schluffsteine mit horizontaler Schichtung.

Durch den Wechsel von massiven Sandstein-Abfolgen aus aufgestapelten Rinnenfüllungen und wechselhafteren Abfolgen mit einem höheren Anteil an Zwischenrinnen-Ablagerungen lässt sich im östlichen Odenwald und Maingebiet anders als weiter

südwestlich eine Einteilung in Zyklen aus basalem „Grobsandstein“ und darüber folgenden „Wechselfolgen“ treffen, die den drei unteren Formationen des Mittleren Buntsandsteins der Beckenfazies entspricht. Die „Wechselfolgen“ bestehen hier allerdings nicht aus randlakustrinen Ablagerungen eines alluvialen Binnendeltas wie in Hessen, Niedersachsen oder Thüringen, sondern weiterhin aus fluvialen Schwemmlandablagerungen. Dabei erfolgte die Aufarbeitung der Hochwasserflächen nach Rinnenverlagerung hier jedoch weniger intensiv als weiter stromaufwärts (südwestlich). Die geringere Mächtigkeit der Rinnenfüllungen dürfte auf ein distributäres Flusssystem hinweisen, in dem sich die Rinnenläufe nach Nordosten zunehmend verzweigen und verflachen. Die geringe Korngrößenabnahme flussabwärts zwischen Vogesen und Main-Tauber-Gebiet lässt sich nach Priddy & Clarke (2021) auf die äolischen Umlagerungen zwischen den Flutereignissen und damit einer großräumigen Vermischung der Sedimentfracht zurückführen. Dass besonders im unteren Teil der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (bzw. in der Volpriehausen-Formation des Maingebiets) die Rinnenfüllungen kaum klare seitliche Begrenzungen aufweisen („blattförmige Geometrie“: Backhaus et al. 2002) lässt vermuten, dass das Klima der Schwemmsandebene zu dieser Zeit am trockensten war und die Uferbänke keine Stabilisierung erfuhren, weder durch eine Pflanzendecke noch durch rasche Salz- oder Karbonatabscheidung aus Kapilllarfeuchte (vgl. Kap. 3.3, Abb. 19 C, D).

Der Ablagerungsraum hat sich dennoch gegenüber der Zeit des Unteren Buntsandsteins nur wenig verändert. Die etwas mächtigeren Rinnenfüllungen und die häufigere und stärkere Geröllführung in den proximaleren Gebieten (Schwarzwald) lassen jedoch wieder stärkere Abflussereignisse vermuten. Die Trockenphasen zwischen den Sturzfluten fielen intensiver aus als zur Ablagerungszeit des tieferen Badischen Bausandsteins und erlaubten, ähnlich wie in der Eck-Formation, erneut stärkere äolische Umlagerungen auf den trockenen Bereichen der Schwemmebene.

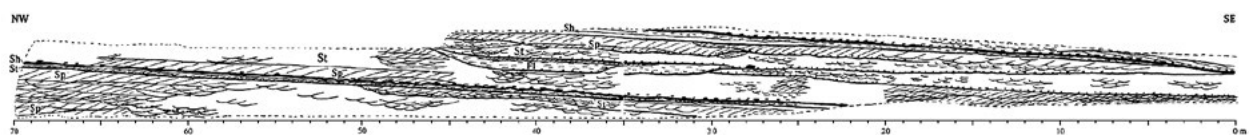


Abb. 24: Sedimentologische Aufschlusskartierung eines Straßenaufschlusses südlich Neckargerach, aus Backhaus et al. (2002). Die Schichtenfolge liegt in der tieferen Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation (Äquivalent Volpriehausen-Geröllsandstein). Die einzelnen aufgestapelten Rinnenfüllungen zeigen Breiten zwischen 10 und über 50 m. Die Kürzel geben Fazieselemente nach Miall (1996) an.

5.5 Heidenstein-Kristallsandstein und Felssandstein (Folge s6)

Die sedimentäre Fazies von Heidenstein-Subformation und Felssandstein ähnelt in vieler Hinsicht der des tieferen Buntsandsteins. Sie zeigt jedoch einen merklich höheren Anteil von Rinnenablagerungen, die eine größere Vielfalt fluvialer Stile aufweisen als die älteren Buntsandstein-Ablagerungen. Die äolischen Einflüsse auf den Kornbestand treten rasch in den Hintergrund und verschwinden.

Die Rinnenfüllungen zeigen weiterhin meist Mächtigkeiten von einem halben bis zwei Meter (Abb. 25), im Odenwald teilweise bis wenige Meter. Viele Rinnenfüllungen sind aber deutlicher gradiert als in den tieferen Einheiten. Die Sandsteine zeigen einen höheren Anteil von Mittelsanden gegenüber Grobsanden, die vielfach nur im unteren Teil der Rinnenfüllungen den Mittelsanden zugemischt sind. Die Grobsande weisen mäßige Kornrundungen auf und zeigen damit lediglich die auch von den Sedimentstrukturen dokumentierten fluvialen Prozesse an. Lediglich in den untersten Rinnenfüllungen der Subformation sind untergeordnet gut gerundete Körner eingestreut, die jedoch aus der liegenden Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation aufgearbeitet sein dürften.

Besonders im Schwarzwald erscheint die Heidenstein-Subformation insgesamt meist feinkörniger als die Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation. Die Transportkraft der Abflussereignisse war jedoch ausreichend, um Fein- und untergeordnet Mittelkies-Gerölle mitzuschleppen, die auch in sonst vergleichsweise gut sortierten Mittelsandsteinen eingestreut liegen können (Abb. 25 E). Die Geröll- und Grobsandführung im tieferen Teil der Heidenstein-Subformation hat in der Vergangenheit teilweise zu einer zu hohen Grenzziehung gegen das Liegende geführt. Die Wechsel von fluvialer Fazies und Kornrundung erlauben hier eine konsistentere Abgrenzung zu Liegenden als allein die Korngröße. Sie fällt dort, wo dieser ausgebildet bzw. erhalten ist, stets mit der Obergrenze des smVH1-Horizonts zusammen (Kap. 6.4.2, 8.9). Die nach oben abnehmenden Korngrößen in vielen Rinnenfüllungen sprechen für stärker gewundene Rinnenformen, die teilweise von Gleithangsedimenten mit trogförmigen und planaren Schrägschichtungen sowie Rippelschichtungen verfüllt wurden (St, Sp, Sr bei Miall 1996). Daneben hinterließen verflochten ausgebildete Abschnitte weiterhin Rinnenfüllungen aus aufgestapelten Sandbänken (Abb. 25 D) und abrupten Wechseln zu Feinsedimenten.

Zwischenrinnen-Sedimente, etwa dünne schrägschichtete Sandbänke, Feinsedimente oder dünn-schichtige Wechsellagerungen, erscheinen weniger regelmäßig in die Schichtenfolge eingeschaltet als in der tieferen Vogesensandstein-Formation. Bis metermächtige lokale Schluffstein-Einschaltungen in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus und die besonders im Schwarzwald immer wieder eingeschalteten „Knochenbetten“ (s. u.) aus aufgearbeiteten Amphibienresten deuten allerdings auf offene Wasserflächen hin, die auch in den Zeiten zwischen den Unwetter- und Sturzflutereignissen Großamphibien als Lebensraum dienten. Dies spricht für stärkere fluviale Sedimentdynamik mit häufigen Rinnenverlagerungen bei Hochwasser und längeren Feuchtperioden auch zwischen einzelnen Unwettern. Das Aussetzen der äolisch überformten runden Grobsandkörner an der Basis der Heidenstein-Subformation weist auf häufigere fluviale Aufarbeitung und auf kürzere Verweilzeiten der Sande als trockene Sandflächen hin.

Die faziell bedeutsamsten Unterschiede der Heidenstein-Subformation gegenüber der tieferen Vogesensandstein-Formation sind die Ausbildung von Paläoböden (Kap. 5.6) und die zunehmende Fossilführung. Wirbeltierreste erscheinen in Südwestdeutschland zuerst in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation mit spärlichen Einzelfunden (von denen manche wegen unklarer Fundsituation auch aus der Heidenstein-Subformation stammen könnten). In der Heidenstein-Subformation zeigen sich aufgearbeitete Wirbeltierknochen jedoch so regelmäßig, dass Riek (1931) diesen Abschnitt generell als ‚Knochenbetten‘ bezeichnet hat. Eigenartigerweise fehlen Reste von Fischen fast vollständig, obwohl diese als Nahrungsgrundlage der Großamphibien eigentlich zu erwarten wären. Möglicherweise ist dies aber ein Artefakt früherer Sammeltätigkeit, bei der auffällige Fossilreste bevorzugt wurden. Dagegen sind Fährten von Pfeilschwanzkrebsen im Landesgebiet erstmals für den Heidenstein-Kristallsandstein belegt (Riek & Lebkühner 1928). Nach Seilacher (1963) dürften sie eher in einem Süßwassermilieu als unter marinem Einfluss entstanden sein. Nach dem Aussterben der Eurypteriden am Ende des Perm konnten demnach die frühmesozoischen Limuliden vorübergehend in limnische Milieus vordringen, bevor sie im weiteren Verlauf des Mesozoikums von Dekapoden aus dieser Nische wieder verdrängt wurden.

Im Maingebiet setzen mit dem von fluvialen Rinnenfüllungen und von rinnennahen, meist sandigen Hochwasserabsätzen geprägten Felssandstein über der Hardeggen-Wechselfolge wieder proximale Sedimente ein, in denen der kanalisierte



Abb. 25: Faziesbilder aus der Heidenstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation. **A.** Unregelmäßig-bankige Rinnenfüllungen aus Mittelsandsteinen am Heidenstein bei Oberharmersbach (BO7514-442). **B.** Wechselnd schräggeschichtete Grobsandsteine an der Basis der Heidenstein-Subformation in der Bohrung Horgen (BO7817-978). **C.** Kernscheibe aus rotbraunem feinsandigem Tonschluffstein mit graugrünen Entfärbungszonen aus der Heidenstein-Subformation von Bammental (BO6618-1371). **D–E.** Mittelsandsteine mit fluvial geprägter Schrägschichtung am Heidenstein, Heidenstein-Subformation; D. Planare und flachwinklige Schrägschichtung, E. großdimensionale konkave Schrägschichtung, an Bankoberfläche gekappt, Schüttungsrichtung Nordost.

Abfluss in verzweigten und teilweise mäandrierenden Rinnen vorherrscht. Erosion und Aufarbeitung an der Basis und den Seiten der Rinnen haben lateral rasch wechselnde Profilabfolgen hinterlassen. Die im Vergleich zum Nordschwarzwald stärkere Grobsand- und Geröllführung der Sandsteine („Oberer Geröllhorizont“) weist auf einen anderen Sedimentstrom hin, der offenbar nördlich und parallel zu dem aus Südvogesen und Schwarzwald über Hohenlohe nach Nordosten geleiteten Sedimentstrom verlief (Abb. 15).

Die oft kleinräumig um mehrere Meter unterschiedlichen Mächtigkeiten dürften dabei auf ein erosives Relief an der Basis von Kristall- und Felssandstein bzw. im Dach der liegenden Buntsandstein-Sedimente zurückzuführen sein. Während die Grobsandfraktion des Felssandsteins über dessen gesamtes Profil überwiegend aus rein fluvial geprägten, mäßig gerundeten Körnern besteht, deutet die Zumischung geringer Anteile von äolisch überformten Grobsandkörnern nur in den basalen Rinnenfüllungen auch hier auf Erosion und Aufarbeitung dieser Komponente aus dem Dach der liegenden Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (bzw. der Hardeggen-Formation). Der Violette Horizont smVH1, der auch im Schwarzwald an verschiedenen Stellen lokal aussetzt, scheint im Kraichgau und Odenwald flächenhaft erodiert worden zu sein. Erst in den mächtigeren Abfolgen im Spessart erscheint unter dem dortigen ‚Solling-Bassissandstein‘ wieder ein Paläobodenkomplex, der dort ‚VH2a‘ genannt wird, aber als erster entsprechender Horizont mit dem smVH1 des Schwarzwalds korrelieren dürfte (Kap. 8.8–8.10). Im südöstlichen Randbereich des Verbreitungsgebiets greift die Heidenstein-Subformation auf das Grundgebirge der Südschwarzwald-Schwelle über und liegt hier direkt auf Kristallin, das örtlich vergrust und von pedogenen Karbonatkrusten durchsetzt ist (Beil. 8). Kleinräumige Mächtigkeitschwankungen als Indiz für aufgefüllte Rinnen finden sich hier offenbar nur im Hotzenwald und Hochrheingebiet, der überwiegende Teil der Auflagerungsfläche scheint weiter östlich eher flach zu sein. Die Landform, die hier überdeckt wurde, dürfte daher teilweise einer Pedimentfläche, im Hotzenwald und vielleicht im gesamten Hochrheingebiet jedoch auch einem felsigen Hügelland mit Abflussrinnen entsprochen haben (Kap. 5.1).

5.6 Frühdiagenese und Paläoböden

Bodenbildung wird im Zusammenhang mit der Abtragung von Festgesteinen meist als Ausdruck der Verwitterung betrachtet. In frisch abgelager-

ten Lockersedimenten – heute in quartären Sedimenten ebenso wie in der Frühen Trias in den Ablagerungen des Buntsandsteins – bedeutet eine Bodenbildung vor weiterer Überdeckung jedoch auch eine mineralische und strukturelle Veränderung des Sediments unter den Einwirkungen des Oberflächenmilieus – und damit eine terrestrische Form der Frühdiagenese. Diese zuerst von Freytet & Plaziat (1982) hervorgehobene Sichtweise auf Paläoböden als frühdiagenetische Merkmale von Sedimenten erlaubt bei der sedimentologischen Analyse von Profilabfolgen ihre Auswertung als Ausdruck des Sedimentationsgeschehens, von Sedimentationsunterbrechungen und von Milieubedingungen im Sedimentbecken. Sie stellen damit ein terrestrisches Gegenstück zu den frühdiagenetischen Horizontbildungen subaquatischer Sedimentabfolgen (z. B. Hartgründe, bioturbate Bänderung, Konkretionshorizonte) dar.

Als Argumente für eine Deutung der „Violetten Horizonte“ als fossile Landböden führte Ortlam (1966) Kriterien an, die für heutige Bodenbildungen in Abtragungsgebieten charakteristisch sind und die er im Buntsandstein festgestellt habe: Entschichtung, fossile Wurzelspuren, Feldspatverwitterung, Korrosion von Quarzkörnern, Anreicherung von Tonmineralen. Dass diese Merkmale nicht überall und in allen violettfarbigen Horizonten auftreten wurde daraufhin mehrfach als Gegenargument angeführt (zuletzt Dittrich 2020). Die Einengung des Bodenbegriffs auf eine Verwitterungszone und Wurzelgrund für Pflanzen, die insbesondere durch den Einfluss der landwirtschaftlichen Bodenkunde früher prägend war, ist heute allerdings einer weiteren Definition gewichen, in der als Boden „ein natürlicher dynamischer Körper, der die äußersten Schichten der Erdkruste darstellt und verschiedene charakteristische Gefüge von mineralischen und organischen Komponenten, Wasser und Luft aufweist“ (Catt 1991: 2; ähnlich in FAO 1998). Fossile Böden, insbesondere, wenn sie erosiv gekappt wurden und nach Überdeckung noch eine Versenkungsdiagenese (Mesogenese) durchlaufen haben, zeigen hiervon meist nur noch ihre mineralische Komponente. Bereits die organischen Komponenten können oft nur noch indirekt erschlossen werden – makroskopisch in der Gestalt von Wurzel- oder Grabspuren, zuweilen auch mikroskopisch oder geochemisch an biogen (insbesondere mikrobiell) induzierten Abscheidungen. Da die organischen Komponenten in fossilen und mesogenetisch überprägten Bodenbildungen häufig nicht mehr klar erkennbar sind, stellt die Struktur des überlieferten mineralischen Sedimentmaterials meist das wichtigste Kriterium dar, um Paläoböden zu erkennen. Neben einer mit zunehmender Reifung einer Bodenbildung fortschreitenden Entschichtung des betroffenen Sedimentmaterials treten dabei



intrasedimentäre (frühdiaogenetische) Abscheidungen aus dem Poren- oder Grundwasser. Pedogene Krusten- und Knollenbildungen (aus Sulfat- oder Karbonatmineralen) zeigen meist Gefüge, die von mesogenetischen Konkretionsbildungen abweichen. Windeintrag und Neubildung von Schluff und Ton beginnt in Wüstenböden meist im porösen Oberboden – der vor weiterer Überdeckung durch neue Sedimente oft abgetragen wurde – und dringt erst über längere Zeiträume in die tieferen – oft allein erhaltenen – Bodenhorizonte ein (McFadden 1988), weshalb auch Sandsteine mit nur geringem Tongehalt Reste eines unvollständig überlieferten Paläobodens sein können, sofern sie andere charakteristische Merkmale zeigen (Retallack 1997, 2001).

Bemerkenswert ist das offenbar völlige Fehlen von entwickelten Bodenbildungen unterhalb des Violetten Horizont smVH1 im Unterschied zu den darüber folgenden Schichten. Weder in Eck- und Vogesensandstein-Formation (unterhalb smVH1) noch in der Abfolge von Heigenbrücken-Sandstein bis Hardeggen-Formation (ohne Felssandstein) zeigen sich eindeutige pedogene Krustenbildungen, Wurzelspuren, pedogene Harnischflächen in Tonsteinen oder andere typische Merkmale von Bodenbildung. Als pedogen im Sinne einer terrestrischen Frühdiaogenese lässt sich, neben der verbreiteten Rotfärbung der Sande, lediglich die Bildung von intrasedimentären Sandkristallen und Karbonatkonkretionen einordnen, aus denen im weiteren Verlauf der Diagenese „Pseudomorphosen“ (Rost-/Wadflecken) und „Kugelbildungen“ wurden (vgl. Anhang 1). Die skalenoëdrischen Sandkristalle – heute meist nur als Kristallmarken oder Hohlform erhalten – lassen sich als Kalzitabscheidungen im Schwankungsbereich des Grundwassers unter der Alluvialebene deuten, deren langsames Wachstum den poikilitischen Einschluss von Sandkörnern ermöglichte. Die Bildungsweise ähnelt den bekannten heutigen „Wüstenrosen“ aus sandführenden Gipskristallen, wenngleich die Kristallform im Buntsandstein auf primären Kalzit hinweist. Neben Einzelkristallen kamen offenbar örtlich auch Aggregate und Rosetten vor, die nach weiterer Diagenese als „morgensternförmige“ Sandsteinkonkretionen überliefert wurden.

Auch primär rundliche, oft etwas entlang der Schichtung abgeflachten Konkretionen mit glatter Außenfläche – der andere Typ von „Kugelbildungen“ – dürften als Grundwasser-Caliche an der früheren Grundwasseroberfläche abgeschieden worden sein (Abb. 23 D). Sie lassen sich heute keiner einzelnen Schichtgrenze darüber mehr zuordnen, setzen aber annähernd horizontal durch lateral wechselnde Fazieskörper hindurch und bilden

dann wahrscheinlich einen zeitweiligen Grundwasserstand ab. Dagegen ist unklar, welchen Anteil frühdiaogenetische Prozesse an der Verwitterung der weniger stabilen Schwerminerale und der Rotfärbung der Sande durch Hämatitüberzüge hatten. Beides fand vor der Abscheidung von Kieselzeimenten statt, die oft syntaxial auf den Sandkörnern aufsetzen und dabei die Hämatitkutane einschließen. Mit zunehmender Kristallgröße des Hämatits treten neben rotbraunen Farbtönen vielfach auch rotviolette und teilweise kräftig violette Farbtöne in den Sandsteinen auf, so dass die Färbung allein nicht als Merkmal für einen Paläoboden im engeren Sinne gelten kann (vgl. dazu Dachroth 2013 mit weiterer Literatur).

Mit der Ausbildung des smVH1-Horizonts unter der Heidenstein-Subformation erscheint erstmals ein Sedimenttyp, der in zahlreichen Variationen für die gesamte höhere Buntsandstein-Abfolge charakteristisch wird. Charakteristisch für diese Horizonte sind Merkmale wie pedogene Karbonatkrusten, Karneol-Abscheidungen, Wurzelspuren und Anreicherungen von umgelagerten Wirbeltierknochen. Die seit Ortlam (1967) meist als „Violette Horizonte“ bezeichneten Ablagerungen sind vielfach zumindest in Teilen grauviolett gefärbt, doch treten daneben auch rotbraune, rotviolette, gelbbraune und weiße Farben auf, alleine oder flecken- oder lagenweise, während andernorts derselbe Horizont durchgehend rotbraun ist und sich nur durch Dolomitknollen oder entschichtete Tonsteine hervorhebt. Keine der Färbungen ist dabei auf die „Violetten Horizonte“ beschränkt, violette bis violettgraue Farben treten dort nur regelmäßiger und horizontbeständiger auf als im übrigen Buntsandstein. Die Leithorizonte smVH1 und smVH2 zeichnen sich dabei im Vergleich zu den Abfolgen dazwischen und darüber durch eine Konzentration (bzw. Kondensation) der pedogenen Merkmale in wenigen Metern Sediment aus und immer wieder auch durch Aufstapelung von mehreren Paläoböden übereinander (Abb. 26). Auch innerhalb der Heidenstein-Subformation und ebenso in der Plattensandstein-Formation finden sich mehrfach, dann aber lateral meist nicht weit aushaltend, geringmächtige Horizonte mit ähnlichen Merkmalen.

In den meisten Fällen handelt es sich bei den teils nur wenige Dezimeter, teils mehrere Meter mächtigen Sedimenten um Komplexe aus alluvialen Sedimenten mit autochthonen initialen Bodenbildungen, aus Ablagerungen aus allochthonem Bodenmaterial (umgelagertes pedogen überprägtes Sedimentmaterial) und aus zwischengeschalteten frischen, kaum überprägten Sedimentlagen. Die Ausbildung wechselt lateral oft schon über wenige Kilome-



Abb. 26: Faziesbilder aus Violetten Horizonten des höheren Buntsandsteins. **A.** Karneoldolomit-Horizont smVH2 aus zwei aufgestapelten Paläoböden in der Bohrung Ensingen (BO7019-2042). Der Zettel markiert die Untergrenze über der Heidenstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation, darüber (oben und links im Bild) folgt ein 2,4 m mächtiger Dolomitkrustenboden, der erosiv gekappt ist und von gebleichtem Sandstein überlagert wird. Den Abschluss bildet links ein rotbrauner feinsandiger Tonschluffstein mit Dolomitknollen. **B.** Pedogene Kalk-Dolomitkrusten in tonig-schluffigem Feinsandstein, mit Kalzitdrusen in Lösungshohlräumen, die wahrscheinlich auf Anhydritknollen zurückzuführen sind; smVH2-Horizont (Ausschnitt), Bohrung BO6618-1371 Bammental, Bohrkerndurchmesser 10 cm. **C.** Rissgefüge mit hellen Karbonatzementen an Schichtunterseite und **D.** mehrphasig gebildete Karbonatkonkretion (Bohrkernwand), Bohrung BO6618-1375 Bammental. **E.** Zementgestütztes Korngefüge in einem durch pedogene Karbonatkruste zementierten Sandstein, Bohrung BO7318-2891 Gültlingen. **F-H.** Beispiele für Bohrgut aus dem smVH2-Horizont (Cuttings), Maßbalken je 5 mm breit, **F.** mit gelbbraunen dolomitischen und gebleichten Sandsteinen und rotem Tonschluffstein, BO6618-1245 Bammental, **G.** mit violetten Sand- und Schluffsteinen und Karneolsplittern, BO7017-1638 Mutschelbach, **H.** mit violetten und gebleichten Sandsteinen, BO8314-291 Bannholz.



ter. Einzelne, einphasige Bodenbildungen haben meist nur lokale Verbreitung. Die korrelierbaren Leithorizonte dürften Intervalle mit stark reduzierten Akkumulationsraten abbilden, in denen größere Sedimentflächen zwischenzeitlich lange genug freilagen, um Veränderungen durch pedogene Prozesse ausgesetzt zu sein. Anreicherungen von aufgearbeiteten Wirbeltierresten und Spuren von Pflanzenwurzeln weisen die pedogen überprägten Horizonte jedoch trotz der verringerten Sedimentationsraten als Bildungen unter weniger ariden Bedingungen aus als die „gewöhnlichen“ Sandstein-Abfolgen. Die Art der pedogenen Überprägung verlief dabei örtlich unterschiedlich und auch am selben Standort zu verschiedenen Zeiten der kondensierten Abfolge teilweise variabel (Martins & Pfefferkorn 1988, Dachroth 2013). Im selben Leithorizont können daher unterschiedliche Paläoboden-Typen übereinander auftreten oder einander im selben Sediment überprägen. Dabei finden sich im selben Gestein oft Hinweise sowohl auf vadose (Gipsabscheidung, Karbonatkrusten) als auch auf phreatische Prozesse (Bleichung, Kieselkrusten, phreatische Karbonatzemente), was auf schwankende und meist flache Grundwasserspiegel schließen lässt. Wegen der häufigen erosiven Kappung des Oberbodens vor weiterer Überdeckung und der nachfolgenden spätdiagenetischen Überprägung ist die Zuordnung der Paläoboden-Typen des Buntsandsteins zu heutigen Bodentypen nur eingeschränkt möglich.

Das vielleicht bezeichnendste Merkmal der pedogen beeinflussten Leithorizonte sind die darin häufig, wenn auch nicht überall, auftretenden Krustenkarbonate (Abb. 26). Fleckenhafte dolomitische Zemente und „Sandsteinkugeln“ treten auch in Kristall- und Felssandstein auf und können wie in den tieferen Schichten als Grundwasser-Abscheidungen gedeutet werden, doch erscheinen nun außerdem Abscheidungen von Dolomit oder Kalzit-Dolomit-Mischungen, deren zusammengesetzt-knollige Gefüge ganz den aus vadosen pedogenen Karbonatkrusten bekannten Gefügen entsprechen (Retallack 1997, 2001, Chen et al. 2002). Die Gefüge reichen von einzelnen oder in vertikaler Reihe angeordneten Knoten bis Knauern über filamentartig das Gestein durchziehende Zementationszonen bis zu massiven Dolomitsteinbänken. Letztere lösen sich nach unten teilweise in Knollen auf, sind andererseits jedoch örtlich auch rekristallisiert mit deutlichen Unter- und Obergrenzen, weshalb Dittrich (2017) eine mögliche Entstehung ähnlicher Bänke des Pfälzer Buntsandsteins als Karbonatsediment diskutiert. Die Verbindung mit weiteren Karbonatausfällungen im unmittelbar liegenden Sediment lässt jedoch eher an eine spätdiagenetisch rekristallisierte „Fragipan“ denken, eine pedogene

Karbonatabscheidung in zunächst wenig verfestigter „pulveriger“ Form, die nach oben in eine feste „Hardpan“ übergehen kann (Chen et al. 2002). Die Rekristallisation in harten Dolomitstein erfolgte dann nach weiterer Überdeckung mesogenetisch, worauf auch die von Dittrich (2017, 2020) angeführte Ausbildung stöchiometrischer Dolomite zurückzuführen sein dürfte (Lumsden & Chimahusky 1980).

Dolomitkrusten sind dabei nicht auf die Sandsteine beschränkt, sondern bilden dort, wo Kristall- oder Plattensandstein unmittelbar dem Grundgebirge aufliegen, auch Pedocretes in dessen oberster Vergrusungszone (z. B. Bohrung BO8216-112 Bettmaringen, Beil. 8). Nach Sawatzki (2005: 55) bildet stellenweise eine „mit Karneol versiegelte Grundgebirgsoberfläche“ heute einen Grundwasserstauer und erscheint als Hangkante im Gelände. Kalzium und Magnesium können dabei aus Verwitterungslösungen der variskisch geprägten Hochländer abgeleitet werden, da die dort weitflächig erodierten Metapelite und Metagrauwacken (Gneise und Schiefer sowie Migmatite) Lösungen mit Ca/Mg-Verhältnissen < 1 freisetzen, die bei weiterer Verdunstung und besonders nach lokaler Gipsausscheidung eine Dolomitbildung ermöglichen sollten. Daneben ist jedoch in Wüsten- und Halbwüstengebieten selbst hunderte von Kilometern entfernt von zeitgenössischen Küsten stets auch mit Staubeintrag maritimer Aerosole zu rechnen. Ein Hinweis auf Meerwasserzuflüsse lässt sich jedenfalls aus der Mineralogie der Krusten nicht ableiten. Unter den heutigen Karbonatkrusten Australiens finden sich Dolomitkrusteböden vorwiegend im Inneren des Kontinents, während in den Küstenregionen Südaustraliens Kalkkrusten vorherrschen (Chen et al. 2002).

Das Auftreten des farblich auffälligen blutroten Karneols in den Karbonatkrusten des höheren Buntsandsteins – im Südschwarzwald örtlich auch als durchgreifender Zement in Sandsteinen (Schalch 1899, 1903, 1912, Meister 1960, Sawatzki 2005) – hat seit jeher besondere Aufmerksamkeit erfahren. Anders als die häufigeren kieselig gebundenen Sandsteine erfolgte die Quarzabscheidung hier nicht durch syntaxiale Überwachungen der Quarzsandkörner, sondern als eigene mikrokristalline Zementabscheidung in Hohlräumen oder als Verdrängung von Karbonatkrusten zwischen den Sandkörnern. Neben Karneol tritt untergeordnet auch weißer oder gelber Chalzedon (bzw. faseriger Quarzin) auf. Die Quarzabscheidungen erfolgten dabei offenbar mehrphasig und können achatartig gebändert erscheinen (Obernauer 1974). Dies spricht für eine Bildung im Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels, da Verkieselungen in Karbonatkrusten bevorzugt in der phreatischen

Zone auftreten (Arakel et al. 1989). Durand & Meyer (1982) konnten im Violetten Grenzhorizont Lothringens auch Abdrücke und Pseudomorphosen nach Gips- und Anhydritkristallen in den Kieselkrusten nachweisen. Ob die Abscheidung primär als (kristalliner) Quarz oder zunächst als amorphe Kieselsäure erfolgte, ist nicht geklärt. Die von Harder & Flehmig (1970) zusammengefassten Laborexperimente zeigen jedoch, dass bei Temperaturen der Erdoberfläche (bzw. in terrestrischen Böden) Metallhydroxide, darunter solche von Eisen-III, Aluminium oder Magnesium, Kieselsäure aus dafür untersättigten Lösungen in röntgenamorphen Komplexen niederschlagen, aus denen z. T. innerhalb von Tagen mikrokristalliner Quarz bzw. Quarzin gebildet wird. Der geringe Hämatitgehalt, durch den die Karneole ihre typische Farbe erhalten, könnte daher auf eine Fällung von gelöster Kieselsäure (zugeführt aus der Feldspatverwitterung zu Tonmineralen) durch Eisen-III-Hydroxide (aus der Verwitterung von Biotit oder Schwermineralen) zurückzuführen sein, was das häufigere und massivere Auftreten (Karneol-sandsteine) nahe am südlichen Beckenrand erklären könnte. Karneolbildungen bleiben jedenfalls bereits im Zentral- und Nordschwarzwald weitgehend auf smVH1 und smVH2-Horizont beschränkt und setzen nördlich des Odenwalds weitgehend aus. Dagegen können sie im Südschwarzwald auch im Oberen Buntsandstein noch mehrfach auftreten.

Nach den Untersuchungen von Weber (1993, 1994) sind in den Violetten Horizonten der Bohrung Obernsees neben Eisen auch in geringerem Umfang Titan, Phosphat und organischer Kohlenstoff angereichert, letztere insbesondere in den karbonatischen Bildungen. Die Anreicherung von Titan spiegelt sich auch in authigenen Neubildungen von Anatas und Brookit, neben denen nur stabile detritische Schwerminerale auftreten, und stellt ein verbreitetes Phänomen bei der Bildung pedogener Kieselkrusten dar (Milnes & Twidale 1983). Unter den Tonmineralen spielen Smektitkeine nennenswerte Rolle, die vorherrschenden Minerale sind Illit und Kaolinit. Im Vergleich zu rezenten Bodenbildungen stuft Weber (1993) die untersuchten Violetten Horizonte als Aridisole bzw. Xerosole mit unterschiedlichem Reifegrad ein. In diese Gruppe dürfte die Mehrzahl der lokal entwickelten Paläoböden fallen. Örtlich sind jedoch auch weitere Bodentypen entwickelt, neben gering entwickelten Entisolen und Inceptisolen insbesondere Vertisole in Schlufftonsteinen (Martins & Pfefferkorn 1988). Dachroth (2013) vermutet zudem lokal Mollisol-ähnliche Bildungen unter „Baumsavannen“-artiger Vegetation, die in der Frühen Trias freilich eher einer Farn-Koniferenstrauch-Vegetation entsprochen haben müsste (vgl. Kap. 3.3).

5.7 Plattensandstein- und Rötton-Formation (Folge s7)

Die Plattensandstein-Formation kann als Ablagerung einer distalen Schwemmebene aufgefasst werden, die sich nordöstlich an die proximalere Fazies der grobkörnigeren und lagenweise geröllführenden ‚Couches intermédiaires‘ der Vogesen anschloss und weiter nach Nordosten in eine flache tonig-sandige Küstenebene (Röt- bzw. Rötton-Formation) überging. Der Fazieswechsel von rein alluvial geprägten Prozessen zu wechselnd terrestrischen und randmarinen Ablagerungsbedingungen vollzog sich dabei nicht nur geographisch von Südwesten nach Nordosten, sondern auch stratigraphisch von unten nach oben. Die tieferen Teile der Plattensandsteine liegen im gesamten Landesgebiet in alluvialer Fazies mit pedogenen Einschaltungen vor, während in der höheren Rötton-Formation im Kraichgau, Odenwald und Main-Tauber-Gebiet erste marine Einflüsse erkennbar werden. Sie beschränken sich jedoch auf einzelne, höchstens dezimeterstarke Lagen, zwischen denen Sedimente mit Süßwasserfossilien oder Paläoböden liegen (Gehenn 1962; Kap. 6.6.2).

Ihren Namen erhielt die Plattensandstein-Formation von einer besonders im Nordschwarzwald, Kraichgau und Odenwald vorherrschenden Fazies aus dünn-schichtigen (plattig zerlegbaren) Fein- bis Mittelsandsteinen, in die lokal dezimeter- bis metermächtige massive Sandsteine als seitlich begrenzte Rinnenfüllungen eingeschaltet sind (Abb. 27, 55). Die plattigen Sandsteine sind oft horizontal laminiert (Sh bei Miall 1996), wobei auf den Schichtflächen Glimmerblättchen angereichert sein können, oder sehr flachwinklig (subhorizontal) schräggeschichtet (Sl). Teilweise bestehen sie aus ein bis wenige Zentimeter mächtigen Platten (Sandlagen) mit interner Rippelschichtung (Sr). Gelegentlich sind dezimeterstarke Bänke mit planarer Schrägschichtung (Sp) ausgebildet. In unregelmäßigen Abständen sind millimeter- bis dezimetermächtige, örtlich metermächtige Feinsedimente eingeschaltet, meist mehr oder weniger feinsandige, oft glimmerführende Schluffsteine, tonige Schluffsteine oder schluffige Tonsteine (Fl, Fsm). Intraklasten solcher Feinsedimente in den Sandsteinen zeigen allerdings, dass nur ein Bruchteil davon als durchhaltende Lagen erhalten ist und zahlreiche weitere syndimentär aufgearbeitet wurden.

Die Rinnensandsteine erreichen selten mehr als ein bis zwei Meter Mächtigkeit und sind teils trogförmig schräggeschichtet (St), teils aus mehreren planar schräggeschichteten Lagen (Sp) auf-

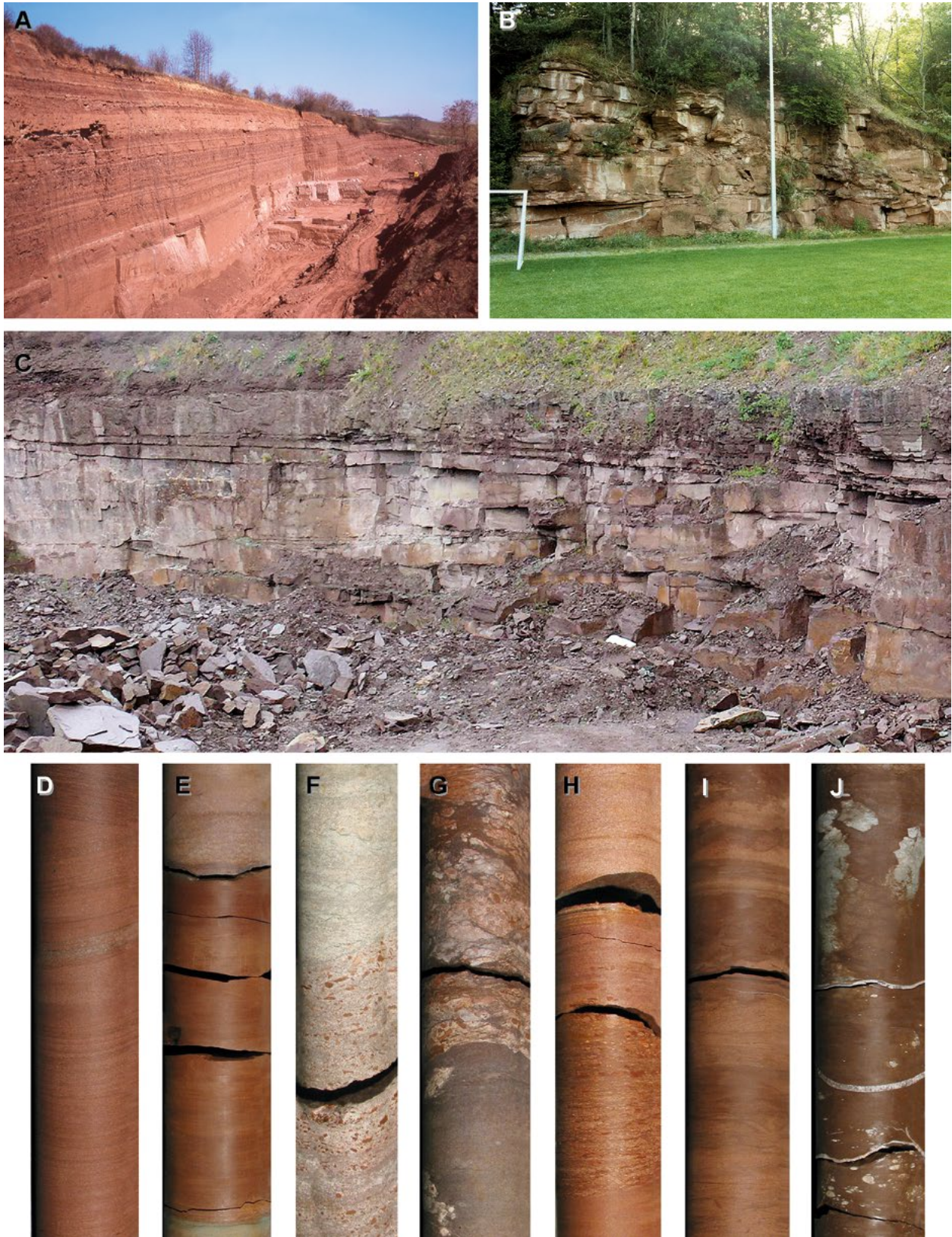


Abb. 27: Faziesbilder aus dem Oberen Buntsandstein. **A.** Untere Röttonsteine der Karsdorf-Subformation über Plattensandstein-Formation (im Steinbruch) bei Wertheim-Dietenhan (Foto T. Huth). Schichtflut-Sandsteine schalten sich als dünne helle Lagen in die Schluffig-tonige Abfolge ein und bilden teilweise dickere Bänke („Obere Plattensandsteine“). **B.** Rinnen- und Schichtflut-Sandsteine der Plattensandstein-Formation am Sportplatz Wertheim-Kembach (Foto T. Huth). **C.** Erosiv verschachtelte Rinnensandsteine der Plattensandstein-Formation in Remchingen-Wilferdingen, Nordschwarzwald (Foto D. Kesten). **D.–H.** Faziesbilder der Plattensandstein-Formation am Bohrkern von BO7019-2042 Ensingen (Kerndurchmesser 12 cm, Fotos O. Wendt): D. flachwinklig schräggeschichteter „Plattensandstein“ (446,3–446,8 m), E. Tonschluffstein-Zwischenlage (434,3–434,8 m), F. Feinsandstein, teilweise dolomitisch, mit Tonschluffstein-Intraklasten (423,5–424,0 m), G. pedogene Dolomitkruste über Sandstein mit wenigen Dolomitknollen (422,0–422,5 m), H. ‚Dolomitbröckelbank‘, Sandstein mit Dolomitstein-Intraklasten (aufgearbeitete Dolomitkruste; 426,1–426,6 m). **I.–J.** Faziesbilder der Rötton-Formation aus demselben Bohrkern (wie D.–H.): I. Sandsteinlagen im Rötton (408,1–408,6 m), J. Anhydritknollen und (subrezente) Fasergipsgänge (401,3–401,8 m).

gebaut (Abb. 46, 51, 52). Ihr erosiv-diskordantes Einschneiden in das unmittelbar Liegende wurde bereits bei frühen Aufschlussbeschreibungen immer wieder vermerkt (z. B. Schnarrenberger 1907, Thürach 1912, Spitz 1930) und als Folge rascher Erosions- und Sedimentationsprozesse gedeutet (Frank 1934). Die Mächtigkeit der Rinnenfüllungen nimmt dabei allgemein von Südwesten (Schwarzwald und Kraichgau, in Einzelfällen bis über drei Meter) nach Nordosten (mittlerer Odenwald 0,5–2 m: Backhaus & Heim 1995) leicht ab. Ein Teil der dünn-schichtigen Sandsteine dürfte zu natürlichen Uferdämmen neben den Rinnen gehören, insbesondere bis mehrere Meter mächtige feinschichtige Sandsteine mit geringem Feinsediment-Anteil, die örtlich neben den eigentlichen Rinnensandsteinen als Werkstein abgebaut werden. Die Breite der Rinnen ist dabei nur schwer abzuschätzen, könnte nach der seitlichen Ausdehnung schrägschichteter Sandsteine jedoch zwischen einigen Metern und wenigen zehn Metern gelegen haben. Die Schrägschichtungsmuster und gelegentlich ausgebildete Gleithangschichten weisen auf gewundene und teilweise mäandrierende Rinnenläufe hin (Bindig & Backhaus 1995, Backhaus & Heim 1995, Junghans 2003). Die Fazies entspricht damit in vieler Hinsicht den distributären Flusssystemen arider Schwemmebenen, deren Abflussmengen durch Verdunstung und Versickerung flussabwärts abnehmen und die durch stromabwärts verzweigte und schmaler werdende Rinnen und zunehmenden Anteil an Schichtfluten an der Abflussdynamik gekennzeichnet sind (Nichols & Fisher 2007). Der Ablagerungsraum stellt sich demnach als eine distal-alluviale Sand- und Schlamm-Ebene dar, in der Schichtflutsande und Feinsedimente

nach Hochwasserereignissen als dünne Schichtbänke abgesetzt und von stromabwärts verzweigten Verteilerrinnen durchzogen wurden (Abb. 28).

Die Abflussdynamik war offenbar von stark wechselnden Abflussmengen mit häufiger Avulsion der Rinnenverläufe nach Hochwässern geprägt. Davon zeugen pedogen überprägte Horizonte und deren resedimentierte Aufarbeitungsprodukte, die sogenannten ‚Dolomitbröckelbänke‘, die in manchen Profilen die einzigen Hinweise auf einstige Bodenhorizonte liefern (Junghans 2003). In-situ erhaltene pedogene Horizonte zeigen meist schwach entwickelte Karbonatkrustenböden in Sandstein in Gestalt von dolomitischen Konkretionen und ungleichmäßig verteilten Zementen. Im Gegensatz zu den meist gleichmäßig rotbraun bis violettstichig braunrot gefärbten oder gelblich bis hellgrau gebleichten Sandsteinen sind diese Horizonte oft grau-violett oder farblich gefleckt. Besonders im südlichen Zentral- und im Südschwarzwald werden diese Horizonte gelegentlich von Mikroquarz-Abscheidungen begleitet, die neben grauem und weißem Chalzedon auch roten Karneol umfassen können. Die geringe Intensität der Karbonatkrusten-Bildungen von zentimetergroßen Zementations-Flecken bis höchstens dezimetergroßen Knollen lässt im Vergleich mit holozänen Bildungen darauf schließen, dass die Flächen, in deren Oberflächensediment sich die Krustenböden entwickeln konnten, nur für einige Jahrtausende von der Sedimentdynamik der Schwemmebene ausgenommen waren, bevor sie überdeckt oder erodiert wurden. Die Mehrzahl der Bodenbildungen wurde bei der Reaktivierung der lokalen Fläche offenbar aufgearbeitet und liegt heute nur noch als Resediment vor, was nach Vergleich mit den erhaltenen Bodenrelikten

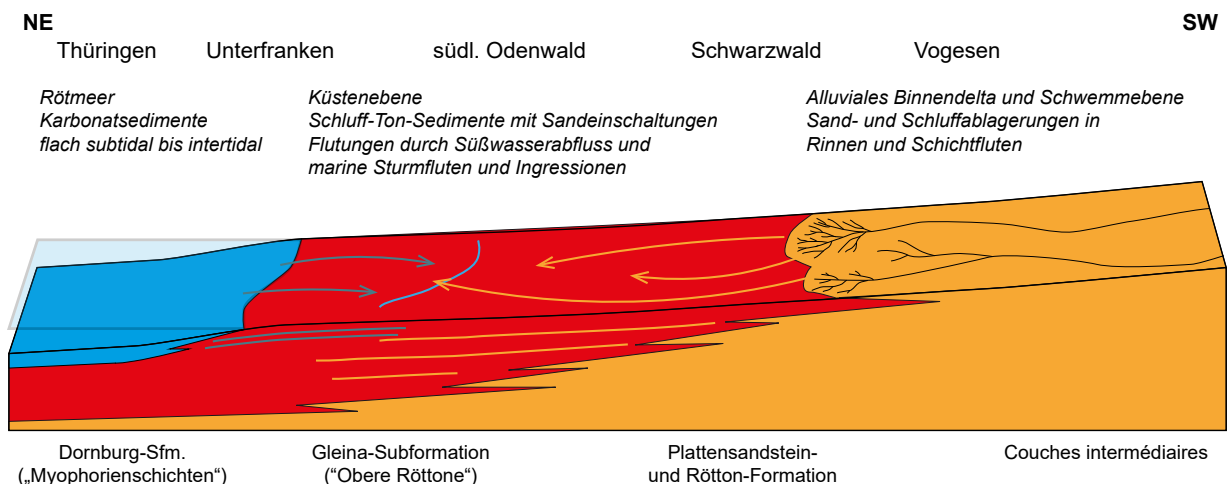


Abb. 28: Ablagerungsräume des obersten Buntsandsteins (Subfolge 7.4; schematisch). Das Landesgebiet von Baden-Württemberg bildete am Ende des Buntsandsteins eine schlammige Küstenebene zwischen dem alluvialen Schwemmland der Couches intermédiaires / Plattensandsteine im Gebiet von Oberrhein – Hochrhein und dem Flachmeer der „Myophorienschichten“-Kalksteine in Unterfranken und Thüringen und war daher wechselnden Überflutungen durch Süßwasser und Meerwasser ausgesetzt.



auf Erosionstiefen von mehreren Dezimetern bis über einen Meter hinweist. Die Resedimente bestehen meist aus Intraklast-Konglomeraten („Dolomitbröckelbänken“) oder Intraklasten führenden Sandsteinen mit Dolomitstein-, Feinsediment- und teilweise Sandstein-Geröllen, die an der Basis einer schräggeschichteten Rinnenfüllung oder als Geröll-Lage in Schichtflut-Sandsteinen liegen.

Die Anzahl der pedogen überprägten Horizonte und Resedimente innerhalb der Plattensandstein-Formation schwankt zwischen den einzelnen Profilen stark, zwischen keinem und mehr als zehn Horizonten. Ihre stratigraphischen Positionen verteilen sich über die gesamte Sandstein-Abfolge. Zwar hatte Ortlan (1967ff) in seinen oft aus mehreren Aufschlüssen zusammengesetzten Profilen drei Gruppen solcher pedogen geprägter Horizonte (VH3 bis VH5) ausgewiesen und korreliert, doch ließ sich diese Gliederung in den durchgehenden Bohrprofilen nicht wiederfinden. Dies bestätigt die Beobachtungen von Böckh (1957: 8): „Weder das Auftreten der Resedimentationshorizonte noch das der Schiefertone ist stratigraphisch zu verwerten. Eine gewisse Horizontbeständigkeit der Zwischenlagen ist in kleineren Gebietsteilen zwar vorhanden [Hildebrand 1924, Reis 1928, Günzburger 1936], zugleich treten aber auch in jedem anderen Niveau der Bausandsteine [= Plattensandstein-Formation] derartige Lagen auf, in nicht wenigen Aufschlüssen sogar mehrfach übereinander“.

Dagegen dürften die Quarzzemente der immer wieder eingeschalteten kieseligen Sandsteine eher einen nicht-pedogenen frühdiagenetischen oder mesogenetischen (überdeckungsdiagenetischen) Ursprung haben, zumal die primären Sedimentgefüge besonders in kompakten Kieselsandsteinen zwar schwer bis kaum noch erkennbar, aber offenbar meist erhalten sind. Sie zeigen zumindest keine der von Ulliyott & Nash (2016) angeführten pedogenen Merkmale und dürften somit als „non-pedogenic silcretes“ oder überhaupt als mesogenetische Einkieselungen aufzufassen sein. Die Zementation erfolgte zumeist durch syntaktische Anwachssäume um die detritischen Quarze, in größeren Porenräumen auch durch Chalzedon. Als Quelle der Kieselsäure kommen neben der Verwitterung von Feldspäten und Schwermineralen insbesondere Quarzlösung an Kornkontakten zu Glimmerblättchen oder Tonmineralen in Betracht (Füchtbauer 1988). Dies gilt insbesondere für die oft nur einige Dezimeter mächtigen „Grenzquarzite“ (vgl. Anhang 1) unmittelbar an der Grenze zu überlagernden Tonschluffsteinen und für geringmächtige eingekieselte Sandsteinlagen innerhalb der Tonschluffstein-Abfolge.

Der fazielle Aufbau des sandigen Ablagerungssystems im Oberen Buntsandstein lässt sich damit mit dem von Shukla et al. (2001) entwickelten Modell für den spätpleistozänen „Mega-Alluvialfächer“ des Ganges vergleichen. Unterschiede bestehen allerdings in der viermal größeren Ausdehnung des Plattensandstein-Systems und im zwar ebenfalls monsunal geprägten, aber arideren Klima während der Ablagerung. Dennoch lässt sich die von Shukla et al. (2001) beschriebene Zonengliederung entlang des Längsprofils auch im Oberen Buntsandstein wiederfinden: die sandig-kieseligen Ablagerungen verflochtener Flüsse der Zone I in den ‚Couches intermédiaires‘ Nordostfrankreichs, die als Schattenmühle-Grobsandstein (Kap. 6.6.1) etwas ins Landesgebiet vorstoßen konnten, die sandigen und flussabwärts zunehmend von Feinsedimenten begleiteten Ablagerungen verflochtener und anastomierender Flüsse der Zonen II und III, in deren Zwischenrinnen-Flächen die Schichtflutabsätze der eigentlichen Plattensandstein-Fazies zur Ablagerung kam, und die von Feinsedimenten und flachen, schmalen mäandrierenden Verteilerrinnen und Schichtflutsanden geprägte Zone IV, die den Übergang in die Playaflächen der Rötton-Ebene bildet. Unter dem arideren Klima und der entsprechend meist fehlenden Pflanzendecke waren die Zwischenrinnen-Flächen jedoch weniger stabil als im pleistozänen Ganges-Mega-fächer und dürften stärker von Erosion und Umlagerungen betroffen worden sein. Ob es auch in der Plattensandstein-Flussebene zeitweilig zur Ausbildung und erneuten Verschüttung von Flussterrassen innerhalb der Schwemmebene gekommen ist, lässt sich der bisherigen Aufschluss-situation nicht entnehmen.

Die Feinsedimente der Röttone zeigen regional und lagenweise unterschiedliche Anteile von Ton, Schluff und Feinsand (Abb. 27, 57). Feinschichtige tonige Schluffsteine bis schluffige Tonsteine sind besonders im Kraichgau und Odenwald verbreitet, während im Schwarzwald häufiger schichtungslose, im Aufschluss bröckelige Tonsteine mit pedogenen Harnischen auftreten. Bereits Gehenn (1962: 23f) beschreibt aus Tonschluffsteinen der Rötton-Formation „Bröckeltone“ mit den charakteristischen Merkmalen von Pelosolen oder Vertisolen: polygonale Aggregate (peds), bogige Harnische, fehlende Schichtung. In darüber folgenden Sandsteinlagen treten gebogene Tonscherben auf. Teilweise wurden sowohl Vertisole als auch geschichtete Ablagerungen zu Aridisolen überprägt und führen Sulfatknollen (Abb. 57). Die Sulfatknollen sind oberflächennah heute meist aufgelöst und wurden nur selten aus Aufschlüssen beschrieben, treten aber in tiefen Bohrprofilen unterhalb des Gipsspiegels immer wieder auf. Die

feinschichtigen Sedimente sind häufig feinsandig und führen Glimmer auf den Schichtflächen. Neben den auch in Aufschlüssen immer wieder beobachteten Halitmarken (z. B. Gehenn 1962) sind aus einer Tiefbohrung auch Spuren von Halit als Gesteinsbestandteil nachgewiesen (Fels et al. 2003). Sie belegen zeitweise hypersalinare Porenwässer, die jedoch häufig auch von gering konzentrierten Flutungen abgelöst wurden (Auflösung von Halitkristallen und Abformung der Kristallabdrücke durch Sand zur Halitmarke).

Die Fossilführung beschränkt sich meist auf seltene Funde von Conchostraken als Indikatoren für ephemere Flutungen mit Süßwasser und auf verschwemmte Pflanzenreste, letztere meist in den Sandstein-Lagen. Hinzu treten Knochenreste und Fährten von Landwirbeltieren und Amphibien. Aus der Plattensandstein-Formation und den Unteren Röttonen sind aus dem Landesgebiet bislang keine eindeutig marinen Fossilien bekannt geworden, einzelne früher pauschal als marin eingestufte Arten, z. B. Pfeilschwanzkrebse oder *Diplocraterion*-Spuren, sind auch aus nichtmarinen Ablagerungsräumen bekannt und daher zumindest mehrdeutig.

Im Kraichgau, Odenwald und im Main-Tauber-Gebiet sind jedoch in den Oberen Röttonen artenarme eingeschränkt-marine Fossilgesellschaften mit euryhalinen Muscheln (insbesondere Myophorien) und verschiedenen Spurenfossilien in mehreren, jedoch stets nur wenige Zentimeter mächtigen Schichten anzutreffen (vgl. Kap. 6.6.2). Die Verbreitung der Fossilführung ist allerdings in den einzelnen Schichten unterschiedlich, weshalb in den meisten Profilen nur manche davon als Fossilhorizont erkennbar werden (Gehenn 1962). Auch pedogen überprägte Tonsteinlagen führen teilweise noch Steinkerne mariner Muscheln und wurden von *Rhizocorallium*-Bauten durchdrungen.

In der Gesamtschau deutet sich daher für die Rötone eine flache Schlammebene als Ablagerungsraum an, in der Schichtfluten aus dem alluvialen System der Plattensandstein-Fazies im Südwesten immer wieder und meist kleinräumig begrenzt Sandlagen absetzen (Abb. 28). Flutungen mit Süßwasser wechselten dabei mit längeren Trockenphasen ab, in denen die Sedimente rot oxidiert und, bei längeren Sedimentationspausen, pedogen überprägt werden konnten. In größerer Entfernung zur Sandfazies, im Niveau der Unteren Rötone erst außerhalb des Landesgebiets, in den höheren Oberen Röttonen bereits im Kraichgau, dringen von Norden bzw. Nordosten kurzfristige marine Ingressionen auf diese Schlammebene vor, die große Gebiete – aber nicht das gesamte Gebiet gleichzeitig – für euryhaline marine Or-

ganismen besiedelbar machten. Ob die direkte Verbindung zum Rötmeer im Norden dabei über längere Zeiträume bestand oder lediglich Sturmfluten zu ephemeren thalassischen Salzseen auf der Küstenebene führten, bleibt dabei unklar. Die geringmächtigen Fossilagen enthalten möglicherweise jeweils nur eine oder wenige Mollusken-generationen und hatten dann nur wenige Jahre Bestand, was eher für einen vom offenen Meer abgetrennten Wasserkörper (Salzsee) mit lediglich meerbürtiger (thalassischer) Fauna spricht. Da viele Muschelfossilien nur wenige Millimeter groß sind und die Besiedlungsdichte der Spurenerzeuger gering blieb, könnte es sich in vielen Fällen sogar um juvenile Faunen handeln, um gescheiterte Pioniergenerationen, deren Lebensraum nach wenigen Monaten schon in nichtmarine Verhältnisse umschlug (durch Süßwasserflutung oder Austrocknung).

Äolische Prozesse sind aus dem Oberen Buntsandstein Baden-Württembergs nur aus der Plattensandstein-Formation und vor allem nahe am Beckenrand dokumentiert. Hier weisen gut bis sehr gut gerundete Grobsande in den Weitenauer Vorbergen, im Südschwarzwald und Wutachgebiet auf Abrasion der Körner durch Sandstürme vor ihrer alluvialen Ablagerung hin. Sie sind allerdings auf diese randnahen Gebiete beschränkt und fehlen bereits im Zentralschwarzwald. Rotbraune tonarme, teils feinsandige Schluffsteine, die im Hochrheingebiet teilweise den höheren Teil der Plattensandsteine vertreten (Nitsch et al. 2017) und in dieser Fazies offenbar ebenfalls nur in Entfernungen <40 km vom Beckenrand auftreten, können als Staubablagerungen vor den angrenzenden Hochgebieten (Wüstenrandlöss, desert loess: Blümel 2013: 169) aufgefasst werden und wären dann das einzige unmittelbar äolisch abgelagerte Sediment des Schwarzwälder Buntsandsteins. Eine mögliche Ausnahme bildet der wahrscheinliche aber bislang landesweit einzige Rest eines Dünenfußes im untersten Plattensandstein einer Bohrung bei Durlach (s. Kap. 3.3).

5.8 Ablagerungsräume der Muschelkalk-Transgression (Folge m1)

Die Muschelkalk-Transgression hinterließ in Baden-Württemberg nahezu überall eine von zwei ähnlichen Profilabfolgen: über typischen Röttonsteinen, deren oberste 1–2 m häufig durch sekundäre Abfuhr von färbendem Hämatit grüngrau oder grün erscheinen, folgt im Maingebiet ein ‚Grenzgelbkalk‘ und darüber flachmarine Kalksteine der



Jena-Formation, während in Nordwürttemberg, Nordbaden und südlich davon ein ‚Plattendolomit‘ und Mergelsteine mit z.T. Intraklast-führenden Dolomitsteinbänken der Freudenstadt-Formation als Muschelkalk-Basis ausgebildet ist (Hagdorn & Simon 2020). Der meist nur wenige Dezimeter mächtige Grenzgelbkalk stellt dabei einen Dedolomit dar, d.h. das Karbonatsediment wurde noch frühdiagenetisch dolomitisiert und anschließend wieder kalzitisiert, wobei die Schicht vielfach ihre primären Sedimentstrukturen verloren hat. Die sedimentäre Fazies dürfte der des weiter südlich als Dolomitstein erhaltenen Plattendolomits entsprochen haben. Der Plattendolomit besteht aus feinschichtigen bis laminierten Dolomitsteinen bis Dolomitmergelsteinen mit regional wechselnden Tongehalten. Die unebene Lamination und häufige Schrumpfriss-Gefüge, die von unterschiedlichen Dünnschichten ausgehen, weist das Sediment als Ablagerung wechselfeuchter Mikrobenmatten aus. Besonders in Südwürttemberg und Südbaden sind hier immer wieder frühdiagenetische Sulfatknollen eingewachsen, die das aride Milieu des Ablagerungsraums unterstreichen. Die häufigen Wechsel zwischen wachsenden Biomatten und Austrocknung weisen auf einen intertidalen Sedimentationsraum, die insgesamt geringe Mächtigkeit deutet allerdings auf mikrotidale Verhältnisse mit Gezeitenhöhen von wenigen Dezimetern hin. Die darüber folgenden Unteren Dolomite und Unteren Mergel (im Süden) bzw. Unteren Wellenkalke mit Intraklastbänken („Konglomeratbänke“, im Norden des Landesgebiets) lassen sich nach Fauna und Sedimentstrukturen bereits dem Subtidal des Muschelkalk-Meeres zuordnen (Abb. 29).

Die Verbreitung der überall recht einheitlichen intertidalen Plattendolomit- (und ähnlichen Grenzgelbkalk-) Fazies über hunderte von Kilometern ist dabei einerseits der paläogeographischen Orientierung der heutigen Ausstrichgebiete annähernd parallel zur einstigen Küstenlinie geschuldet, andererseits aber offenbar auch einem diachronen Ablagerungsgeschehen während der fortschreitenden Transgression. Simon (1999) sieht einen Beleg dafür in den von Süd nach Nord in der Faziesabfolge höher anzutreffenden Maximalgehalten der Elemente Co, Th, Cu und As. Sie treten im Mittleren Schwarzwald (Glatten) und am Oberen Neckar (Ober nau) im Niveau des Plattendolomits, im Maingebiet (Karlstadt, Hammelburg) aber erst im Wellenkalk auf. Betrachtet man diese Maxima als Ausdruck eines isochronen Stoffzufuhr-Ereignisses, sollte der Untere Wellenkalk (Subtidal) im Norden altersgleich zu den Plattendolomiten (Intertidal) im Süden sein. Damit bildet sich die Diachronie der Fazies in der jeweiligen Position der Muschelkalkbasis unter (im Norden) oder erst an (im Süden)

dieser geochemischen Markierung ab. Die Altersunterschiede der ersten marinen Muschelkalk-Sedimente müssen dabei nicht mehr als einige Jahrtausende betragen. Sie zeigen aber, dass der intertidale Ablagerungsraum zu keinem Zeitpunkt breiter als wenige zehn Kilometer gewesen sein dürfte, wie dies auch von heutigen Gezeitenküsten bekannt ist. Dabei konnten besonders intensive Sturmfluten örtlich Sedimentmaterial und auch Muschelschalen über den Gezeitenbereich hinweg bis in das Supratidal tragen, worauf dünne Muschelpflaster unter dem Plattendolomit z.B. der Bohrung Ühlingen (Etzold in Sawatzki 2005) hinweisen dürften (dort als ‚Myophorienschichten‘ interpretiert, aber unter Berücksichtigung einer diachronen Transgression offenkundig jünger als jene im Maingebiet).

Auch die Funde mariner Fossilien im obersten Rötton in den südlichen Emmendinger Vorbergen (Stierlin 1912, Kessler & Leiber 1980) dürften auf solche Sturmflut-Ablagerungen aus dem zeitgleichen Muschelkalk-Meer weiter nordöstlich zurückzuführen sein, die in einer noch nicht von der Transgression erreichten Rötton-Ebene abgelagert wurden. Die gleichzeitige Sedimentation und Verzahnung von roter Rötton-Fazies und grauer Muschelkalk-Fazies im Küstengebiet belegen Einschaltungen roter Mergel- bzw. Tongesteine „in typischer Rötfarbe“ (W. Paul 1971) in den untersten Metern des Unteren Muschelkalks der südöstlichen, südlichen und südwestlichen Schwarzwaldumrandung (Schalch 1897, Schnarrenberger 1915, Nitsch et al. 2017). Entsprechend dürfte zumindest ein Teil des Voltziensandsteins der Vogesen bereits einer fluvialen bis deltaischen Randfazies zum tiefsten Muschelkalk im Neckarraum darstellen, während die marine Muschelkalk-Fazies dort erst später, möglicherweise mit der Transgression im Niveau der Buchimergel (bzw. Oolithbänke) etabliert wurde (Durand 2013, Nitsch et al. 2020).

6 Lithostratigraphische Gliederung

„Kein anderes Sediment erfordert zur sicheren Gliederung und Einordnung einzelner Profilabschnitte eine so große vertikale Ausdehnung dieser Abschnitte wie der Buntsandstein. Und diese Großprofile liefern eben in der Regel nur Bohrungen. Gerade das Fehlen von Bohrungen hat in der Phase der Spezialkartierung des nordschwarzwälder Buntsandsteins wesentlich zur Unsicherheit in der Grenzziehung beigetragen.“

(Eissele 1966: 145)

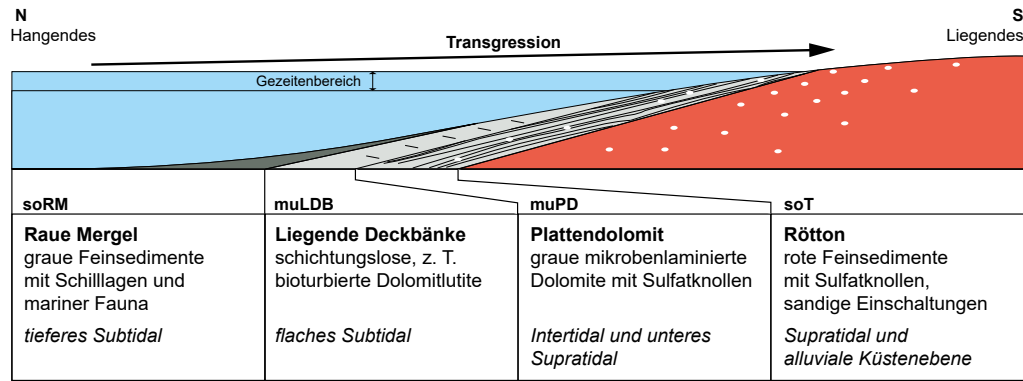


Abb. 29: Faziesabfolge bei der Transgression des Muschelkalk-Meeres über die Rötton-Ebene (schematisch, oben). Unten: Sedimente der Röt-Muschelkalk-Grenze in der Kernbohrung Horgen (BO7817- 978; Fotos: J. Wittenbrink/LGRB) unweit Rottweil. Im Rötton (rechts, Liegendes) und dem darüber folgenden Plattendolomit sind graue Gipsknollen eingelagert (161,5–163 m, 164,4–165 m). Die gestrichelten Linien zeigen die Position der am Bohrkern eingezeichneten Leithorizont-Grenzen (rot) zum Fazieschema.

6.1 Datengrundlage

Die vorliegenden Ergebnisse beruhen vorwiegend auf der Durchsicht von fast eintausend Bohrprofilen aus dem Archivbestand des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Freiburg i. Br.,

aus denen 475 hinreichend aussagekräftige Profile für die weitere Auswertung ausgesucht wurden (Abb. 30). Der Schwerpunkt lag dabei auf Bohrprofilen, in denen mehrere stratigraphische Einheiten des Buntsandsteins erschlossen wurden, d.h. im größten Teil des Landesgebiets von mehr als

50 m, oft mehr als 100 m Profillänge. Wesentliches Ziel war es, zusammenhängende Einzelprofile zu verwenden, um Fehlinterpretationen durch falsch kombinierte Teilabschnitte zu vermeiden. Wo eine Kombination benachbarter Profile erforderlich wurde, sollte dies durch deren jeweils vollständige Darstellung nebeneinander dokumentiert werden. Die Einbeziehung von Profilaufnahmen unterschiedlicher Bearbeiter sollte zudem sicherstellen, dass die Merkmale zur Gliederung der Abfolge von

einer großen Zahl von Anwendern erkannt und verwendet werden können. Eigene Profilaufnahmen an Bohrproben aus längeren Kern- und Meißelbohrungen, verteilt über das gesamte Arbeitsgebiet, ergänzen die Archivdaten.

Die verwendeten Profile sind in Anhang 2 verzeichnet. Für die Auswertung wurden je TK25-Blattschnitt möglichst mehrere Profilaufnahmen ausgewählt, um die kleinräumige laterale Variation

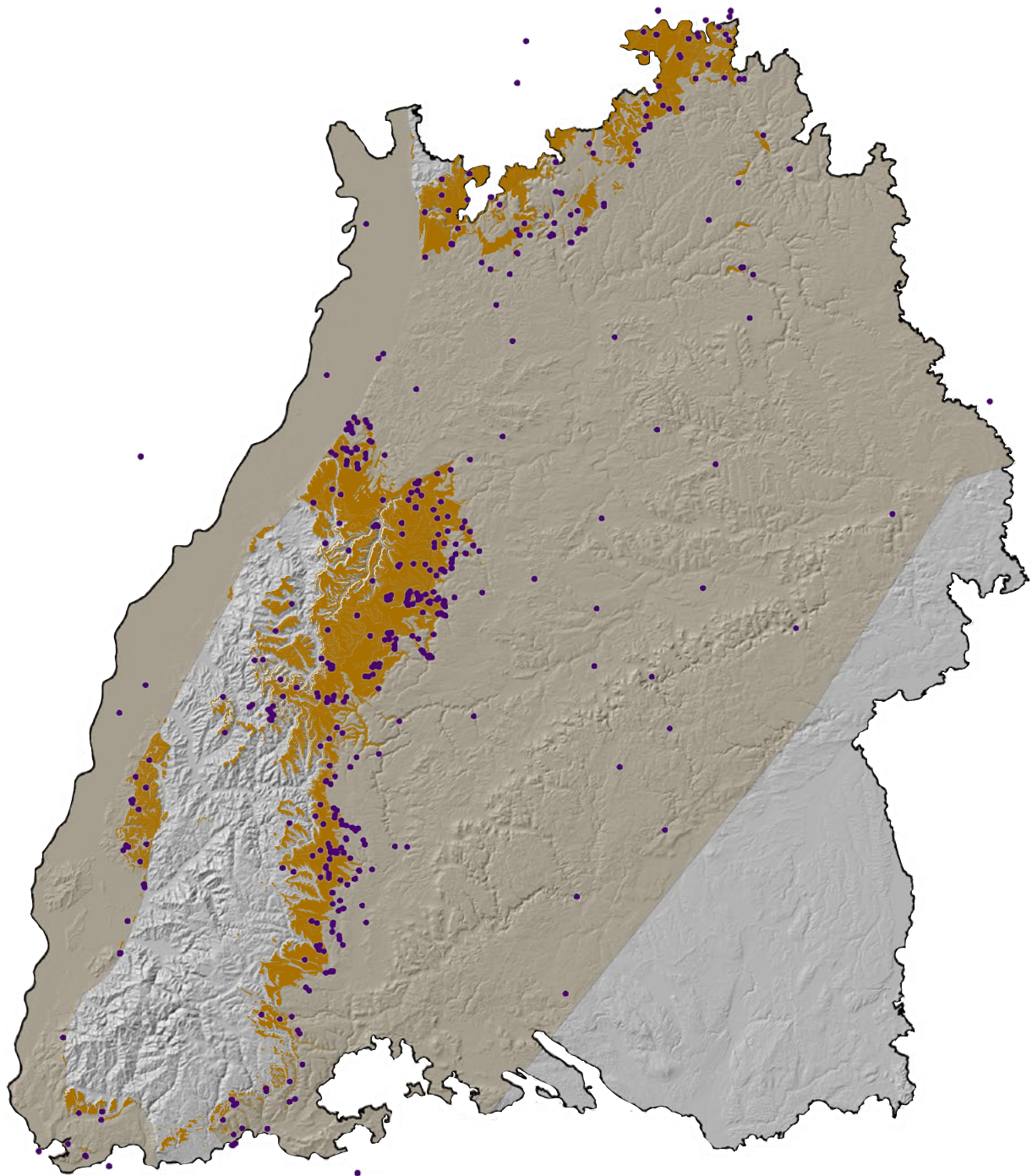


Abb. 30: Lage der in der vorliegenden Arbeit verwendeten Bohr- und Aufschlussprofile in Baden-Württemberg und angrenzenden Regionen. Braun: Ausstrichgebiete, blassbraun: Buntsandstein überdeckt, grau: kein Buntsandstein (heute abgetragen oder primär nicht abgelagert). Der graue Bereich im Südosten liegt außerhalb der Buntsandstein-Verbreitung (Vindelizisches Hochland).

der Profilausbildungen zu erfassen. Wo die Möglichkeit bestand, wurden eng benachbarte Bohrprofile berücksichtigt, um einerseits tektonische Schichtausfälle leichter zu erkennen, andererseits die laterale Verbreitung einzelner Faziesmerkmale (z. B. Geröllführung, Violette Horizonte) festzustellen. Hinzu treten kürzere detailliert beschriebene Profilaufnahmen aus Einzelaufschlüssen und Bohrungen, meist aus der veröffentlichten Literatur. Mit deren Hilfe kann teilweise auch der Abstand zu wichtigen Leitflächen (z. B. Basis Muschelkalk) abgeschätzt werden, wo diese in den Bohrprofilen nicht enthalten sind. Die Durchsicht und Neuinterpretation der verfügbaren geophysikalischen Bohrlochmessungen konzentriert sich auf Messungen über mehr als 50 Profilmeter, da sich kürzere Abschnitte nur selten stratigraphisch genauer einordnen lassen (Kap. 7). In den Abbildungen sind die Bohrungen mit der Archivnummer des LGRB (bestehend aus TK25-Blattnummer und laufender Nummer) und der Gemarkung bezeichnet, da die Mehrzahl der verwendeten Erdwärme- und Wasserbohrungen keine eindeutige Eigenbezeichnung aufweist. Nicht in die Tabelle aufgenommen wurden Profile, die entweder keine korrelierbaren Schichtgrenzen erschlossen haben (überwiegend kürzere Profile) oder deren Dokumentation nicht für eine Gliederung ausreicht.

Gesteinsproben aus Bohrungen und von Geländebegehungen im Schwarzwald und Odenwald wurden im Auflicht und in ausgesuchten Fällen im Dünnschliff mikroskopisch untersucht. Korngrößenverteilungen und die Anteile der Rundungspopulationen wurden bei den Bohraufnahmen und im Gelände qualitativ abgeschätzt. Diese Ergebnisse konnten dann mit den weitaus aufwändiger zu ermittelnden quantitativen Ergebnissen von Eissele (1956), Leiber (1970) und Savas (1998) verglichen und überprüft werden.

6.2 Methodische Grundlagen

Da die spärliche Fossilführung des Buntsandsteins nicht zu einer weiteren Gliederung herangezogen werden kann, orientierten sich alle bisherigen Gliederungsversuche an den petrographischen Eigenschaften der Gesteine selbst. Im Vordergrund stand früher meist allein die Korngrößenverteilung, insbesondere die größte vorhandene und die vorherrschende Korngrößenklasse. Beide Parameter variieren innerhalb der Abfolge von Schicht zu Schicht erheblich.

Die ersten Gliederungsversuche des Schwarzwälder Buntsandsteins beruhten auf Korngrößenunterschieden der Sandsteine und auf ihrer

Geröllführung. Die Grenzen zwischen vorherrschend fein- und grobsandigen, geröllführenden und geröllfreien Abschnitten sind jedoch nicht horizontbeständig. Zudem nehmen die Korngrößen entlang der Ausstrichgebiete generell nach Norden ab. Eine Ausnahme bildet hier der Felssandstein des Odenwalds und Maingebiets, dessen Geröllführung stärker ist als die des äquivalenten Heidenstein-Kristallsandsteins im Nordschwarzwald und im Kraichgau. Der Grund dürfte in einem abweichenden Liefergebiet des Odenwälder Felssandsteins im Vergleich zum Schwarzwälder Heidenstein-Kristallsandstein liegen (Abb. 15).

Ein zweites für die lithostratigraphische Gliederung wichtiges Merkmal ist die Kornrundung, insbesondere jene der Grob- und Mittelsandfraktion, worauf zuerst Eissele (1956, 1957) hingewiesen hat. Während die Feinsandfraktion mit wenigen Ausnahmen über die gesamte Abfolge des Buntsandsteins schlecht gerundet bis kantig abgelagert wurde und die Kiesfraktionen, insbesondere die gröberen, durchgehend mäßig bis gut gerundet sind (von zerbrochenen Geröllen und Windkantern einmal abgesehen), zeigen Grob- und Mittelsand über die Abfolge meist eine Mischung unterschiedlich gut gerundeter Sandkorn-Populationen. Deren Mischungsverhältnis bildet stratigraphisch regelmäßige, wenn auch regional etwas unterschiedliche Muster (Abb. 31, 32, 33, Tab. 1). Von besonderer Bedeutung ist dabei der jeweils beste Kornrundungsgrad in der Probe bzw. dem Handstück und der Anteil solcher Körner an der jeweiligen Korngrößenfraktion. Deren Einschätzung ist besonders an der Grobsandfraktion meist bereits mit einer Handlupe möglich. Sie zeigt die Unterschiede im Kornbestand deutlicher als eine statistisch berechnete mittlere Kornrundung des Gesamtgesteins, in der die Veränderungen durch zerbrochene und überwachsene Körner stark abgeschwächt erscheinen. Entsprechend hat bereits Savas (1998) einen „HT-Wert“ für den Mengenanteil gut bis sehr gut gerundeter Körner in einer Korngrößenklasse bei seinen quantitativen Analysen mitberechnet. Besonders im Zentral- und Nordschwarzwald ist diese „Beste Kornrundung“ der Grobsandfraktion, in etwas geringerem Maße auch jene der Mittelsandfraktion, die wichtigste Hilfe bei der Abgrenzung sowohl der Eck-Formation zur liegenden Tigersandstein-Formation, als auch der Heidenstein-Subformation zum Liegenden und Hangenden.

Vergleicht man die Verteilung der Kornrundungen in den einzelnen Formationen von Süd nach Nord, fällt in einigen Horizonten im Kraichgau eine Verringerung der Kornrundung nach Norden auf, also

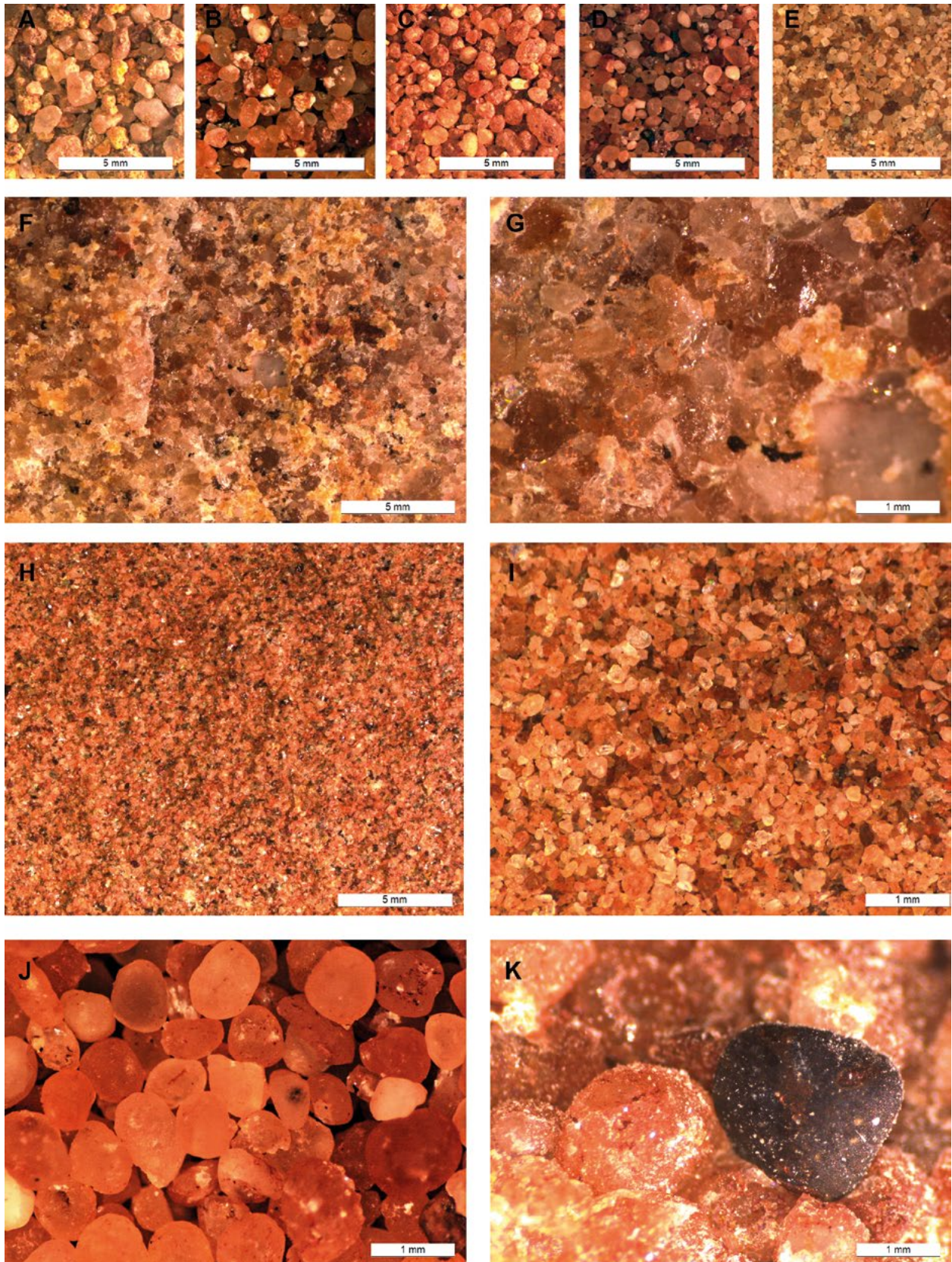


Abb. 31: Kornrundung der Mittel- bis Grobsande im Tiger- und Buntsandstein. **A.** ungerundet bis kantengerundet, Tigersandstein-Formation (BO7515-331, 135 m). **B.** gut bis sehr gut gerundet, Eck-Formation (BO7515-331, 87 m). **C.** gut und mäßig gerundet, Badischer Bausandstein (BO7218-2090, 92 m). **D.** mäßig, gut und sehr gut gerundet, Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (BO7116-407, 78 m). **E.** mäßig, teils schlecht gerundet, Heidenstein-Subformation (BO8314-291, 32 m). **F-G.** kieselig gebundener Sandstein mit weitergewachsenen Körnern, teilweise ist mäßige Rundung noch erkennbar, Heidenstein-Subformation (BO8312-684, 69,9 m). **H.** Gesteinsoberfläche, schlecht gerundeter bis kantengerundeter Mittelsandstein, Plattensandstein-Formation (BO6223-677). **I.** Bohrgut, schlecht bis mäßig gerundet, teilweise kantengerundet, Plattensandstein-Formation (BO6618-1245, 37 m). **J.** Vergrößerung der gut bis sehr gut gerundeten Grobsande, Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (BO7713-399, 116 m). **K.** Sehr gut gerundeter Grobsand im Oberen Buntsandstein der Hochrheinfazies, Schattenmühle-Grobsandstein (BO8312-685, 37,5 m).

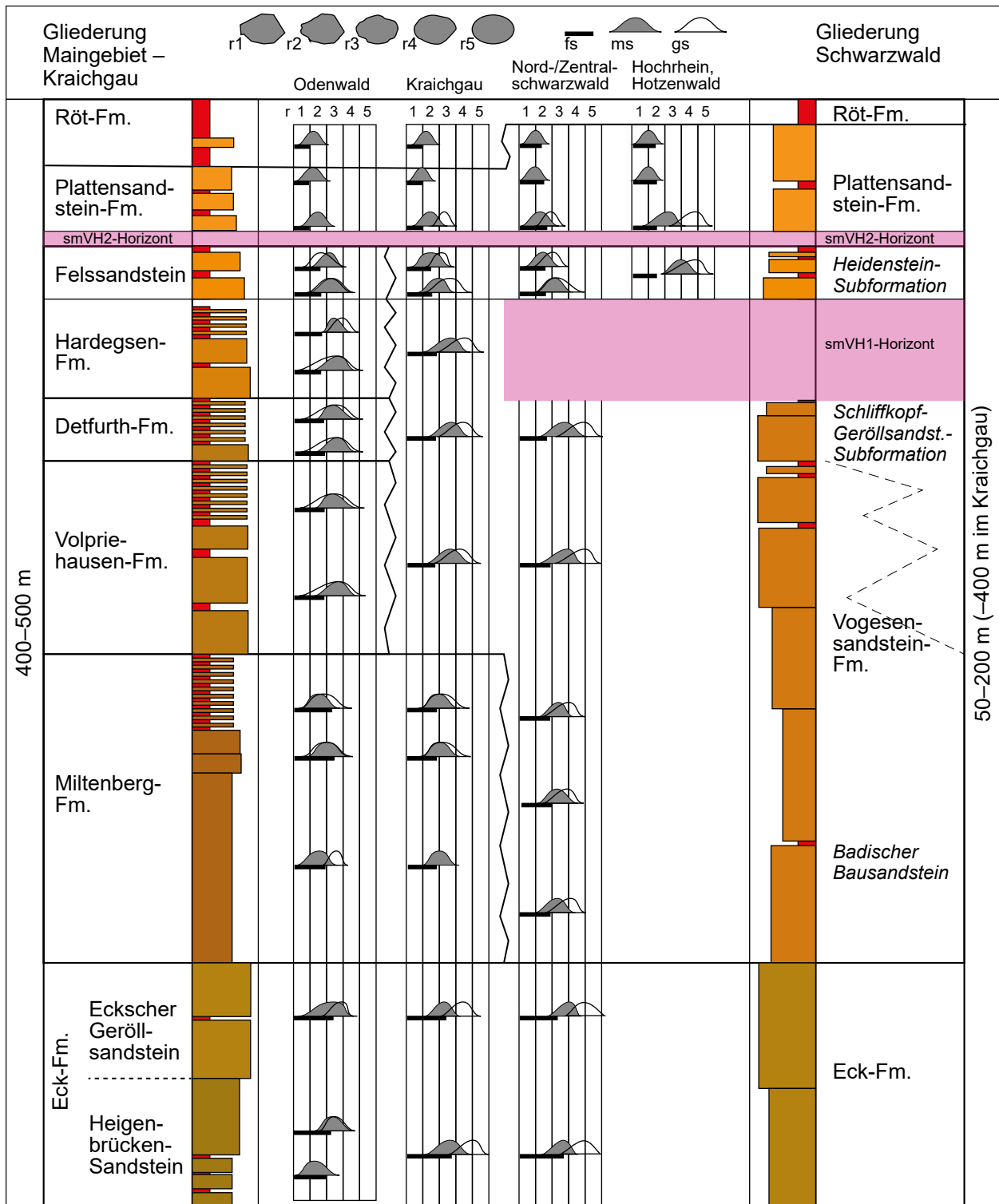


Abb. 32: Die Rundung der Sandkörner stellt neben der Korngrößenverteilung ein wichtiges Hilfsmittel bei der stratigraphischen Gliederung des faziell einheitlich fluvialen und äußerst fossilarmen südwestdeutschen Buntsandsteins dar. Besonders im Schwarzwald zeigen sich die besten Kornrundungen in der Grobsand-Fraktion der Eck-Formation und in der höheren Vogesensandstein-Formation, wobei im Kristallsandstein (Heidenstein-Subformation) gut gerundete Grobsande nur im Hochrheingebiet regelmäßig auftreten (vgl. Tab. 1).

scheinbar vom Rand zum Beckeninneren. Dieser Umstand dürfte einerseits paläogeographische Gründe haben, andererseits auf regional unterschiedliche Transportprozesse zurückzuführen sein. Paläogeographisch ist hierbei von Bedeu-

tung, dass die Beobachtungslinie entlang der Aufschlussgebiete schräg zur einstigen Transportrichtung der Sande und Kiese und zum süd-östlichen Beckenrand liegt, der annähernd parallel zur Haupttransportrichtung ausgerichtet war. Die

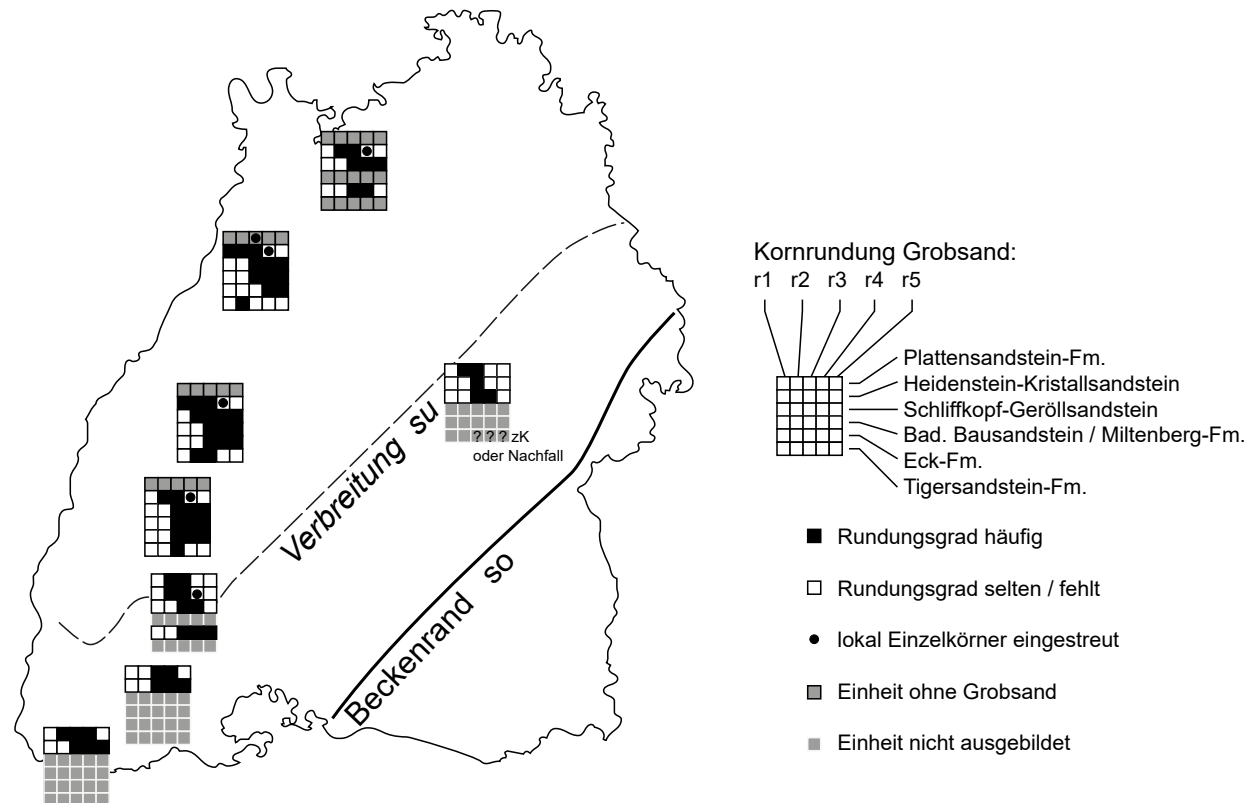


Abb. 33: Regionale Verbreitung der häufigsten Rundungsgrade in den stratigraphischen Einheiten des Buntsandsteins und der Tigersandstein-Formation zwischen Odenwald und Hochrhein. Nahe am heutigen Oberrheingraben können auch in den Mittelsandsteinen der Plattensandstein-Formation geringe Mengen Grobsand eingestreut sein, die möglicherweise einen äolischen Eintrag darstellen.

stratigraphisch von Süd nach Nord korrelierten Profile liegen daher in unterschiedlichen Südwest-Nordost gerichteten Transportsträngen des fluvialen Systems (s. Kap. 3).

Andererseits waren äolische Prozesse, die insbesondere in der Mittel- und Grobsandfraktion zu den höchsten Rundungsgraden geführt haben, offenbar nahe am Beckenrand am intensivsten, da der Anteil äolisch vorgeprägter Sande in den fluvial abgelagerten Sedimenten mit Annäherung an den Rand (Südschwarzwald, Hochrhein) stärker in den Vordergrund tritt. Dies ist umso auffälliger, als äolisch abgelagerte (und danach nicht mehr umgelagerte) Sandsteine rechts des Rheins nahezu unbekannt sind, obwohl solche Sedimente sowohl in den Vogesen als auch im Pfälzerwald einen wichtigen Anteil an der Schichtenfolge ausmachen.

In der Kiesfraktion kann der Transport bei Hochwasserereignissen größere in kleinere Gerölle zertrümmern, die dann zunächst wieder einen geringeren Rundungsgrad aufweisen als die entsprechende Fraktion stromaufwärts ggf. schon erreicht hatte. Entsprechend finden sich zum Beckeninneren in der jeweils zweitgrößten und in kleineren Kornfraktionen zuweilen abnehmende Kornrundungen, nicht aber in der jeweils größten Fraktion.

Die Gesteinsfarben bieten keinen unmittelbaren Ansatz zur Identifizierung von Leitschichten, da alle auftretenden Farben in mehreren stratigraphischen Horizonten vorkommen und diese andererseits nicht überall charakterisieren. Schluff- und Tonsteine sind meist kräftig rotbraun, örtlich in manchen Lagen aber auch grün, grau oder beige. Die Mehrzahl der Sandsteine und Geröllsandsteine ist rotbraun mit Variationen von hellrot bis dunkelrot, doch treten in stratigraphisch nicht einheitlichen Lagen reduzierte oder gebleichte Bindemittel auf und damit weiße, grauweiße, graue oder grünliche Töne. Violette bis grauviolette Farbtöne finden sich außer in den „Violetten Horizonten“ smVH1 und smVH2 in örtlich unterschiedlichen Niveaus des oberen Buntsandsteins, örtlich auch innerhalb der Heidenstein-Subformation und selten in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation. Violettrote und rotviolette Töne sind darüber hinaus auch in der Eck-Formation, in der gesamten Vogesensandstein-Formation und in der Plattensandstein-Formation vorhanden. In einem Bohrkern aus Neuweiler zeigte sich ein Grobsandstein der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation je nach Lichteinfallrichtung rotbraun oder violett, was auf orientiert aufgewachsene Hämatitkristallite zurückzuführen sein dürfte. Gehenn (1962: 22f) berichtet von Tonsteinen der Rötton-Formation,

	Kraichgau						Nordschwarzwald						Zentralschw. / Kinzig						Zentralschw. / Donau						Südschwarzwald / Hotzenwald						Hochrhein						
	fs	ms	gs	fg	mg	gg	fs	ms	gs	fg	mg	gg	fs	ms	gs	fg	mg	gg	fs	ms	gs	fg	mg	gg	fs	ms	gs	fg	mg	gg	fs	ms	gs	fg	mg	gg	
soPL	1	1-3	-	-	-	-	1	1-2	-	-	-	-	1-2	1-2	-	-	-	-	1-2	1-3	2-3	2-4	2-3	-	-	1-2	1-3	3-4	2-4	-	-	1	1-3	2-4	3-5	3-4	-
sVK	1-2	1-2	1-3	2-3	2-3	-	1-2	2-3	1-3	2-3	2-3	-	1-2	1-3	2-3	2-4	2-3	-	1-2	(3-4)**	3-4	3-4	3-4	-	1-2	1-2	3-4	3-4	(5)	3-4	1-2	3-4	3-5	3-4	3-4	-	
sVg	1-3	2-4	3-5	3-5	3-5	-	1-2	2-5	2-5	3-5	4-5	3-5	1-2	2-4	3-5	3-5	4-5	3-5	1-2	3-4	3-4	4	3-4	3-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sVs	1-2	2-4	3-4	-	-	-	1-2	2-4	3-4	(5)	-	-	1-2	2-4	3-4	(5)	3-4	-	-	1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
suEo	1-3	2-3	3-5	3-5	4-5	4-5	1-3	2-3	3-5	3-5	4-5	4-5	1-3	2-3	3-5	3-5	4-5	4-5	1-3	2-3	3-5	3-4	3-4	3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
suEu	1-3	2-4	4-5	4-5	4-5	-	1-3	2-3	3-4	4-5	4-5	-	1-3	2-3	3-4	4-5	4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
zT	1-2	1-3	2	-	-	-	1-2	1-3	2-3	2-3	-	-	1-2	2-3	2-3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
zEK / zW	1	1-2	1-3	1-2	1-2	1-2	1	1-2	1-3	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1-2	1-2	1-2	1-2		

*: Äolische Fazies (Bad Teinach – Calw), **: äolisch beeinflusste Basislage (Bannholz)

Tab. 1: Rundungsgrade im Buntsandstein von Baden-Württemberg, ausgedrückt durch die in den Kornpopulationen am häufigsten vertretenen Rundungsklassen (aus Bohrgut, Meißel- und Kernbohrungen). 1: kantig bis kantengerundet, 2: angerundet (alle Winkel gerundet, Kornform aber noch durch Bruchflächen bestimmt), 3: gerundet (variable Wölbung, Bruchflächenreste, einspringende Winkel), 4: gut gerundet (rundum konvex, unregelmäßige Form), 5: sehr gut gerundet (kugelig bis eiförmig). -: nicht beobachtet.



die bergfrisch „braunrot“ sind, angewittert aber „im Aufschluss eine violettrote Tönung“ annehmen. Hinzu tritt das unterschiedliche Farbpfinden verschiedener Bearbeiter, weshalb dasselbe Gesteinshandstück unter derselben Beleuchtung von unterschiedlichen Beobachtern gelegentlich als „dunkelrot“, „violettrot“ und „rotbraun“ beschrieben wird. Standardisierte Farbensprachen mithilfe von Farbmustertafeln kamen im hiesigen Buntsandstein bislang offenbar nicht zur Anwendung. Gelbe bis ockergelbe Farben können häufig als Hinweis auf karbonatische Zemente bzw. kalkig verwitternde Dolomitsteine gelten, die allerdings ebenfalls nicht auf die Leithorizonte smVH1, smVH2 und so3D beschränkt sind und, ebenso wie die violetten Farben, darin nicht überall auftreten. Außerhalb der eigentlichen „Violetten Horizonte“ treten karbonatische Zemente meist nur als Konkretionen auf, örtlich und in einzelnen Lagen auch in der Eck- und gesamten Vogesensandstein-Formation sowie in Sandsteinen der Rötton-Formation. Die in den Profilabfolgen auffälligen, da nur lagenweise entwickelten violetten und gelben Farben bieten daher zwar erste Hinweise, wo nach den Leithorizonten zu suchen sein könnte, genügen aber alleine nicht für eine sichere Ansprache dieser Horizonte. Dies umso mehr bei schwacher Entwicklung (oder zerbohrten Proben) ohne eine Profilkorrelation zu Nachbarprofilen.

In den neu aufgenommenen Profilen wurde neben Korngrößen und Farbe auch die jeweils beste Kornrundung der Grob- und meist auch der Mittelsandfraktion dokumentiert und bei der stratigraphischen Korrelation berücksichtigt. Wenn angegeben, wurde die Kornrundung auch bei den Profilen anderer Bearbeiter berücksichtigt oder, soweit die Bohrkern im Kernlager des LGRB aufbewahrt werden, an den Originalproben in den relevanten Profilabschnitten nachdokumentiert. Etwa 80% der hier verwendeten Profile wurden zeichnerisch in eine einheitliche Darstellung für die Korrelationsdiagramme umgesetzt und die lithostratigraphische Einstufung farbcodiert (Abb. 34). Da für die Mehrzahl der Profilbeschreibungen keine Angaben zur Rundung vorliegen, beschränken sich die Profildarstellungen auf die Korngrößenwechsel und Hervorhebung der geröllführenden Schichten. Probenlücken erscheinen als Unterbrechungen der lithologischen Darstellung. Wo Hinweise auf tektonische Schichtausfälle an Störungen vorlagen oder sich bei der Korrelation ergaben, ist die Darstellung (mit einem entsprechenden eingeschriebenen Hinweis) so weit auseinandergezogen, wie es dem anzunehmenden Schichtausfall entspricht (in den Diagrammen der Bohrlochmessungen wurden die aufgetrennten Enden mit einem Stern versehen; Kap. 7).

Auch benachbarte, sich ergänzende Profile werden hier jeweils einzeln dargestellt. Die Problematik zusammengesetzter Profile aus verschiedenen Aufschlüssen zeigt sich deutlich an den Profilen 23 und 24 bei Ortlam (1968), welche einen mehr als 7 m (Nr. 23) und einen fast 20 m (Nr. 24) mächtigen smVH1-Horizont im Raum Nagold zeigen sollen. Beide Profile sind aus jeweils zwei Aufschlüssen kombiniert, deren Koordinaten angegeben, deren Anteile am dargestellten Gesamtprofil aber nicht ausgewiesen sind. Jeweils eine Koordinate liegt jedoch im Niveau des höheren Plattensandsteins (Leiber 1989). Bei der dargestellten Wechselfolge von rotbraunen und violetten Sandsteinen mit mehreren Karbonatkrusten- oder -brekzienlagen handelt es sich daher offenbar um die irrtümliche Kombination einer Abfolge von Violetten Horizonten im Plattensandstein – wie sie auch aus mehreren Bohrungen bekannt ist – mit Teilprofilen aus der obersten Vogesensandstein-Formation (vgl. Diskussion dieses Falls bei Leiber 1989: 90). Die bei Ortlam (1967) aus dieser scheinbaren „Aufspaltung des VH1“ und dem daraus resultierenden lokalen Mächtigkeitsmaximum bei Nagold abgeleiteten paläotektonischen Schlussfolgerungen beruhen demnach auf einem Artefakt durch die Fehlkombination von Teilprofilen.

Die Konstruktion der Korrelationslinien erfolgte unter der Grundannahme paläotektonischer Konstanz, d. h. dass das relative Verhältnis der Subsidenz bzw. Mächtigkeitsentwicklung zwischen zwei Profilen über die Schichtenfolge gleichsinnig bleibt, stratigraphische Teilabschnitte in der Regel also entweder gleich mächtig oder immer im selben Profil mächtiger sind. Wenn – über ein eventuelles Erosionsrelief von wenigen Metern hinaus – Abweichungen von dieser Regel notwendig werden, können sie entweder als Ausdruck tektonischer Schichtausfälle oder als Hinweis auf aktive synsedimentäre Tektonik mit Veränderungen in der Beckenkonfiguration gelten. Letzteres betrifft insbesondere die nach Süden zunehmenden Mächtigkeiten des Oberen Buntsandsteins im Bereich der Badischen Senke (südliches Oberrheingebiet) und im Randbereich des Burgundischen Beckens, die im Kontrast steht zum Auskeilen tieferer Buntsandstein-Abschnitte in derselben Richtung. Auch die im Vergleich zum Taubergebiet größere Mächtigkeit des Unteren Buntsandsteins im Kraichgau und am unteren Neckar (Abb. 14) lässt sich auf unterschiedliche tektonische Aktivitätsmuster an Ries-Tauber- und Odenwald-Schwelle vor Ausbildung der V-Diskordanz zurückführen. Die Identifizierung und Korrelation der Folgengrenzen und Diskordanzen erfolgte, ausgehend vom Maingebiet, zuerst anhand der Bohrlochmessungen und wurde dann

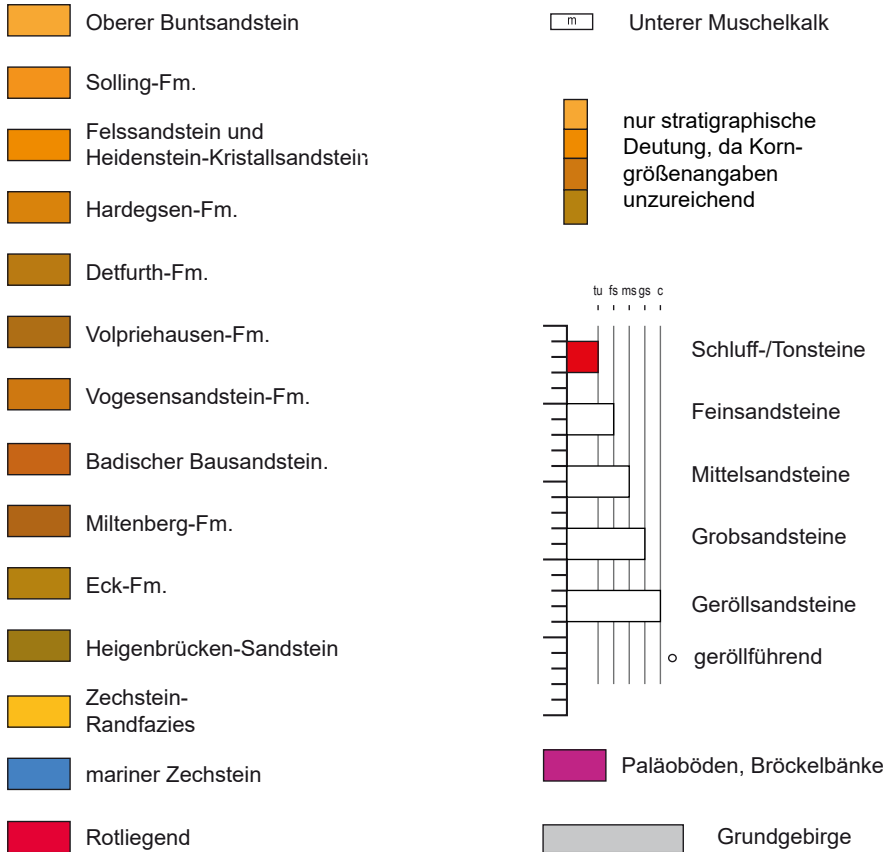


Abb. 34: Legende zu den lithologischen Korrelationsdiagrammen.

entsprechend auch bei der lithologischen Profilkorrelation dort umgesetzt, wo eine Korrelation plausibel schien. Mehrere lange Bohrprofile dienten dabei als Referenzknoten, um die verschiedenen Korrelationsdiagramme untereinander zu verknüpfen.

6.3 Sedimente im Liegenden des Buntsandsteins

Das Liegende des Buntsandsteins bilden im größten Teil des Landesgebiets permische Sedimente. Nur im Südschwarzwald und im Untergrund von Teilen der Schwäbischen Alb und ihres Vorlandes liegt Buntsandstein flächenhaft auf variskischem Kristallin, dessen Zersatzzone örtlich einige Dezimeter tief von Karbonat- und Karneol-Krusten durchsetzt ist (vgl. Kap. 5.6). Die Kristallinoberfläche weist dabei kleinräumig ein Relief von einigen Metern Höhenunterschied auf, in dessen Vertiefungen lokale Vorkommen von umgelagertem Kristallinersatz (Arkosen bzw. arkosischer Grus) auftreten (Meister 1960, Sawatzki 2005). Diese ‚Permotrias-Basisarkosen‘ aus schlecht gerundetem und meist schlecht sortiertem Material wurden früher oft aufgrund ihrer Fazies dem Rotliegenden zugeschrieben. Sie dürften aber, da

sie meist direkt von Oberem Buntsandstein abgelagert werden, Relikte frühtriassischer Umlagerungssedimente sein.

Im Hochrheingebiet und den Weitenauer Vorbergen am Südrand des Schwarzwalds wurden die nach Nordosten geschütteten Sandsteine des Buntsandsteins auf wahrscheinlich spätpermischen schlecht sortierten Sandsteinen der Wiesental-Formation abgelagert (Nitsch et al. 2017). Die schlecht gerundeten Sande der Wiesental-Formation wurden vom Kristallin des Südschwarzwalds nach Südwesten zum Burgundischen Becken hin geschüttet und keilen nach Süden diskordant unter dem Buntsandstein aus, der südlich des Hochrheins auf zunehmend tiefere Schichten des Rotliegend (Weitenau-Formation, Nordschweizer Becken) übergreift.

Im Zentral- und Nordschwarzwald liegen unter dem Buntsandstein ebenfalls spätpermische Sandsteine, die jedoch Schüttungsrichtungen nach Nordosten in das Germanische Becken zeigen. Nahe am permischen Beckenrand, im Raum Königsfeld, besteht die Zechstein-Randfazies aus feldspatreichen Sandsteinen und Fanglomeraten mit pedogenen Karbonatkrusten (Kirnbach-Formation, Abb. 35), die früher als ‚Karneoldolomit‘ bzw.

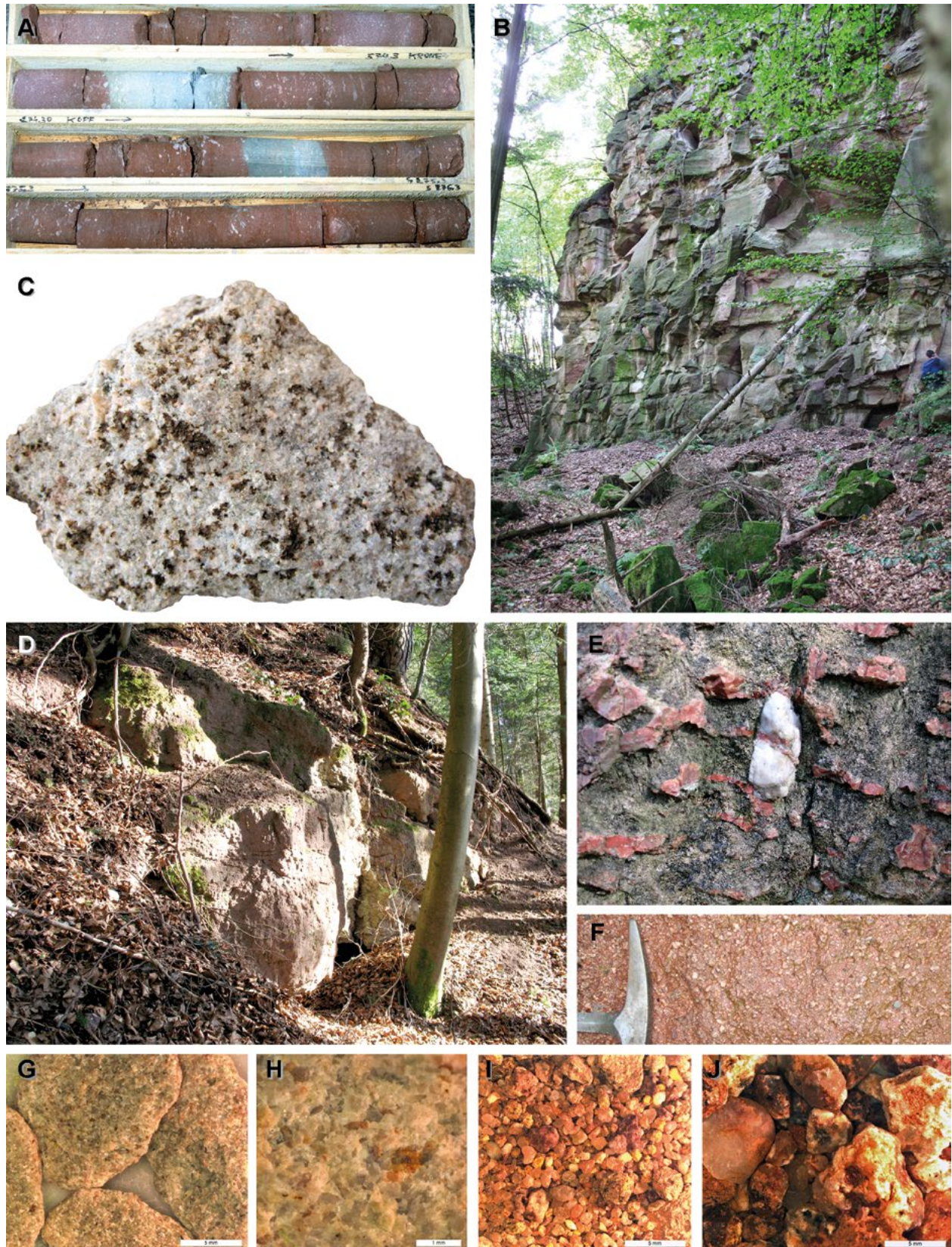


Abb. 35: Aufschlussbilder der Zechstein-Randfazies im Liegenden des Buntsandsteins. **A.** Schluffsteine, tonig und sandig, mit Schlufftonstein-Intraklasten, Langenthal-Formation, BO7022-54 Allmersbach am Weinberg (Foto W. Carlé). **B–C.** Mittel- bis Grobsandsteine mit Wad-Flecken, Tigersandstein-Formation, aufgelassener Steinbruch am Merkur bei Baden-Baden; Sandkörner kantig bis schlecht gerundet. **D–E.** Karneoldolomit der Kirnbach-Formation im Kirnbachtal bei Schramberg, 2–3 m mächtige pedogene Karbonatkruste in Geröllsandstein; Ausschnitt E ca. 20 cm hoch. **F.** Arkosekonglomerat der Kirnbach-Formation am Merkur bei Baden-Baden. **G–J.** Bohrgut (Cuttings) aus der Tigersandstein- und Kirnbach-Formation, Maßbalken I: 1 mm, sonst 5 mm; G–H: Tigersandstein mit eckigen bis kantengerundeten Körnern, BO7318-2935 Effringen, I: Grobsandige Tigersandstein-Formation mit Karneolbruchstücken aus der liegenden Kirnbach-Formation, BO7515-331 Peterstal, J: Arkosefanglomerat der Kirnbach-Formation mit gerundetem und kantigen Kiesanteilen, schluffig-sandige Matrix weitgehend ausgespült, BO7216-408 Gernsbach.

‚VH0-Horizont‘ zum Rotliegenden gerechnet wurden. Sie werden nach Norden zunehmend von gut sortierten Fein- bis Mittelsandsteinen und sandigen Schluffsteinen der Tigersandstein-Formation (Abb. 35) faziell ersetzt, deren Verbreitung bis in den Kraichgau reicht und deren Ausläufer als dünne Sandsteinlagen bis in die Langenthal-Formation des Odenwalds reichen (Nitsch & Zedler 2009; s. u.). An zwei etwa 100 und etwa 300 m breiten Stellen südöstlich Seebach und einer weiteren im Nagoldtal südlich von Bad Liebenzell keilen die spätpermischen Sedimente an Inselberg-artigen Auftragungen des Kristallins der Nordschwarzwald-Schwelle aus, die erst von Sedimenten der Eck-Formation überdeckt wurden (Regelmann 1907, Wagner 1953).

Die Sande der Kirnbach- und Tigersandstein-Formation sind in der Regel auch in der Mittel- bis Grobsand-Fraktion schlecht gerundet. Die Grenze zum Buntsandstein ist daher durch das erstmalige Auftreten gut bis sehr gut gerundeter Grobsande und gut gerundeter Mittelsande meist deutlich zu erkennen (Riek 1931, Leiber 1970a) – „Diese plötzliche Zunahme der Rundung ist wohl eine der auffallendsten Erscheinungen im Buntsandstein überhaupt“ (Eissele 1957: 94). Im Odenwald tritt die Häufigkeit der sehr gut gerundeten Grobsandkörner sowohl im Heigenbrücken-Sandstein wie auch im Eckschen Geröllsandstein im Vergleich zum Schwarzwald stark zurück, doch sind einzelne eingestreute Körner in den meisten Handstücken zu finden. Dagegen sind entsprechend gut gerundete Grobsandkörner aus der Tigersandstein-Formation bisher nicht bekannt. Lediglich im Raum Bad Teinach – Calw haben mehrere Bohrungen unter der Tigersandstein-Formation (mit schlecht gerundeten Körnern) einen permischen Komplex aus äolischen Sandsteinen erschlossen (Dünen- und Schichtsand), in denen entsprechend gut gerundete Körner zu finden sind und der heute zur Kirnbach-Formation gerechnet wird. Wegen der überlagernden alluvialen Tigersandstein-Fazies ist eine Verwechslung mit Buntsandstein jedoch ausgeschlossen, Tagesaufschlüsse bestehen ohnehin nicht.

Weniger zuverlässig ist der Farbwechsel von meist hellgrauen bis beigefarbenen Tigersandsteinen in die rotbraunen bis violettroten Grobsandsteine der Eck-Formation, da die Sandsteine der Tigersandstein-Formation kleinräumig und in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus auch rotbraun gefärbt sein können – auch im obersten Abschnitt – und die Eck-Formation lokal mit sekundär (dann meist hydrothermal) gebleichten Sandsteinen einsetzen kann. Örtlich schließt die Tigersandstein-Formation allerdings nach oben mit

rotbraunen feinsandigen Schluffsteinen ab, die besonders im höheren Teil der Formation mehrfach in die alluvialen Sandsteine eingeschaltet sind (Leiber 1970a, 1971, Dimas 1999b).

Die Tigersandstein-Formation wurde im Schwarzwald bis 1993 zum Buntsandstein gerechnet und entweder allein als ‚Unterer Buntsandstein‘ aufgefasst oder als dessen basaler Teil. Nach Einstufung der Tigersandstein-Formation in den Zechstein, als dessen Randfazies, wurde die Einheit aus dem Buntsandstein ausgegliedert (Lepper et al. 1993, GLA 1995). Die in der älteren Literatur zur „Grenze Unterer / Mittlerer Buntsandstein“ gemachten Aussagen betreffen daher meist die Grenze Zechstein-Randfazies / Buntsandstein nach heutiger Auffassung.

Im Untergrund von Kraichgau, Schwäbisch-Fränkischem Wald und Hohenlohe wird der untere Teil der Tigersandstein-Formation nach Norden zunehmend von Schlufftonsteinen der Langenthal-Formation (Abb. 35) und an deren Basis von Dolomitsteinen der Zechsteindolomit-Formation ersetzt (Nitsch & Zedler 2009). Im Bauland und südlichen Odenwald wird die Tigersandstein-Formation faziell vollständig durch Zechsteindolomit- und Langenthal-Formation vertreten. Dort und im Main-Tauber-Gebiet bildet daher die Langenthal-Formation das Liegende des Buntsandsteins. Der Tigersandstein des Schwarzwalds ist im südlichen Odenwald nicht als eigenständige Sandstein-Abfolge ausgebildet und deutet sich nur noch in einzelnen Profilen durch einzelne geringmächtige Sandstein-Lagen in der Langenthal-Formation an, die keine flächenhafte Verbreitung mehr besitzen. Stattdessen wurden die feinkörnigen, teilweise ebenfalls gefleckten Sandsteine des Heigenbrücken-Sandsteins im 19. Jahrhundert und z. T. noch danach fälschlich als ‚Tigersandstein‘ angesprochen (s. Anhang 1: ‚Tigersandstein‘).

6.4 Gliederung des Unteren bis Mittleren Buntsandsteins in Schwarzwald-Fazies

Während der Obere Buntsandstein in Baden-Württemberg trotz seiner Fazieswechsel landesweit einheitlich gegliedert werden kann, stehen sich im Unteren und Mittleren Buntsandstein zwei Faziestypen gegenüber: eine südlichere und grobkörnigere Schwarzwald-Fazies und eine weniger grobkörnige nördliche Main-Fazies. Der Übergang erfolgt von Süd(west) nach Nord(ost) in zwei Stufen, im Unteren Buntsandstein (Folge s1–s2) im mittleren bis nördlichen Kraichgau, im Mittleren Buntsandstein (Folge s3–s6) zwischen Eber-



bach und Mudau im südöstlichen Odenwald. Entsprechend vertritt die Schwarzwald-Fazies im Schwarzwald und südlichen Kraichgau den gesamten Unteren und Mittleren Buntsandstein und bildet im Südlichen Odenwald noch als Vogesensandstein-Formation das Äquivalent des Mittleren Buntsandstein, der sich nördlich Mudau und Buchen in die vier Formationen der Mainfazies gliedern lässt. Lediglich der Karneoldolomit-Horizont smVH2 lässt sich durchgehend landesweit ansprechen und wird hier zur Solling-Formation gerechnet.

Die Ausbildung der Äquivalente des Unteren und Mittleren Buntsandsteins ist im Schwarzwald von Grobsandsteinen und Geröllsandsteinen geprägt. Deren Fazieswechsel in stratigraphisch wechselnden Niveaus erschweren eine Korrelation einzelner Schichtabschnitte. Die bislang verfügbaren geeigneten Bohrlochmessungen geben einen Hinweis, dass die V-Diskordanz an der Basis des Mittleren Buntsandsteins zumindest im Norden des Landes ausgebildet ist und auch für den Schwarzwald vermutet werden muss. Der Vergleich mit den zugehörigen lithologischen Profilen zeigt aber auch, dass diese Diskordanz zwar häufig, aber nicht generell mit dem Einsetzen stärkerer Geröllführung zusammenfällt und daher in ausschließlich lithologisch aufgenommenen Profilen nicht zuverlässig identifiziert werden kann. Versuche, die Formationsgliederung der Beckenfazies im Schwarzwald anzuwenden, blieben daher spekulativ und untereinander widersprüchlich. Insbesondere die Abgrenzung des 'Oberen Geröllhorizonts' erfolgte auf den historischen Kartenblättern sehr uneinheitlich. Die Bezeichnung betraf oft nur den geröllreichsten Abschnitt der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation, in anderen Fällen die gesamte geröllführende Schichtenfolge und in einigen Fällen allein die Heidenstein-Subformation. In LGRB (2011) wurden daher die zuvor als getrennte Formationen ausgewiesenen Einheiten Badischer Bausandstein, Schliffkopf-Geröllsandstein und Heidenstein-Kristallsandstein zu einer umfassenden Vogesensandstein-Formation zusammengefasst. Die kleinräumig oft uneinheitlichen Faziesgrenzen zwischen Bau- und Geröllsandsteinen werden darin nur zur Unterscheidung von Subformationen verwendet, ebenso die im Bohrloch nicht immer leicht erkennbare Grenze zum Heidenstein-Kristallsandstein. Dagegen zeigt die Eck-Formation eine lithologisch ebenso wie technisch von den hangenden Abfolgen so stark abweichende Entwicklung, dass hier weiterhin eine gut kartierbare Formationsgrenze ausgewiesen wird, auch wenn der Fazieswechsel in die Bausandsteine wahrscheinlich etwas diachron erfolgt sein dürfte.

Die Grenze zum Oberen Buntsandstein wurde in den meisten historischen geologischen Karten (vor 1945) an der Basis eines 'Karneoldolomit-Horizonts' gezogen. Dies traf meist den smVH2-Horizont, örtlich jedoch den smVH1 oder einen VH-Horizont innerhalb der Plattensandstein-Formation. Heute wird als Basis der Plattensandstein-Formation im Maingebiet die Obergrenze des Thüringischen Chirotheriensandsteins, nach dessen Auskeilen im übrigen Landesgebiet die Dachfläche des smVH2-Horizonts verwendet (Lepper 1993, GLA 1995, LGRB 2011). Diese Grenze muss allerdings im Hochrheingebiet als diachron gelten, da hier mehrere VH-Horizonte des tieferen Plattensandsteins örtlich zu einer bis 10 m mächtigen buntviolettten Abfolge verschmelzen, in der die Obergrenze des smVH2 im engeren Sinne nicht mehr ausgewiesen werden kann und die daher insgesamt noch als smVH2 angesprochen wird (Disler 1914, Nitsch et al. 2017).

6.4.1 Eck-Formation

Name: Zuerst von Sauer (1894) als 'Eck'sche Geröllschicht', 'Eck'scher Geröllhorizont' und 'Eck'scher Horizont' bezeichnet. Als Eck-Formation: LGRB 2003, 2011.

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheit: Eck (1884 a).

Typusgebiet: Nordschwarzwald um Baden-Baden und Oppenau.

Typusprofil: Kernbohrung GWM P19/2017 Wildberg (BO7318-2809: 53,30–213,65 m u.A.), aufbewahrt am LGRB Freiburg (Abb. 36).

Referenzprofil: Bohrung Kraichgau 1002 Gemmingen (BO6819-83: 601,00–710,64 m u.A.; Junghans 2003), Bohrung Neuenbuch 1 (BO6122-1: 181,20–275,70 m u.A.; Freudenberger et al. 2016).

Verbreitung: Im Schwarzwald und der Vorbergzone des Oberrheingrabens nördlich etwa Freiburg i. Br. und Villingen-Schwenningen, unter jüngerer Bedeckung im Schichtstufenland nördlich und westlich der Schwäbischen Alb sowie im Kraichgau. Im Odenwald und Main-Taubergebiet mit abweichender Gliederung (s. Kap. 6.5.1). Die Verbreitungsgrenze im Untergrund ist östlich des Neckar bislang nur ungenau zwischen sehr wenigen Bohrpunkten abzuschätzen. Im Untergrund der Schwäbischen Alb und des Albvorlandes scheint die Eck-Formation gebietsweise zwischen Kirnbach-Formation und geringmä-

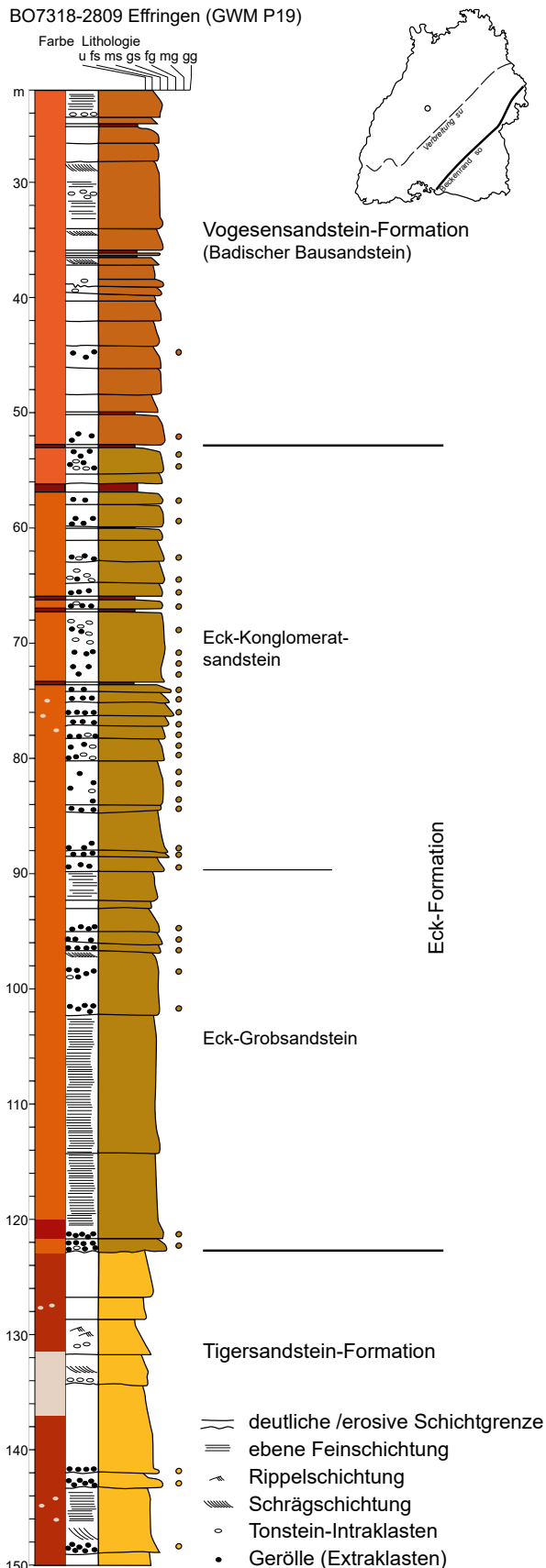


Abb. 36: Typusprofil der Eck-Formation im Bohrkern BO7318-2809 Effringen (GWM P19) nach Bohraufnahme am LGRB.

tiger Vogesensandstein-Formation zu fehlen (V-Diskordanz?; Bohrungen Urach 3 BO7422-79, Albershausen BO7323-3). In Hohenlohe und in Teilen des Main-Tauber-Gebiets wird die Eck-Formation offenbar gebietsweise ganz von grobsandigen Mittelsandsteinen vertreten, die der Fazies des Heigenbrücken-Sandsteins entsprechen (Bohrungen Ingelfingen BO6623-72: Fraas 1859; Bad Mergentheim BO6524-6: 330,5–380,0 m: Carlé 1956).

Liegendes: Im Schwarzwald und Kraichgau meist permische Einheiten (Kirnbach- oder Tigersandstein-Formation), die im Nordschwarzwald jedoch örtlich von Auftragungen des Grundgebirges oder permischer Quarzporphyre durchbrochen werden, auf denen Eck-Formation in meist reduzierter Mächtigkeit liegt (Regelmann 1907). Im südlichen Zentralschwarzwald greift Eck-Formation zudem über die Verbreitung der Kirnbach-Formation auf das Grundgebirge aus. Im Untergrund des unmittelbar östlich anschließenden Schichtstufenlands deuten die Bohrergergebnisse ähnliche Verhältnisse an. Im nördlichen Kraichgau und im Odenwald bildet die Langenthal-Formation als Faziesvertretung der Tigersandstein-Formation das Liegende des Heigenbrücken-Sandsteins (Kap. 6.5.1).

Basis: Im Schwarzwald und südlichen Schichtstufenland Einsetzen von Sandsteinen und Geröllsandsteinen mit gut bis sehr gut gerundetem Grobsand und gut gerundetem Mittelsand. Neben gut gerundeten Körnern können die Sandsteine auch weitere Anteile geringerer Rundung enthalten, insbesondere im Mittel- bis Feinsandbereich. Geröllführung ist verbreitet, aber lokal wechselhaft und kann in den untersten Metern fehlen.

Im Kraichgau und Odenwald beginnt die Eck-Formation mit Fein- bis Mittelsandsteinen des Heigenbrücken-Sandsteins über den tonig-feinsandigen Schluffsteinen der Langenthal-Formation, in der geringmächtige Fein- bis Mittelsandstein-Bänke mit schlechter Kornrundung eingelagert sein können. Die Kornrundung ist im Heigenbrücken-Sandstein überwiegend mäßig, gut bis sehr gut gerundete Grobsandkörner treten nur vereinzelt auf.

Obergrenze: Die Obergrenze der Eck-Formation gegen die Vogesensandstein-Formation ist eine Faziesgrenze. Sie liegt im Schwarzwald über dem obersten Sandsteinkörper, in dem noch Feldspat führende Grundgebirgsgerölle (insbesondere Gneis oder Granit und daraus freigesetzte Feldspäte) auftreten und damit an der Basis des ersten Sandsteinkörpers, über dem nur noch Quarze und Quarzgesteine (Quarzite, Lydite, ver-



kieselte Quarzporphyre etc.) als Gerölle auftreten oder eine längere geröllfreie Sandstein-Abfolge beginnt. Auch schwach geröllführende Sandsteine über dieser Grenze, deren Geröllbestand nur Quarzgesteine umfasst, werden daher zur Vogesensandstein-Formation gerechnet (s.d.). Die Grenze ist meist mit einem Wechsel in der Zementation verbunden, indem die oft mürben, schwach verfestigten Geröllsandsteine der Eck- von gut verfestigten, teils verkieselten Sandsteinen der Vogesensandstein-Formation abgelöst werden. Ebenfalls mit dieser Obergrenze verbunden ist eine deutliche Abnahme des Anteils gut bis sehr gut gerundeter Grobsande und häufig (jedoch weniger regelmäßig) ein Farbwechsel von eher violettroten (Eck-Formation) zu rotbraunen Sandsteinen (Vogesensandstein-Formation). Die Faziesgrenze liegt nach den Gammalogs in verschiedenen Profilen in etwas unterschiedlichem Niveau der Logkorrelation, was als Folge eines diachronen Faziesumschwungs zu deuten sein dürfte. Diskussion s. Kap. 8.3.

Im Südschwarzwald fehlt eine geröllfreie Fazies des Badischen Bausandsteins ganz, Geröllsandsteine mit Quarzgesteinen (einschließlich Quarzporphyr) liegen hier unmittelbar über Geröllsandsteinen mit Feldspat führenden Gesteinen (Gneis, Granit). Südlich Alpirsbach sind in den Geröllsandsteinen der höheren Vogesensandstein-Formation zudem, anders als im Nordschwarzwald, vereinzelt doch wieder Feldspat führende Gesteine im Geröllbestand anzutreffen. Diese dürften teilweise weiter südlich aus der Eck-Formation aufgearbeitet sein, die dort erosiv von Geröllsandsteinen der Vogesensandstein-Formation überlagert wird, teilweise mit dem Übergreifen der südlichen Verbreitungsgrenze der höheren Vogesensandstein-Formation auf das Grundgebirge der Südschwarzwald-Schwelle zusammenhängen.

Im Verbreitungsgebiet der Miltenberg-Formation ist die obere Formationsgrenze mit Abnahme der vorherrschenden Sandkorngröße von Grob- zu Mittel- bis Feinsand verbunden (Kap. 6.5.1). Da der Ecksche Geröllsandstein hier oft nur sehr wenige Gerölle enthält, ist deren Ausbleiben in der Miltenberg-Formation als Abgrenzungskriterium nicht geeignet. In den untersten Metern der Miltenberg-Formation kann allerdings ebenfalls noch aufgearbeiteter Grobsand auftreten, bildet dort aber eine nur untergeordnete Beimischung.

Hangendes: Im Schwarzwald und südlichen Kraichgau Vogesensandstein-Formation, im nördlichen Kraichgau, Odenwald und Main-Tauber-Gebiet Miltenberg-Formation.

Mächtigkeit: Im Nordschwarzwald bis über 70 m, nach Süden abnehmend und südlich Schramberg auskeilend. Im Kraichgau ebenfalls 60–75 m. Im Odenwald und Main-Taubergebiet bis über 90 m mächtig (Kap. 6.5.1).

Gesteinsausbildung (generell): Wechselnd geröllführende Grobsandsteine mit auffallend guter Kornrundung der Grobsand-Fraktion (Abb. 37; im Odenwald in Teilen der Grobsand-Fraktion), eingeschaltet Mittel- und Feinsandsteine, Tonsteine und Tonschluffsteine. Gerölle überwiegend Quarzgesteine, daneben besonders im Schwarzwald häufig auch Feldspat führende Kristallingesteine. Die Rundung der Kiesfraktion ist auch innerhalb einzelner Bänke variabel von kantengerundet bis gut gerundet. Gelegentlich werden umgelagerte Windkanter gefunden (z.B. Regelmann 1911, Kessler & Leiber 1980; Abb. 37). Verfestigung stark schwankend von mürbe bis sehr hart. Die Schüttungskörper der Sandsteine sind meist ein bis mehrere Meter mächtig und teilweise von zentimeter- bis mehrere Dezimeter mächtigen Tonschluffstein-Lagen getrennt. Einzelheiten s. Kap. 5.2. Zur Ausbildung in Odenwald und Main-Tauber-Gebiet s. Kap. 6.5.1.

Gliederung: Im Schwarzwald lässt sich fast überall ein unterer, geröllärmerer Eck-Grobsandstein vom oberen, geröllreichen Eck-Konglomeratsandstein unterscheiden. Der Übergang erfolgt in unterschiedlichen Niveaus im Gesamtprofil und dürfte einen diachronen Fazieswechsel darstellen. Im Kraichgau werden nach Norden zunehmend die liegenden Teile des Eck-Grobsandsteins von Mittel- bis Feinsandsteinen des Heigenbrücken-Sandsteins ersetzt, während der Eck-Konglomeratsandstein im nördlichen Kraichgau durch Abnahme der Geröllführung in den Eckschen Geröllsandstein des Odenwalds übergeht (s. Kap. 6.5.1).

Fossilführung: Fossilien sind ausgesprochen selten. In Tonsteinlagen der Unteren Eck-Formation fanden Riek (1931) und Leiber (1970) in zwei verschiedenen Aufschlüssen bei Bad Griesbach Conchostraken. Das Material ist heute größtenteils verschollen. Wenige kleine Conchostraken auf zwei Belegstücken zu Leiber (1970) in der Sammlung des LGRB sind zu schlecht erhalten für eine taxonomische Einordnung. Im Geröllbestand findet sich selten aufgearbeitetes Kieselholz aus dem Permokarbon. Das von Schoch (2011) angegebene Unterkieferfragment eines temnospondylen Amphibiums von Altensteig dürfte aus der höheren Vogesensandstein-Formation stammen, da die

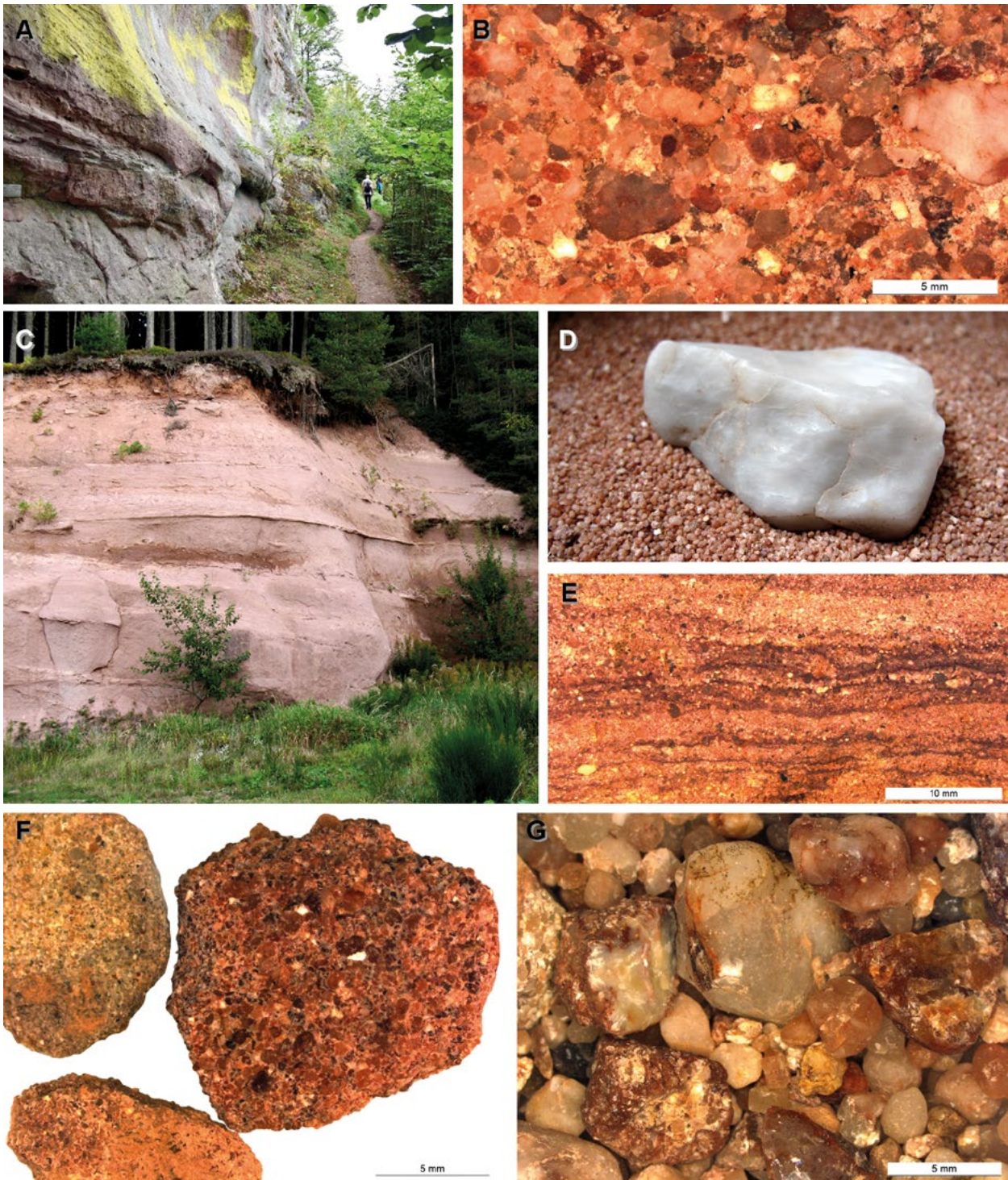


Abb. 37: Aufschlussbilder der Eck-Formation. **A.** Felswand aus Sandsteinen und Geröllsandsteinen am Geologischen Pfad bei Schramberg (Foto K. Rilling). Die wechselhafte Verfestigung der Sandsteine wird durch vorspringende und ausgewaschene Partien deutlich (hellgrün: rezenter Algenbewuchs). **B.** Feinkiesiger Grobsandstein, Grobsand überwiegend gut bis sehr gut gerundet, Herrenwies bei Forbach. **C.** Wenig verfestigte geröllarmen Sandsteine mit horizontalen Deflationsflächen, über denen die Basis der nächsten Sandsteinbank etwas stärker zementiert ist und an der abgespülten Aufschlusswand ein horizontales Gesims bildet, Obersteinhalden (Gemarkung Sankt Georgen-Brigach, BO7815-511). **D.** Windkanter aus Quarzgeröll, Reutiner Berg bei Alpirsbach. **E.** Grobsandiger Mittelsandstein mit horizontaler Feinschichtung, Bachriss unterhalb der Sophienruhe, BO7515-87 Griesbach. **F–G.** Bohrgut aus der Eck-Formation: F: Grob- und Mittelsandsteine, BO7318-2935 Effringen, G: Geröllsandstein, BO7515-333 Rippoldsau.



Eck-Formation im genannten Fundgebiet nach den Bohrbefunden mehr als 90 m unter der Talsohle liegt.

Alterseinstufung: Bisher keine direkte Datierung. Nach lithostratigraphischer Korrelation wird die Eck-Formation mit dem unteren Teil der Calvörde-Formation im Alter gleichgesetzt (Folge s1, frühes Indusium).

Ältere Abgrenzungen und Namen: Die Häufung von Konglomeraten „in den oberen, wie in den unteren Lagen des Quarzsandsteins“ (Bach 1869: 8), also nicht nur über, sondern auch unter dem badischen Bausandstein, wurde bereits früh angemerkt (Paulus 1866a, 1875a). Eine erste Beschreibung als spezifischer geologischer Horizont („Conglomerat mit Geröllen krystalliner Gesteine“) erfolgte durch Eck (1875, 1884, 1892), woraufhin das ‚untere Konglomerat‘ (E. Fraas 1894) bzw. der ‚Untere Konglomerat-Horizont (Eck’sches Konglomerat)‘ (E. Fraas 1897) als eigene Schicht etabliert war. In der Geologischen Karte 1:25 000 von Baden-Württemberg (und dessen Vorgängerstaaten) durchgehend als eigene Kartiereinheit ausgewiesen, oft mit mehreren Namen zugleich: ‚Eck’sche Geröllschicht‘ (Sauer 1894, Schalch 1895, Thürach 1897, A. Schmidt 1909, 1935), ‚Eck’scher Geröllhorizont‘ (Sauer 1894, 1897, 1898, 1899, Regelmann 1907, 1913, 1919, 1934, M. Schmidt 1906, 1908, Klemm 1929, 1933, Freudenberger 1990), ‚Eck’sches Geröllniveau‘ (Schalch 1895), ‚Eck’sches Konglomerat‘ (E. Fraas 1897, Schalch 1897, 1899, Thürach 1901, Bräuhäuser & Schmidt 1908, Bräuhäuser 1909, A. Schmidt 1914, Hasemann 1928, 1930, 1934, Bilharz 1934, Frank 1934, 1936a, Groschopf & Schreiner 1980), ‚Unterer Konglomerathorizont‘ (Thürach 1897), ‚Unteres Konglomerat‘ (M. Schmidt 1906, 1908, Regelmann 1907, 1913, 1919, Bräuhäuser & Schmidt 1908, Bräuhäuser & Sauer 1909, A. Schmidt 1909, 1935, Regelmann 1934, Regelmann & Bräuhäuser 1935, Frank 1934, 1936a), ‚Unterer Geröllhorizont‘ (Thürach 1918, Bilharz 1934, Hasemann 1934), Eck’scher Horizont (Bilharz 1934), ‚Eck’sches Gerölllager‘ (Regelmann 1935), ‚Eck’sches Konglomerat‘ (Brill 1933, Hüttner & Wimmenauer 1967), ‚Eck’scher Horizont‘ (Kessler & Leiber 1980, 1994, Wolff 1988), ‚Eck-Formation‘ (LGRB 2003, Keßler 2009). Kartenkürzel: smc1; c1; sm,c1; suE.

6.4.2 Vogesensandstein-Formation

Name: Abgeleitet von der französischen Bezeichnung ‚Grès de Vosges‘ (Elie de Beaumont 1827/1828) und auf den Schwarzwald übertragen durch Alberti (1834).

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheit: Alberti (1834), noch ohne Abgrenzung der Eck-Fm.

Typusgebiet (rechtsrheinisch):

Nordschwarzwald und südlicher Kraichgau.

Typusprofil: Bohrung Ensingen E15 (BO7019-2042: 458,75–710,12 m u. A.; Simon et al. 2013), aufbewahrt am LGRB Freiburg (Abb. 38 a+b).

Referenzprofil: Bohrung Kraichgau 1002 Gemmingen (BO6819-83: 296,70–601,00 m u. A.; Junghans 2003).

Verbreitung: Das Ausstrichgebiet erstreckt sich vom Dinkelberg (um Lörrach) über den Schwarzwald in den südlichen Kraichgau (um Karlsruhe) und vom nördlichen Kraichgau (um Nußloch) in den südlichen und südöstlichen Odenwald, wo zwischen Eberbach und Buchen der Übergang in die Main-Fazies des Mittleren Buntsandsteins erfolgt (Kap. 6.5.3). Aus Bohrungen ist die Einheit auch aus dem Untergrund des südöstlich anschließenden Schichtstufenlands bekannt. Die nördliche bzw. östliche Verbreitungsgrenze lässt sich nach den Bohrbefunden etwa mit der Linie Mudau–Mosbach (Neckar)–Lauda umreißen. Die südöstliche Verbreitungsgrenze gegen das Vindelizische Hochland verläuft nach den Bohrbefunden etwa vom Nordwestende des Bodensees zum Nördlinger Ries. Auch im Südschwarzwald keilt die Formation nach Süden örtlich aus und beschränkt sich im Hochrheingebiet auf die Heidenstein-Subformation in lokalen Paläo-Talfüllungen. Auf den Hochlagen dazwischen liegt Oberer Buntsandstein auf Perm oder Grundgebirge. Der Formation entspricht linksrheinisch der Grès de Vosges der Vogesen (ohne das Conglomerat inférieur / Conglomerat d’Eck, das dort von manchen Autoren hinzugezählt wird). Nach Norden wird die in den mittleren Vogesen noch dem Schwarzwald recht ähnliche Ausbildung von der faziell stärker differenzierten Pfälzischen Fazies, wobei hier neben fluvialen verstärkt auch äolische Ablagerungen auftreten (LGB-RLP 2005).

Liegendes: Im Odenwald und nördlichen Kraichgau sowie Hohenlohe (untertägig) wird der tiefere Teil der Abfolge faziell durch die Miltenberg-Formation vertreten, die damit das Liegende der Vogesensandstein-Formation bildet (s. Kap. 6.5.2). Im südlichen bis mittleren Kraichgau und Nordschwarzwald sowie im Zentralschwarzwald nördlich etwa Villingen-Schwenningen und Freiburg i. Br. bilden die geröllführenden Grobsandsteine der Eck-Formation (mit Grundgebirgs-Geröllen) das Liegende. Südlich der Donau fehlt die Eck-Formation im Liegenden und die Schlißkopf-Geröllsandstein-Sub-

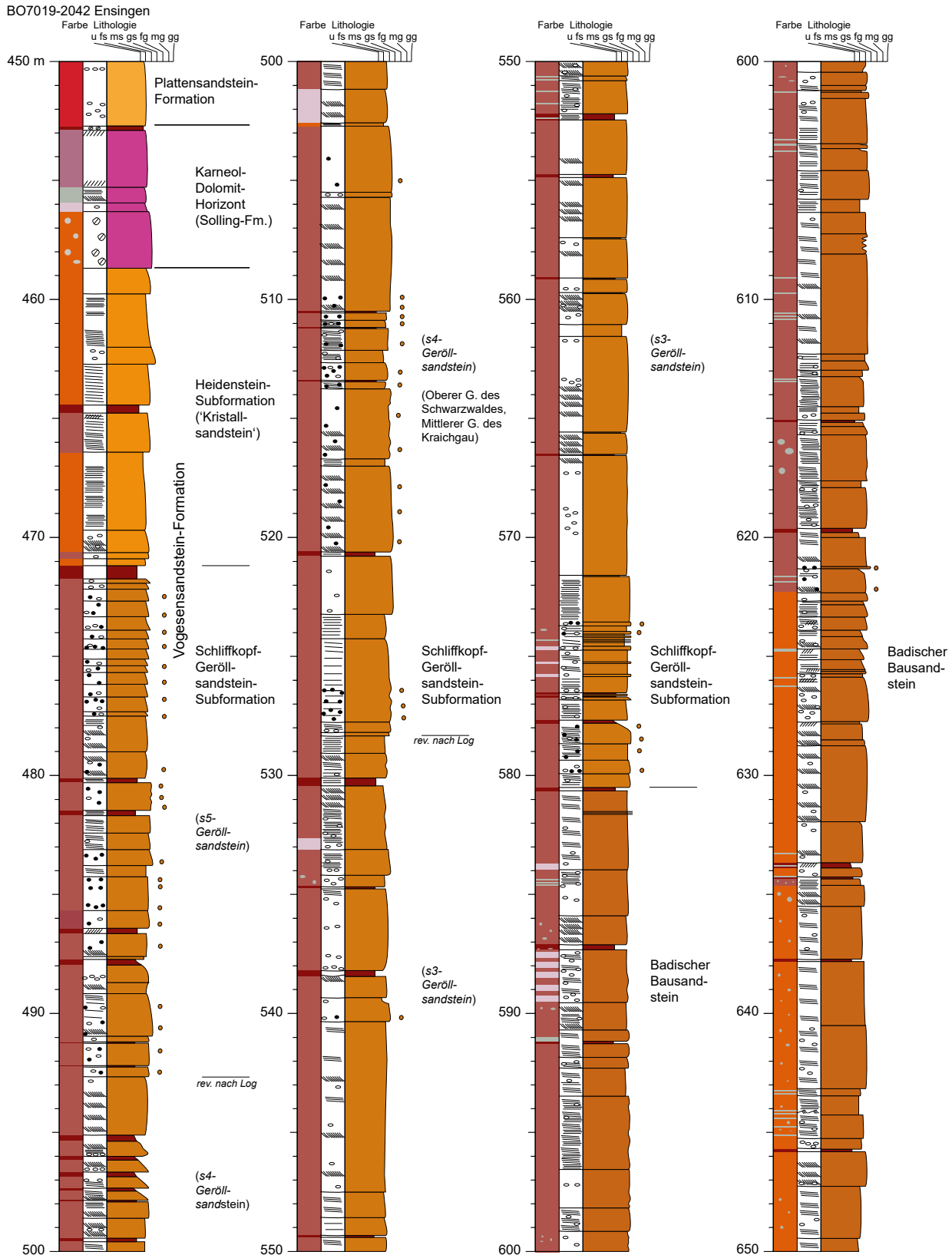


Abb. 38a: Typusprofil der Vogesensandstein-Formation im Bohrkern BO7019-2042 Ensingen (E 15), umgezeichnet nach Simon et al. (2013). Der Farbwechsel von rotbraun zu rotviolett bei 622,33 m fällt mit einem Bearbeiterwechsel bei der Profilaufnahme zusammen und ist daher möglicherweise beobachterbedingt.

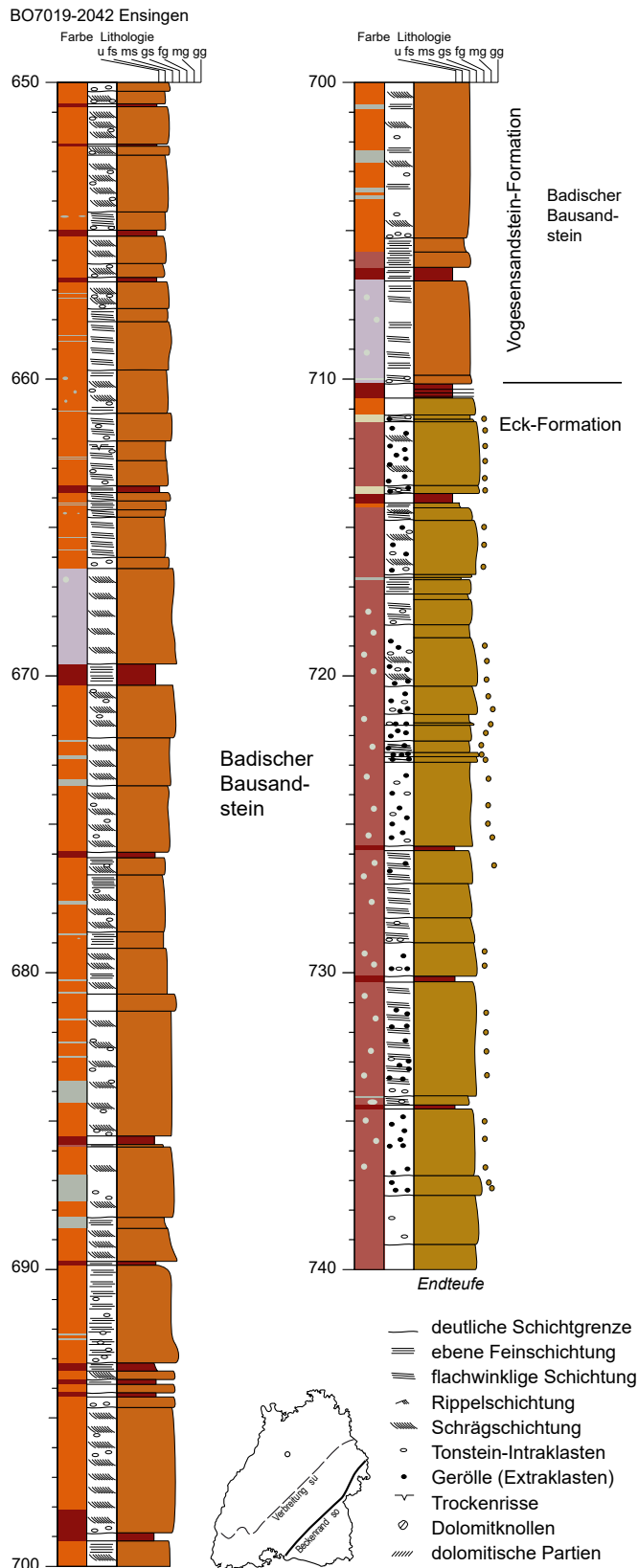


Abb. 38b: Fortsetzung von Abb. 38a

formation der Vogesensandstein-Formation liegt unmittelbar auf dem Kristallinen Grundgebirge oder, in den Weitenauer Vorbergen, auf permischen Arkosen und Feinsedimenten (Rotliegendes) oder sehr schlecht sortierten lithisch-feldspatreichen, wahrscheinlich spätpermischen Sandsteinen des Burgundischen Beckens (Weitenau-Formation, vgl. Nitsch & Zedler 2008, Nitsch et al. 2017). Örtlich bilden Karbonat-Karneol-Krustenbildungen in der anstehenden Verwitterungszone des Grundgebirges das Liegende der dann allein ausgebildeten Heidenstein-Subformation. Im Gebiet der Mittleren Schwäbischen Alb und in deren Vorland zeigen die Bohrungen Urach 3 BO7422-79 und Albershausen BO7323-3 eine direkte Auflagerung auf sandigen Dolomitsteinen der Kirnbach-Formation, wobei die Eck-Formation und wahrscheinlich der tiefere Teil der Vogesensandstein-Formation offenbar diskordant fehlen (Beil. 10).

Basis: Die ersten Sedimente der Vogesensandstein-Formation sind im Südschwarzwald, über Kristallin oder Perm, meist mehr oder weniger geröllführende Grobsandsteine, örtlich grobsandige Konglomerate. Anders als in den weiter nördlich verbreiteten Geröllsandsteinen der Eck-Formation treten Feldspat führende Grundgebirgsgerölle (Granit, Granophyr, Gneis) nur sehr untergeordnet auf, während quarzreiche Gerölle (Gangquarz, Hornstein und Lydit, Quarzit, örtlich alterierter Quarzporphyr) vorherrschen. In Meißelbohrungen kann die Basis durch reichlich Sandstein-Nachfall verschleiert sein, ist aber dennoch häufig am verstärkten Auftreten von kantigen Feldspat-Splintern und Glimmern aus dem Kristallin oder permischen Sedimenten zu erkennen.

Zwischen Villingen-Schwenningen und Schramberg setzt die Vogesensandstein- über der Eck-Formation mit Geröllsandsteinen ein, in denen Feldspat führende Kristallingerölle meist fehlen oder selten sind. Der Wechsel ist häufig begleitet von einem Wechsel geringer oder karbonatischer Zementation in der Eck-Formation zu kieseliger Zementation der Sandsteine darüber. In Meißelbohrungen ist diese Grenze allerdings oftmals schwierig zu ziehen, selbst benachbarte Profile wurden bisher teilweise stark unterschiedlich gegliedert. Der Grund liegt einerseits in einem durch Rinnen und Kolke unebenen Erosionsrelief zwischen beiden Formationen, wie es von Hennig (1923: 56) und Riek (1931: 102) in Aufschlüssen beobachtet wurde, andererseits und örtlich auch (durch diese Erosion bedingt) im etwas häufigeren Auf-

treten von Kristallingeröllen in diesem randnahen Faziesbereich der Vogesensandstein-Formation. Letztere können teilweise als aufgearbeitet aus der darunter teilweise erodierten Eck-Formation aufgefasst werden.

Weiter nördlich im Schwarzwald und im südlichen Kraichgau zeigt sich der Wechsel von der Eck-Formation zur Vogesensandstein-Formation in mehreren Gesteinsmerkmalen. Generell folgen auf die überwiegend mürben, schwach verfestigten kiesigen Grobsandsteine der Eck-Formation weitaus besser verfestigte, oft kieselige Grob- oder Mittelsandsteine des Badischen Bausandsteins. Die Geröllführung nimmt im Badischen Bausandstein stark ab oder setzt aus. Auch wo (lokal) in der tieferen Vogesensandstein-Formation geröllführende Sandsteine auftreten, beschränkt sich der Geröllbestand auf Quarz-, Quarzit- und Hornstein-/Lydit-Gerölle. Grobsande von mehr als 1 mm Korngröße, in der Eck-Formation noch fast allgegenwärtig, treten in der Vogesensandstein-Formation stark zurück und fehlen im Badischen Bausandstein meist ganz. Lokal kann die Abgrenzung innerhalb weniger Meter schwierig werden, wenn die höhere Eck-Formation relativ geröllarm ausgebildet ist oder darin gehäuft Mittelsandsteine auftreten oder wenn der Badische Bausandstein lokal stärker geröllführend ist („Rudersberg-Fazies“, vgl. Anhang 1). In Meißelbohrungen erscheint die Grenze von der hangenden Vogesensandstein- in die liegende Eck-Formation oft deutlich durch einen Wechsel von eher rotbraunen zu mehr violettroten Farben des Bohrguts, dem verstärkten Auftreten sehr gut gerundeter grober Grobsandkörner und dem (nach unten) ersten Auftreten von Granit- und Gneisgeröllen (bzw. deren Bruchstücken) in der Probenabfolge. In Kernbohrungen und Aufschlüssen sollte die Grenze dabei methodisch einheitlich stets an der Basis einer Sandstein- oder Geröllsandstein-Bank (bzw. -Rinnenfüllung) gezogen werden und nicht, wie in älteren Profilaufnahmen gelegentlich geschehen, innerhalb einer gradierten Geröllsandstein-Sandstein-Bank oder am Übergang in einen darüber liegenden Tonschluffstein.

Im Verbreitungsgebiet der Miltenberg-Formation (Kap. 6.5.2), im nördlichen Kraichgau, Odenwald und Hohenlohe, setzt die grobsandige Fazies der Vogesensandstein-Formation stratigraphisch höher ein. Die Grenzziehung erfolgt mit dem Einsetzen der ersten Grobsand-Einträge über den fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen der Miltenberg-Wechselfolge. Dabei sind gelegentlich schwach Grobsand führende Mittelsandsteine an der Basis der Vogesensandstein-Formation ausgebildet, die zunächst wie eine „Übergangszone“ erscheinen. Sie können auf aufgearbeitetes Material

der Miltenberg-Formation zurückgeführt werden, das mit dem neu hinzugekommenen, dabei teilweise sehr gut gerundeten Grobsanden vermischt ist. Die Basis der Vogesensandstein-Formation lässt sich im Odenwald auch in diesen Fällen mit dem Einsetzen der Grobsandschüttung ziehen und dürfte hier der Grenze zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein der Beckenfazies entsprechen (vgl. Kap. 7). In Bohrungen im mittleren Kraichgau und in Hohenlohe kann die Grenzziehung jedoch durch eine Faziesverzahnung der fein- bis mittelkörnigen Schüttungen der Miltenberg-Formation und der grobsandigen Schüttung des Badischen Bausandsteins erschwert werden, weshalb hier die Vogesensandstein-Formation gebietsweise tiefer einsetzen kann als im Odenwald.

Obergrenze: An der Obergrenze der Heidenstein-Subformation ist meist der Karneoldolomit-Horizont smVH2 ausgebildet, der hier formal in die Solling-Formation gestellt wird (vgl. Kap. 6.4.3 und 6.5.4). Darüber folgt die Plattensandstein-Formation, die diskordant auch unmittelbar auf die Heidenstein-Subformation folgen kann. Im Nordschwarzwald und Kraichgau ist beim Vergleich von Heidenstein-Subformation und Plattensandstein-Formation eine Abnahme der Kornrundung in der Mittelsand-Fraktion erkennbar (überwiegend mäßig gerundet in der Heidenstein-Subformation, schlecht gerundet bis kantengerundet in der Plattensandstein-Formation). Im Südschwarzwald treten auch an der Basis der Plattensandstein-Formation Grobsandsteine, im Hochrheingebiet auch Geröllsandsteine auf, über denen weitere Violette Horizonte auftreten können, weshalb bei der Identifizierung des smVH2-Niveaus ein Bezug zu Referenzprofilen hilfreich ist.

Hangendes: Karneoldolomit-Horizont smVH2 der Solling-Formation oder Plattensandstein-Formation.

Mächtigkeit: Im Odenwald und Kraichgau bis über 300 m, nach Süden generell abnehmend (Nord- und Zentralschwarzwald ca. 250–100 m, Südschwarzwald <100, teils <50), im Hotzenwald und Hochrheingebiet auskeilend.

Gesteinsausbildung (generell): Grobsandsteine im Wechsel mit Mittel- und Feinsandsteinen in dezimeter- bis mehrere Meter mächtigen Schüttungskörpern, teilweise mit Tonschluffstein-Zwischenlagen im Zentimeter- bis Dezimeterbereich. Der Anteil der Grobsandsteine an der Gesamtmächtigkeit ist in verschiedenen Profilen sehr unterschiedlich, von vorherrschend bis stark zurücktretend in überwiegend mittelsandigen Abfolgen. Seltener sind bis mehrere Meter mächtige



Feinsedimente (Schluffsteine, Tonschluffsteine, Tonsteine, teils sandig oder glimmerführend) eingeschaltet. Geröllführung durchgehend möglich, im unteren Bereich schwach und gebietsweise fehlend, oben zunehmend. Die Gerölle sind mäßig bis sehr gut gerundet, in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation finden sich im Schwarzwald vereinzelt und in kleinräumig stark wechselnder Häufigkeit umgelagerte Windkanter. Kornrundung der Grobsandfraktion besonders in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation mit hohem Anteil gut bis sehr gut gerundeter Körner, die in der Heidenstein-Subformation zurücktreten und aussetzen. Mittelsand meist mittelmäßig bis gut gerundet, was allerdings durch syntaktisch aufgewachsene Kristallflächen verschleiert sein kann. Auch hier nimmt die beste Rundung in der Heidenstein-Subformation gegenüber dem Liegenden etwas ab. Farben rotbraun bis hellrot, lagenweise grauweiß, gelblich, braun, rotviolett. Kräftig grauviolette bis violettgraue Farben erschienen regelmäßig nur im oberen Abschnitt (ab Violetter Horizont smVH1), in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation sehr selten lokal in einzelnen Lagen. Verbreitet rundliche sandige Karbonatkonglomerationen, im oberen Abschnitt (ab Violetter Horizont smVH1) lagenweise Dolomitkrusten mit oder ohne Karneolführung, teilweise als metermächtige massive Dolomitsteinbänke.

Gliederung: Die Vogesensandstein-Formation wird in drei Subformationen gegliedert: den bis über 150 m mächtigen Badischen Bausandstein im Liegenden, die bis 150 m mächtige Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation darüber und die meist 10 bis 25 m mächtige Heidenstein-Subformation im Hangenden (vgl. unten und Kap. 8.4 bis 8.9). Der **Badische Bausandstein** (Abb. 39) entspricht dabei dem früher als ‚geröllfreier Mittlerer Buntsandstein‘ bezeichneten Abschnitt, ist jedoch nicht überall ganz frei von Geröllen (Kap. 8.4). Das Einsetzen stärkerer Geröllführung ist an kein bestimmtes stratigraphisches Niveau gebunden, sondern eine Faziesgrenze, deren Abstand zu Basis oder Dachfläche der Formation kleinräumig um mehrere zehn Meter schwankt (Abb. 40, 41). Da dieser Unterschied insbesondere für die Rohstoffnutzung von Bedeutung ist, wird der Teil der Formation, in dem Geröllsandsteine regelmäßig auftreten, als **Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation** abgegrenzt (Abb. 42; Kap. 8.7). Während der Faziesübergang vom Badischen Bausandstein in die Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation nicht horizontbeständig ist, erfolgt an der Grenze von der Geröllsandstein- zur Heidenstein-Subformation ein erkennbarer Wechsel der Sedimentationsbedingungen, der nach der Korrelation der Bohrlochmessungen mit einer Diskordanz verbun-

den sein dürfte (Beil. 9 bis 11). Im Grenzbereich ist verbreitet ein Horizont kondensierter und pedogen überprägter Sedimente (Violetter Horizont smVH1), örtlich ein mehrere Meter mächtiger toniger Abschnitt ausgebildet. Darüber, bzw. über einer Erosionsfläche, an der der Violette Horizont smVH1 ausfällt, ist in der **Heidenstein-Kristallsandstein-Subformation** (Abb. 45) die Kornrundung insbesondere der Grobsandfraktion merklich schlechter, kugelige Grobsandkörner treten nur noch untergeordnet in den untersten Metern auf.

Fossilführung: Aus dem Badischen Bausandstein und der Geröllsandstein-Formation sind vereinzelte Funde von Conchostraken bekannt geworden (M. Schmidt 1905, Riek 1931: 78, 93, 151), mehrfach auch in der Heidenstein-Subformation (Riek 1931: 143, 144, 146) und aus Tonsteinen im smVH2-Horizont (Riek & Lebküchner 1928). Das Material ist verschollen und daher einer Neubearbeitung nicht zugänglich. In einem Sandstein-Block unterhalb des Ausstrichs der Geröllsandstein-Formation fand E. Fraas (1904) eine Lungenfisch-Zahnplatte von *Ceratodus priscus*, deren genauer stratigraphischer Horizont sich aufgrund der Fundumstände nicht mehr rekonstruieren ließ.

Im Schwarzwald, Kraichgau und Odenwald wurden mehrfach Reste und ganze Schädel von temnospondylen Amphibien („Labyrinthodonten“) gefunden. Labyrinthodonten-Reste von Calw (O. Fraas 1863, Bach 1869, Regelman 1919) dürften aus der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation stammen. Der von E. Fraas (1901) beschriebene Abdruck eines Schädelfragments in Grobsandstein aus Teinach stammt aus dem Blockschutt des Talhanges und daher wahrscheinlich ebenfalls aus der höheren Vogesensandstein-Formation, ebenso der von Schoch (2011) beschriebene unbestimmbare Stereospondylen-Rest von Altensteig, da die dafür angegebene Eck-Formation im Fundgebiet nicht ansteht. Auch von anderen Fundorten wurden Labyrinthodontenreste bekannt (z. B. Thürrach 1918, Riek & Lebküchner 1928, Körner 1934, Leiber 1977a), darunter auch *Odenwaldia heidelbergensis* Morales & Kamphausen (1984) aus Waldkatzenbach (W. Simon 1961, Schoch 2008). Ein fast vollständiger Schädel von *Meyerosuchus fuerstenbergianus* (Meyer 1855) [= *Trematosaurus* oder *Capitosaurus fuerstenbergianus*, *Parotosaurus semiclausus*] stammt aus der Heidenstein-Subformation von Herzogenweiler (Edinger 1937, Schoch 2011).

Häufiger ist die Fossilführung im Paläoboden-Komplex smVH1 und in der Heidenstein-Subformation. Hier fanden sich oftmals „Knochenbetten“ (Riek 1931) aus vivianitisierten Knochenresten und



Abb. 39: Aufschlussbilder des Badischen Bausandsteins. **A.** Bohrkern der Bohrung Ensingen (BO7019-2042: 692–696 m, Fotos O. Wendt), Wechsel von Mittel- und Grobsandsteinen mit geringmächtigen Tonschluffstein-Zwischenlagen, aus denen auch Intraklasten aufgearbeitet in den Sandsteinen liegen. **B.** Ehemalige Steinbruchwand in amalgamierten Rinnensandsteinen des Badischen Bausandsteins, oben stellenweise geröllführend (Übergang in Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation) bei Heimbach unweit Emmendingen. **C.** Lössig ausgewitterter „Kugelsandstein“, Felsen am Reutiner Berg bei Alpirsbach. **D.** Bankige Rinnensandsteine mit seitlich auskeilenden Resten von Feinsedimenten unter der Rinnenbasis, ehem. Steinbruch bei Loßburg unweit Freudenstadt. **E–F.** Bohrgut aus dem Badischen Bausandstein (Gesteinsbruchstück und aufgebohrter Sand), Bohrung Peterstal (BO7515-331, 14 m).

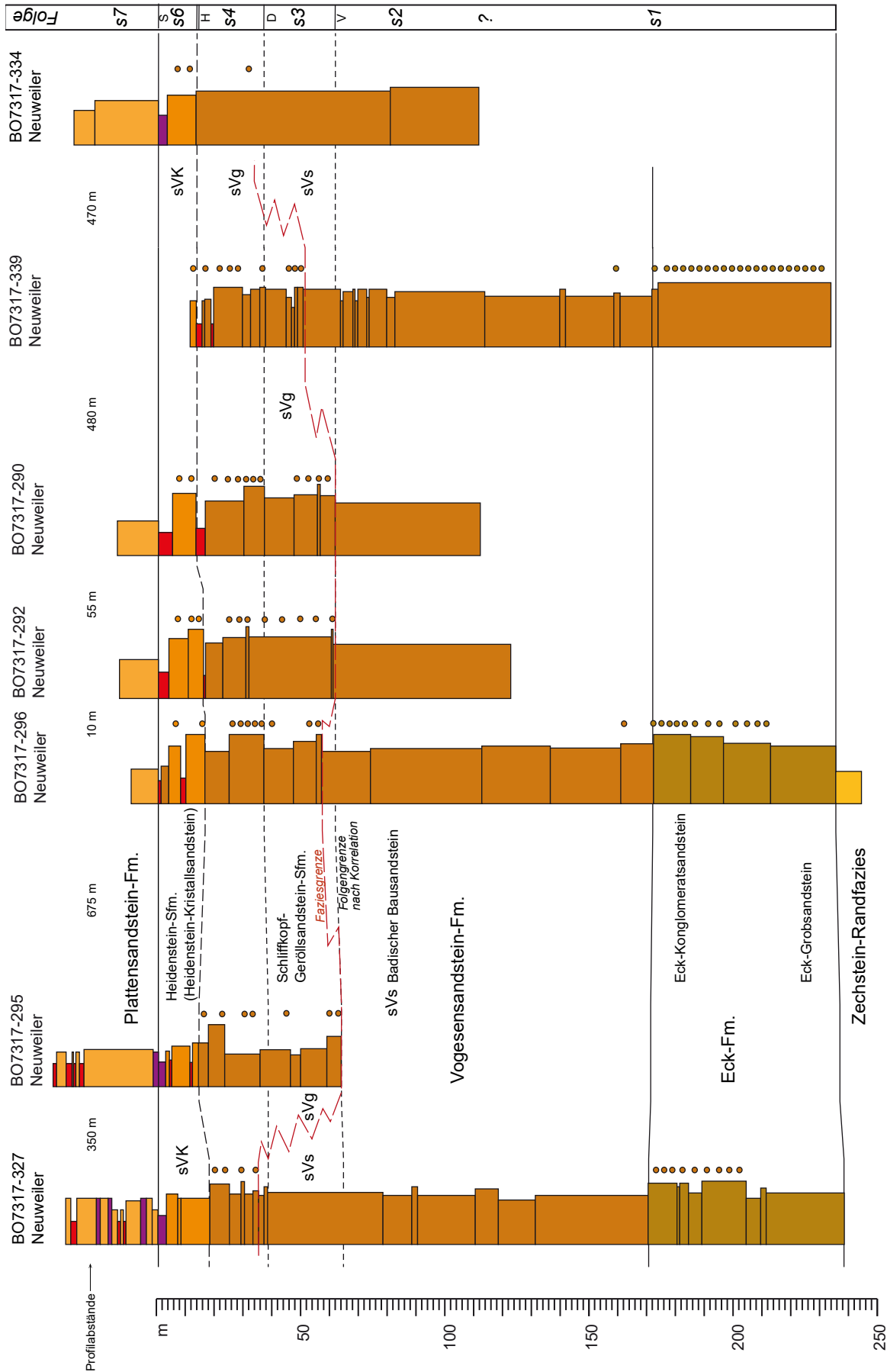


Abb. 40: Profile der Vogesensandstein-Formation aus Neuweiler, Kreis Calw. Die direkte Entfernung zwischen dem südwestlichsten (links) und dem nordöstlichsten Profil (rechts) beträgt 1,4 km. Der Badische Bausandstein ist in einzelnen Profilen lagenweise geröllführend, was die Abgrenzung zur Eck-Formation erschwert. Die Geröllführung der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation setzt auf kurze Distanzen in unterschiedlichen Niveaus ein. Wahrscheinliche Lage der Foliegrenzen nach der regionalen Korrelation (Beil. 2 und 5) lässt sich aus lithologischen Kriterien einzelner Profile nicht ableiten.

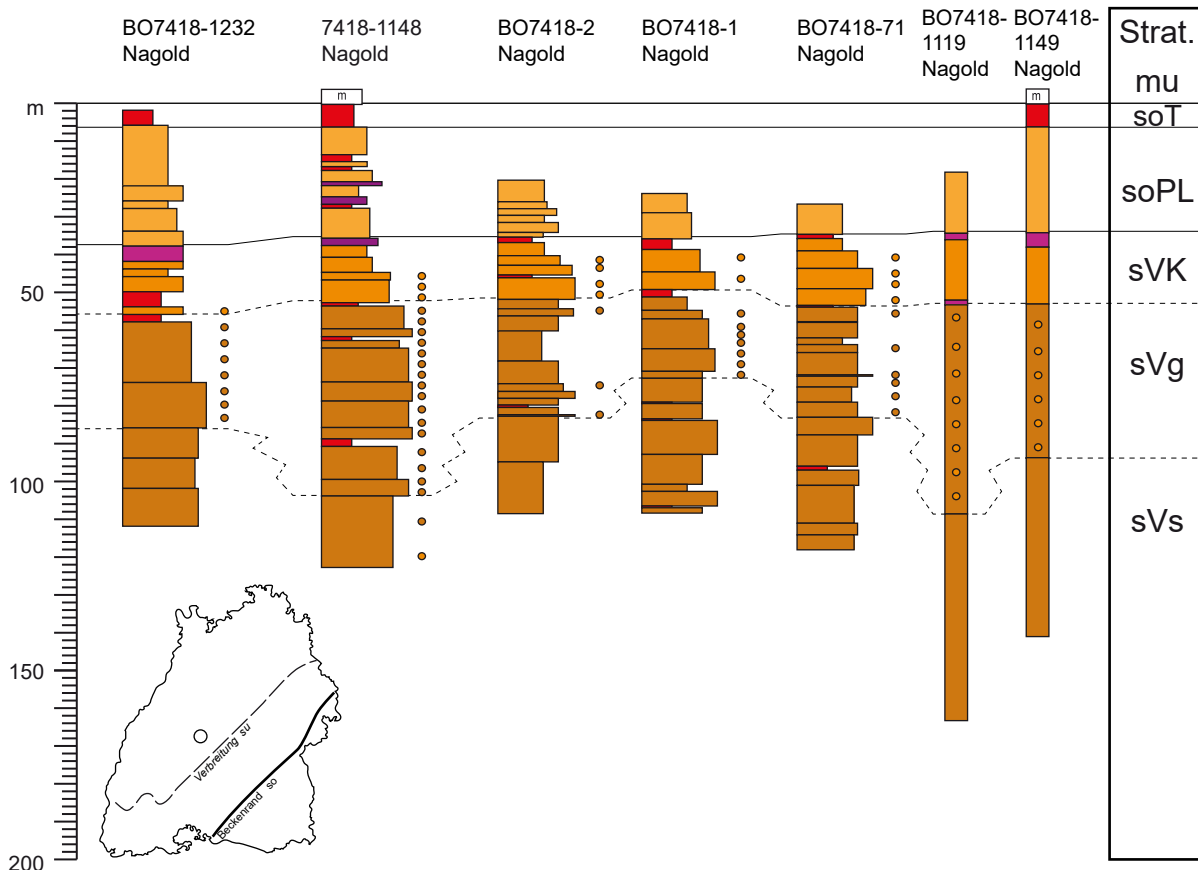


Abb. 41: Profile aus der höheren Vogesensandstein-Formation im Gebiet der Gemarkung Nagold. Die durch das Einsetzen stärkerer Geröllführung definierte Grenze zwischen Badischem Bausandstein (sVs) und Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (sVg) liegt in den eng benachbarten Bohrungen in um bis zu 30 m unterschiedlichen Niveaus. Die Basis der Heidenstein-Subformation zeigt dagegen nur ein flaches Erosionsrelief von wenigen Metern. Der Karneoldolomit-Horizont smVH2 ist in mehreren Bohrprofilen nur durch eine farblich unauffällige Tonschluffstein-Lage vertreten.

Zähnen von Labyrinthodonten sowie Arthropodenfährten (Übersicht und Literatur bei Ortlam 1967). Riek & Lebküchner (1928) bildeten Fährten eines höchstens rattengroßen Tetrapoden und Arthropodenfährten ab, darunter die Spur eines Pfeilschwanzkrebsses (dort Fig. 12; *Kouphichnium* [= *Limuludichnus* bei Linck 1943]; auch erwähnt bei Riek 1931:146). Weiteres Sammlungsmaterial mit Arthropodenfährten, wahrscheinlich aus demselben Aufschluss, beschreibt Linck (1943). Die Spurenfossilien dürften aus einem ähnlichen Fundhorizont im höheren Heidenstein-Kristallsandstein stammen wie die von Bräuhäuser (1909, 1910, 1933) und von M. Schmidt (1911) beschriebenen Fährten (mit Druckfehler „unterem“ statt „oberem“ Buntsandstein; gemeint war wohl „unterer Plattensandstein“, von dem die Heidenstein-Subformation nicht abgegrenzt war). Weitere, wahrscheinlich procolophonide Tetrapodenfährten aus dem „Mittleren Buntsandstein“ vom Hollmuth bei Bammental beschreibt Gleiter (1992).

Pflanzenreste sind noch seltener als Faunenreste. Riek (1931: 113, 146) nennt eine *Pleuromeia* aus der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation von Ettlingen und eine als *Neuropteris* bestimmten Farnfieder aus der Heidenstein-Subformation von Nagold-Mindersbach, allerdings sind im Paläoboden-Komplex smVH1 ähnlich wie im smVH2 und den Paläoböden der Plattensandstein-Formation örtlich Wurzelspuren anzutreffen, die auf Koniferen und Schachtelhalme zurückgeführt werden (Ortlam 1967, 1974, Dachroth 2009, 2013).

Alterseinstufung: Direkte Alterseinstufungen aufgrund von Fossilfunden liegen bislang nicht vor. Nach lithostratigraphischer Korrelation mit dem Unteren und Mittleren Buntsandstein der norddeutschen Beckenfazies kann eine Einstufung in das Indusium und Olenekium angenommen werden. Über möglichen Umfang und Position von Schichtlücken im Schwarzwald können bislang nur begründete Schlussfolgerungen aufgrund von Profilkorrelationen insbesondere der Bohrlochmessungen angestellt werden (Kap. 8.11). So dürfte die V-Diskordanz (Basis



Abb. 42: Aufschlussbilder der Schliffkopf-Gröbelsandstein-Subformation. **A.** Gröbelsandstein mit Anreicherung von Geröllen entlang von Schrägschichtungsblättern, Schliffkopf bei Baiersbrunn im Schwarzwald. **B.** Schräggeschichteter geröllfreier Grobsandstein, Waldbrunn-Strümpfelbrunn bei Eberbach (Foto T. Huth). **C.** Schwach geröllführende Sandsteine im Kern der Bohrung Ensingen (BO7019-2042: 524–531 m, Hangendes links oben) im Bereich der Folgengrenze s3/s4 (nach Gammalog-Korrelation, über der Tonschluffsteinlage rechts oben). **D.** Grobsandstein mit Bleichungsflecken, überwiegend gut gerundeter Grobsand, Bohrung Ensingen (BO7019-2042, 504,7 m). **E.** Gut bis sehr gut gerundeter Grobsand, Bohrung Wallburg (Ausschnitt aus G). **F–H.** Bohrgut aus der Schliffkopf-Gröbelsandstein-Subformation, F. gut gerundete Grobsand-Körner in mittelsandiger Matrix, BO6620-1500 Mosbach, 121 m; zerbohrter Grobsandstein mit Tonschluffstein-Intraklasten, BO7713-399 Wallburg, 116 m; zerbohrter Gröbelsandstein mit zerschlagenen Geröllen, BO7713-399 Wallburg, 100 m.

Folge s3) sich im Übergreifen der Geröllsandstein-Formation auf die Eck-Formation im südlichen Zentralschwarzwald und schließlich auf Kristallin im Südschwarzwald zeigen, während die H-Diskordanz (Basis Folge s6) für das Auskeilen der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation unter der Heidenstein-Subformation im Südschwarzwald und Hochrheingebiet verantwortlich sein dürfte. Nach Vergleich der verfügbaren Profile und Bohrlochmessungen ist zudem anzunehmen, dass sich Äquivalente der Hardeggen-Formation (Folge s5) nur im Main-Tauber-Gebiet und Odenwald, unter Hohenlohe und im Kraichgau erhalten finden und im Nordschwarzwald diskordant unter dem Heidenstein-Kristallsandstein auskeilen. Dagegen ist die D-Diskordanz (Basis Folge s4) allenfalls im Zentral- und Südschwarzwald schwach ausgebildet und entspräche dann der von Leiber (1996) erwähnten „erosionsdiskordanten“ Basis des dortigen „Hauptgeröllsandsteins“. Wegen der unsicheren Korrelation der geröllführenden Niveaus bleiben diese Korrelationen jedoch vorläufig.

Ältere Abgrenzungen und Namen: ‚Vogesensandstein‘ (Alberti 1834, 1864, Leonhard 1874), ‚Kniebis-Sandstein‘ (O. Fraas 1863), ‚grobkörniger Sandstein‘ (Paulus 1866a, 1868, 1875a), ‚Schwarzwald-Sandstein‘ (einschließlich Eck-Formation und Schattenmühle-Grobsandstein: Vogelgesang 1872), ‚Mittlerer Buntsandstein Bm‘ (Eck 1884a), ‚Hauptbuntsandstein oder Kniebis-Sandstein‘ (Platz 1882). Im Schwarzwald betrachtete man die Vogesensandstein-Formation zusammen mit der Eck-Formation lange als ‚Mittleren oder Hauptbuntsandstein‘ (vgl. Anhang 1). Im Odenwald ist die grobsandige Vogesensandstein-Formation nur als südliche Faziesvertretung des Mittleren Buntsandsteins ausgebildet, die als ‚Oberer Hauptbuntsandstein und Oberes Geröll-Niveau‘ (Andreae 1893), ‚Mittlerer und Oberer Hauptbuntsandstein‘ (Schottler 1908), ‚grobkörniger mürber Hauptbuntsandstein‘ (Erb 1928) bezeichnet wurde. Näheres in den Unterkapiteln.

Badischer Bausandstein (Subformation)

Name: Als ‚Bausandstein-Formation‘ in GLA (1995), zur klareren Unterscheidung von anderen Bausandsteinen im Buntsandstein Deutschlands seit LGRB (2011) ‚Badischer Bausandstein‘.

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheit: Eck (1884a) als geröllfreier Abschnitt zwischen unterem und oberem Geröllhorizont.

Typusgebiet: Nordschwarzwald.

Referenzprofil: Bohrung Ensingen E15 (BO7019-2042: 580,48–710,12 m u. A.; Simon et al. 2013).

Verbreitung (BW): Schwarzwald nördlich etwa St. Georgen und Schramberg, südlicher und mittlerer Kraichgau, dort nach Norden Übergang in Miltenberg-Formation (s. Kap. 8.6). Verbreitung im Untergrund des Schichtstufenlands mangels Aufschlüssen ungenügend bekannt.

Liegendes: Eck-Formation.

Basis: Einsetzen von gut verfestigten Grob- oder Mittelsandsteinen ohne oder mit stark verringerter Geröllführung über den meist mürben Geröllsandsteinen der Eck-Formation. Bei den Geröllern, soweit vorhanden, setzen die Feldspat führenden Gesteine aus. In der Grobsandfraktion ist der Anteil gut bis sehr gut gerundeter Körner geringer als in der Eck-Formation, die Mischung der Rundungsgrade stärker. Die besonders für die Obere Eck-Formation typischen nahezu kugeligen groben Grobsandkörner (bis Feinkies: 2–3 mm) setzen aus. Der Violettschich der Eck-Formation wird häufig von reinem Rotbraun oder Hellrot abgelöst.

Obergrenze: Die Faziesgrenze zur hangenden Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation ist durch das vermehrte Auftreten geröllführender Sandsteine definiert und kann in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus erfolgen. Der Anteil gut bis sehr gut gerundeter Grobsand-Körner am Gesamtbestand nimmt im oberen Abschnitt wieder zu. Der Übergang in Sandsteine mit besserer Kornrundung erfolgt jedoch in unterschiedlichen Profilen in uneinheitlichem Niveau.

Hangendes: Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (Fazieswechsel in unterschiedlichen Niveaus).

Mächtigkeit: Im Kraichgau bis über 150 m, Nordschwarzwald um 100 m, im südlichen Zentralschwarzwald auskeilend.

Gesteinsausbildung (generell): Grobsandsteine im Wechsel mit Mittelsandsteinen und untergeordnet Feinsandsteinen und Schluffsteinen (Abb. 39). Schluff- und Tonschluffsteine erscheinen meist häufiger als Intraklasten in den Sandsteinen als in eigenen Zwischenlagen. Grobsandfraktion gemischt mäßig gerundet und gut gerundet, in manchen Profilen im höheren Teil zunehmender Anteil sehr gut gerundeter Körner, die in anderen Profilen aber auch im tieferen Teil häufig sind (Abb. 43). Mittelsandfraktion mäßig gerundet, vereinzelt gut gerundet. Lagenweise Glimmer führend, besonders in den Feinsedimenten. Neben Hellglimmern kommt lagenweise auch Biotit vor, gelegent-

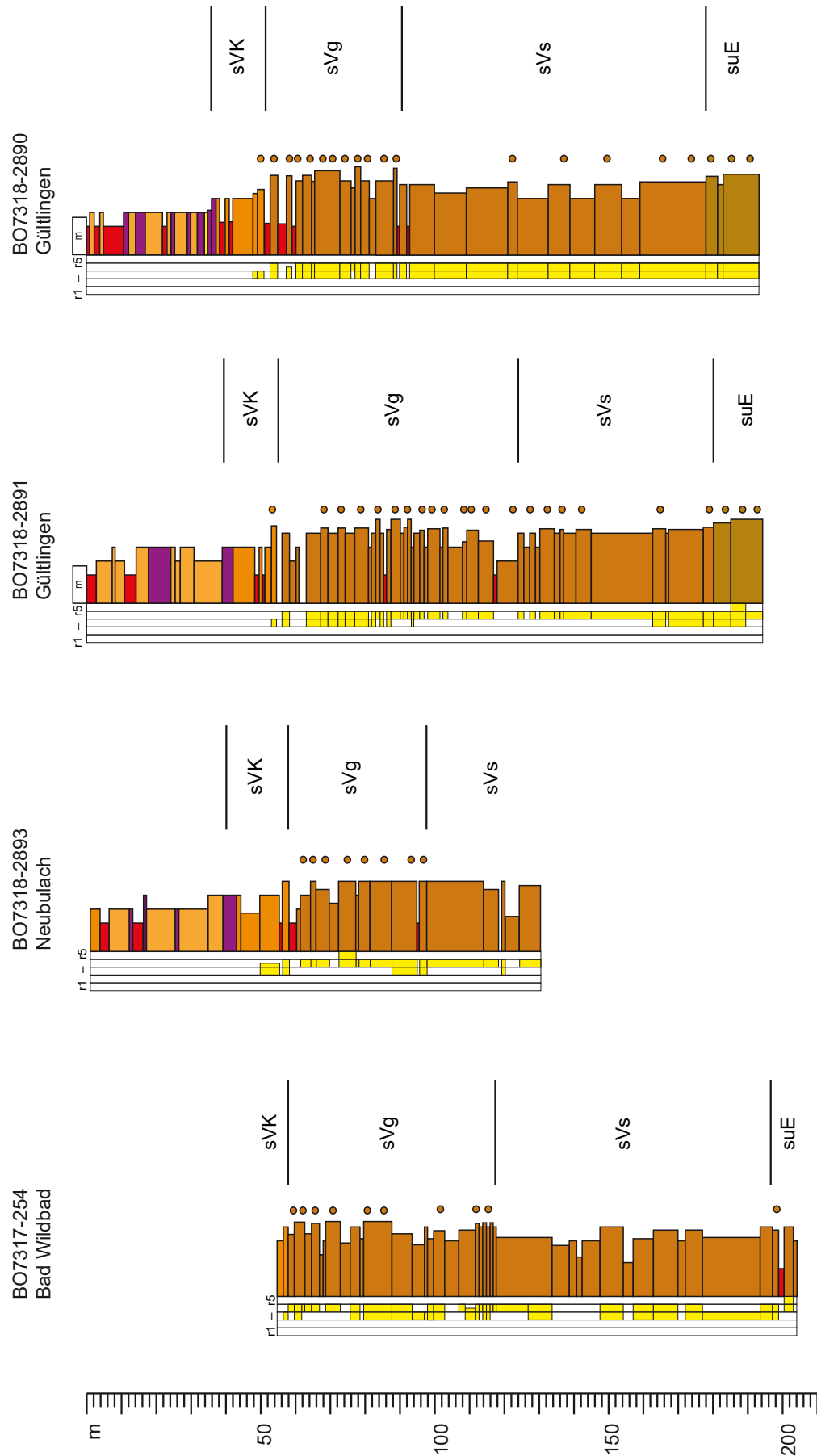


Abb. 43: Kornrundung der Grobsand-Fraktion in Sandsteinen der Vogesensandstein-Formation im Zentralschwarzwald, nach eigenen Aufnahmen (gelb; r1: kantengerundet, r5: sehr gut gerundet, vgl. Abb. 32; Lücken: keine Grobsandfraktion). Die Grobsande stellen überwiegend Mischungen aus mäßig und gut gerundeten Körnern dar, mit Abschnitten, in denen jeweils eine der Komponenten vorherrscht. In der Heidenstein-Subformation nimmt der Anteil gut gerundeter Körner über der Basis rasch ab. Die nach deutlicher Geröllführung bestimmte Grenze zwischen Badischem Bausandstein und Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation liegt in den benachbarten Profilen (Entfernung Bad Wildbad – Gültlingen ca. 20 km) in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus.

lich als einziger Glimmer. Häufig mit schwacher Geröllführung im Fein-, seltener Mittelkiesbereich, lateral kleinräumig wechselnd in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus. Geröllbestand überwiegend Gangquarz, daneben magmatische Quarze, Quarzite und Hornsteine. Die Sandsteine sind überwiegend kieselig gebunden und unterschiedlich stark, aber überwiegend gut verfestigt. Manche kieseligen Sandsteine zeigen im Porenraum Quarz-Kristallflächen. Neben rotbraunen und hellroten, seltener gelblichen Gesteinen sind stark eingekieselte Sandsteine oft grauweiß oder weiß.

Gliederung: Keine. Es hat mehrere Gliederungsversuche des einförmigen Badischen Bausandsteins gegeben, die jedoch alle nur in einer eng umgrenzten Region anwendbar oder gar nicht praktikabel waren (z. B. Diederich 1966: Gliederung durch einen „Kugelhorizont“; Leiber in GLA 1995 und Leiber et al. 2013: Gliederung an einem gröberen ‚Basissandstein‘ in der oberen Hälfte; Savas 1998: Gliederung durch einen geröllführenden Horizont nahe der Basis; Schlegel & Brockamp 2003: durch einen Geröllhorizont in der Mitte des Bausandsteins). Den Gliederungsvorschlägen ist gemeinsam, dass sie aus dem Befund eines relativ kleinen Kartiergebiets (<20 km) oder eines einzelnen Profils postuliert wurden, ohne die Korrelation über größere Entfernungen durch konkrete Einzelprofile zu belegen. Näheres Kap. 8.5 und Anhang 1 (Stichworte Grenzschichten, Übergangsschichten, Rudersberg-Fazies, Schapbach-Geröllsandstein, Basissandstein). Der Vergleich der Bohrprofile zeigt, dass weder die Korngrößen der Sandsteine noch die Verteilung der Geröllführung über die Profilabfolge ein regional korrelierbares Muster ergeben, da sie lateral kleinräumig wechseln (Abb. 40, 41, Beilagen 1–8). Auch die Kornrundung erlaubt keine sichere Korrelation altersgleicher Schichten, da Sandsteine mit hohem und geringerem Anteil gut bis sehr gut gerundeter Körner sowohl in Badischem Bausandstein als auch in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation abwechseln und die Zunahme sehr gut gerundeter Körner in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation lediglich einen Trend ohne scharfe Grenzen darstellt.

Fossilführung: s. Formation.

Alterseinstufung: s. Formation.

Ältere Abgrenzungen und Namen: ‚feste Sandsteinzone‘ (E. Fraas 1894), ‚Hauptbuntsandstein‘ (Sauer 1894, Schalch 1895, Thürach 1897, Regelmann 1919, Brill 1929, Bilharz 1934, Hasemann 1934), ‚eigentlicher Hauptbuntsandstein‘ (Sauer 1894), ‚mittlerer geröllfreier Hauptbuntsandstein‘

(Sauer 1897, 1899, Regelmann 1907, 1908, 1913, Bräuhäuser & Schmidt 1908, Bräuhäuser 1909, A. Schmidt 1909, 1935, Brill 1933, Regelmann 1934), ‚mittlere geröllfreie Zone‘ (M. Schmidt 1906, 1908), Mittlerer Buntsandstein (A. Schmidt 1914, Brill 1931), ‚geröllfreier Hauptbuntsandstein‘ (Frank 1934, 1936a), ‚geröllfreier Sandstein‘ (Eissele 1966), ‚Bausandstein‘ (M. Schmidt 1906, Regelmann 1908, A. Schmidt 1914, Groschopf & Schreiner 1980, Kessler & Leiber 1980, 1994, Wolff 1988, Leiber in M. Schmidt 1989), ‚Große Bausandstein-Formation‘ (Kessler 2009). Kartenkürzel: sm; smb; sus; sB; sVs.

Schliffkopf-Subformation (Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation)

Name: Als ‚Geröllsandstein-Formation‘ im Dezember 1999 für den überarbeiteten Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg (LGRB 2000) eingeführt, seit 2011 als ‚Geröllsandstein-Subformation‘ der Vogesensandstein-Formation zugeordnet. Zur Formalisierung wird der Name hier auf den Schliffkopf im Nordschwarzwald bezogen, dessen Hochfläche von dieser Einheit gebildet wird.

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheit: Erstmals von Eck (1884a) von den Geröllsandsteinen der (heutigen) Eck-Formation und den Sandsteinen des (heutigen) Badischen Bausandsteins unterschieden.

Typusgebiet: Nordschwarzwald.

Referenzprofil: Bohrung Ensingen E15 (BO7019-2042. 471,17–580,48 m u. A.; Simon et al. 2013).

Verbreitung (BW): Südlicher Odenwald, Kraichgau, Untergrund nördliches Schichtstufenland, Schwarzwald nördlich etwa von Badenweiler und unterer Wutach. Keilt nach Süden zwischen Heidenstein-Subformation und Grundgebirge aus.

Liegendes: Im südlichen Odenwald und nördlichen Kraichgau: Miltenberg-Formation (Fazieswechsel an V-Diskordanz), im südlichen Kraichgau, Nordschwarzwald und nördlichen Zentralschwarzwald: Badischer Bausandstein (nach Gammalogs und Profilkorrelation: Faziesgrenze an oder über V-Diskordanz, schwache Geröllführung darunter ebenfalls möglich, s. Kap. 8.4), im südlichen Zentralschwarzwald bis etwa ins Wutachgebiet und bis Badenweiler: Eck-Formation (an Grenze Erosionsrelief), Perm oder Grundgebirge.

Basis: Über Miltenberg-Formation: Einsetzen gut bis sehr gut gerundeter Grobsande (ggf. als Zumischung in Fein- bis Mittelsandsteinen) über



den meist Grobsand-freien Fein- bis Mittelsandsteinen der Miltenberg-Formation. Über Badischem Bausandstein: Erster deutlich geröllführender Sandstein über den geröllarmen bis -freien Sandsteinen des Badischen Bausandsteins. Die lithologisch definierte Basis liegt hier örtlich in unterschiedlichen Niveaus, da die Geröllführung kleinräumig schwankt und selbst in nur wenige Meter entfernten Bohrungen in unterschiedlichem Niveau einsetzen kann (Abb. 40, 41; Kap. 8.7). Die Grenze ist in manchen Profilen mit einem höheren Anteil gut bis sehr gut gerundeter Grobsandkörner im Geröllsandstein verbunden (bis zu 60–80% der Grobsandfraktion: Savas 1998), in anderen Profilen nicht. Der Wert ist auch innerhalb der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation von starken Schwankungen geprägt, weshalb auch mit diesem Kriterium keine sichere Grenzziehung erfolgen kann (Abb. 43).

Südlich der Verbreitung des Badischen Bausandsteins wird die Grenze zu den Geröllsandsteinen der Eck-Formation am Wechsel von Geröllsandsteinen mit häufigen Granit- und Gneisgeröllen (Eck-Formation) zu solchen mit Geröllen quarzreicher Gesteine (Ganzquarz, Quarzit, Hornstein bzw. Lydit, daneben auch Quarzporphyr) ohne oder mit nur wenigen Grundgebirgsgeröllen gezogen. Die lithologisch bestimmte Formationsgrenze hält dabei kein einheitliches stratigraphisches Niveau ein, da im Südschwarzwald auch im Niveau der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation noch Grundgebirgsgerölle auftreten können. Hinzu kommt ein Erosionsrelief, durch das die Geröllsandsteine der Vogesensandstein-Formation auf unterschiedlich mächtiger Eck-Formation liegen und eingeschnittene Rinnen auffüllen. Südlich der Verbreitung der Eck-Formation liegen die Geröllsandsteine im Südschwarzwald direkt auf Grundgebirge, im Untergrund der Schwäbischen Alb z. T. auf Zechstein-Randfazies (Kirnbach-Formation).

Obergrenze: Die Obergrenze bildet, soweit erhalten, der Violette Horizont smVH1, der örtlich durch mehrere Meter (teils pedogen überprägter) Ton-schluffsteine vertreten sein kann. Wo der smVH1 erosiv unter der Heidenstein-Subformation fehlt, kann die Abgrenzung meist an der rasch nachlassenden Häufigkeit gut bis sehr gut gerundeter Grobsandkörner eingegrenzt werden, in Bohrkernen auch an sedimentologischen Merkmalen der Rinnenfüllungen. Wo die oberste Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation vorwiegend aus Mittelsandsteinen besteht und unmittelbar von mittelsandiger Heidenstein-Subformation überlagert wird, ist die Abgrenzung erschwert (Kap. 8.9).

Hangendes: Heidenstein-Subformation.

Mächtigkeit: Im Odenwald und Kraichgau Bis 150 m, nach Süden generell abnehmend (Nord- und Zentralschwarzwald ca. 30–60 m), kleinräumig stark schwankend je nach Einsetzen der ersten stärkeren Geröllführung.

Gesteinsausbildung (generell): Schwach bis stark geröllführende und geröllfreie Grob- und Mittelsandsteine mit zwischenlagernden Feinsandsteinen, sandigen Schluffsteinen und Ton-schluffsteinen (Abb. 42). Die Grobsand-Fraktion ist im Schwarzwald überwiegend gut bis sehr gut gerundet, die Mittelsand-Fraktion mäßig bis gut gerundet. Die Kornrundung der Grobsand- und Mittelsand-Fraktionen ist meist etwas besser als im Badischen Bausandstein, mit oft fast kugeli-gen Grobsandkörnern. Quarz-Kristallflächen epitaktisch überwachsener Sandkörner können eine schlechtere Rundung vortäuschen. Im Odenwald und nördlichen Kraichgau treten mäßig gerundete Grobsande in den Vordergrund, ohne die sehr gut gerundeten Anteile ganz zu verdrängen. Glimmer tritt nur in den Feinsedimenten häufiger auf, sowohl Hell- als auch Dunkelglimmer.

Die Geröllführung ist lateral und vertikal sehr wechselhaft und schwankt zwischen einzeln eingestreuten Geröllen und konglomeratischen Lagen von mehreren Dezimetern Mächtigkeit. Geröllreiche Lagen begleiten häufig die Basis von sandigen Rinnenfüllungen und keilen dann lateral nach wenigen Metern aus. Die Geröllgrößen liegen überwiegend bei Fein- und Mittelkies, Grobkies-Gerölle bis 10 cm treten besonders im Zentralschwarzwald ebenfalls auf. Die Rundung der Quarzgesteins-dominierten Kiesfraktion ist gewöhnlich gut mit mäßig gerundeten Anteilen. Im Geröllbestand herrscht weißer und grauer Gangquarz vor, daneben tritt grauer magmatischer Quarz, rötlicher, grauer und dunkelgrauer Quarzit sowie grauer, roter und schwarzer Hornstein auf. Die Quarzite und Hornsteine können dabei örtlich mehr als 25 % der Gerölle ausmachen (Leiber 1996: 84), die Anteile der „nicht-Gangquarze“ am Geröllbestand schwanken jedoch gebietsweise und in der vertikalen Abfolge und sind teils in den tieferen, teils in den obersten Geröllsandsteinen am größten. Gelegentlich sind angrenzende Quarzkörner diagenetisch durch Drucklösung in die Oberflächen der Gerölle eingesenkt. Kristallquarze (monokristalline Quarzkörner, farblos oder rötlich transparent) sind auf die (Sand- und) Feinkies-Fraktion beschränkt. Im südlichen Zentralschwarzwald und Südschwarzwald treten vereinzelte Grundgebirgsgesteine hinzu, insbesondere Quarzporphyr (alterierter, häufig zusätzlich hydrothermal verquarzter Rhyolith), Granit, Granitporphyr, Granophyr und Gneis (Sauer 1897, Thü-rach 1897, Bräuhäuser 1909, Riek 1931, Kessler &

Leiber 1994). In geringen Anteilen, meist nur vereinzelt, finden sich zu Windkantern überformte Gerölle (Regelmann 1919, Riek 1931, Frank 1936a, Sack 1962, Kessler & Leiber 1994, Eisenlohr 2007, 2010). Bei den schwarzen und grauen Hornsteingeröllen handelt es sich überwiegend um paläozoische Kieselsedimente („Kieselschiefer“, Lydit), wie ein Graptolithenfund zwischen St. Georgen und Furtwangen belegt (Teichmüller 1952).

Die Geröllsandsteine bilden überwiegend ein bis mehrere Meter mächtige schräggeschichtete Rinnenfüllungen von mehreren Metern bis mehrere zehn Metern Breite, die zu mehr als zehn Meter mächtigen Geröllsandstein-Abfolgen amalgamiert sein können. Mittel- und Feinsandsteine sowie Feinsedimente bilden zentimeter- bis dezimetermächtige Schichtbänke mit eben-scharfer Basis und sind vom hangenden Sandstein meist erodiert. Lokal sind mehrere Meter mächtige Feinsedimente mit wenigen dünnen Sandstein-Lagen eingeschaltet, die lateral meist nicht zwischen benachbarten Aufschlüssen korreliert werden können. Feinsediment-Intraklasten finden sich auch häufig in ohne Zwischenmittel aufgestapelten Sandsteinen.

Gebietsweise ist an der Obergrenze der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation ein Paläoboden-Komplex mit violett verfärbten oder weißgrau gebleichten Sandsteinen, Dolomitkrusten oder -konkretionen und örtlich Karneol (Violetter Horizont smVH1) oder ein mehrere Meter mächtiger Abschnitt aus rotbraunen Feinsedimenten (Schluffsteine, Tonschluffsteine, Feinsandsteine) ausgebildet. Die Einzelheiten der Ausbildung wechseln kleinräumig, lokal kann der Horizont fehlen oder unscheinbar werden. Insbesondere im Nordschwarzwald ist dieser Horizont wiederholt mit dem smVH2-Horizont verwechselt worden, was zu hohe Mächtigkeitsangaben für den Oberen Buntsandstein nach sich gezogen hat.

Gliederung: Eissle (1966) gliederte die Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation in drei Geröllsandstein-Sandstein-Zyklen, die später als ‚Unterer‘, ‚Mittlerer‘ und ‚Oberer Geröllsandstein‘ bezeichnet wurden, letzterer auch als ‚Hauptgeröllhorizont‘ (GLA 1995, LGRB 2011). Diese Untergliederung der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation muss heute als obsolet betrachtet werden (Kap. 8.7). Bei konsequenter Anwendung einer Gliederung nach Geröllführung schwankt die Zahl der abgrenzbaren Zyklen zwischen einem und fünf. Damit lassen sich in vielen Profilen zwar drei „Zyklen“ ausweisen, die Grenzen liegen aber in den verschiedenen Profilen nicht in stratigraphisch gleichwertigen Niveaus (Abb. 44). Auch der Versuch, solche Zyklen anhand der

Korngrößenverteilung und Rundung im Grob- und Mittelsand abzugrenzen (Savas 1998), hat nicht zu einer nachvollziehbaren Gliederungsmöglichkeit beigetragen (Kap. 8.7). Nach Korrelation zahlreicher Profile und Gammalogs gehören bisher als ‚Oberer oder Hauptgeröllhorizont‘ angesprochene Geröllsandsteine im Südschwarzwald in die Folge s3, im Zentral- und Nordschwarzwald in die Folge s4 und nur im Kraichgau und südlichen Odenwald in die Folge s5. Im Hessischen Odenwald und auf einzelnen Kartenblättern im Zentralschwarzwald sowie im Hochrheingebiet wurde die Heidenstein-Subformation der Folge s6 aufgrund ihrer Geröllführung aus ‚Oberer Geröllhorizont‘ bezeichnet. Eine lithologische Gliederung nach Geröllführung führt damit zu stratigraphisch inkonsistenten Ergebnissen. Soweit bei der Logkorrelation die Folengrenzen identifiziert werden können, fallen diese nachweislich nicht überall mit lithologischen Geröllsandstein-Sandstein-„Zyklen“-Grenzen zusammen. Bei der Korrelation lithologischer Profilaufnahmen sind an den mutmaßlichen Folengrenzen nur in manchen Profilen Geröllanreicherungen zu erkennen, in der Mehrzahl der Profile liegen die auffälligsten Geröllsandsteine innerhalb der Folgen.

Fossilführung: s. Formation.

Alterseinstufung: s. Formation.

Ältere Abgrenzungen und Namen: ‚Dickbankiger Sandstein‘ (Schalch 1894), ‚Oberer Konglomerathorizont‘ (Sauer 1894, Thürach 1897), ‚Oberes oder Hauptkonglomerat‘ (E. Fraas 1894, Sauer 1895, Schalch 1895, Schmidt & Rau 1906, Regelmann 1907, 1908, 1919, Bräuhäuser & Schmidt 1908, M. Schmidt 1908, 1909, 1920, A. Schmidt 1909, 1914, 1935, Regelmann 1913, 1934, Frank 1934, 1936a), ‚Hauptbuntsandstein im engeren Sinne‘ (Andreae & Osann 1896, Schalch 1898, Sauer 1898), ‚Oberes Konglomerat der konglomeratischen Schichten‘ (Schalch 1897), ‚Obere Konglomeratzone‘ (E. Fraas 1897), ‚Hauptkonglomerat‘, ‚Hauptconglomerat‘ (Sauer 1897, 1899, Schalch 1899, 1903, 1904, Schalch & Sauer 1903, Bräuhäuser 1909, A. Schmidt 1928, Brill 1929, 1931, 1933, Hüttner & Wimmenauer 1967, Groschopf & Schreiner 1980, Kessler & Leiber 1980, Leiber in M. Schmidt 1989), ‚Mittlerer Hauptbuntsandstein‘ [einschl. suMW] (Schottler 1908), ‚Oberer Hauptbuntsandstein‘ (Thürach 1918, Hasemann 1928), ‚eigentlicher oberer Hauptbuntsandstein, Zwischenkonglomerat und Kugelhorizont‘ (Hasemann 1930), ‚Oberer oder Hauptgeröllhorizont‘ (Bilharz 1934, Hasemann 1934), ‚Grobkörniger Hauptbuntsandstein‘ (Erb 1928, Spitz 1933, Günzburger 1936, Hasemann &

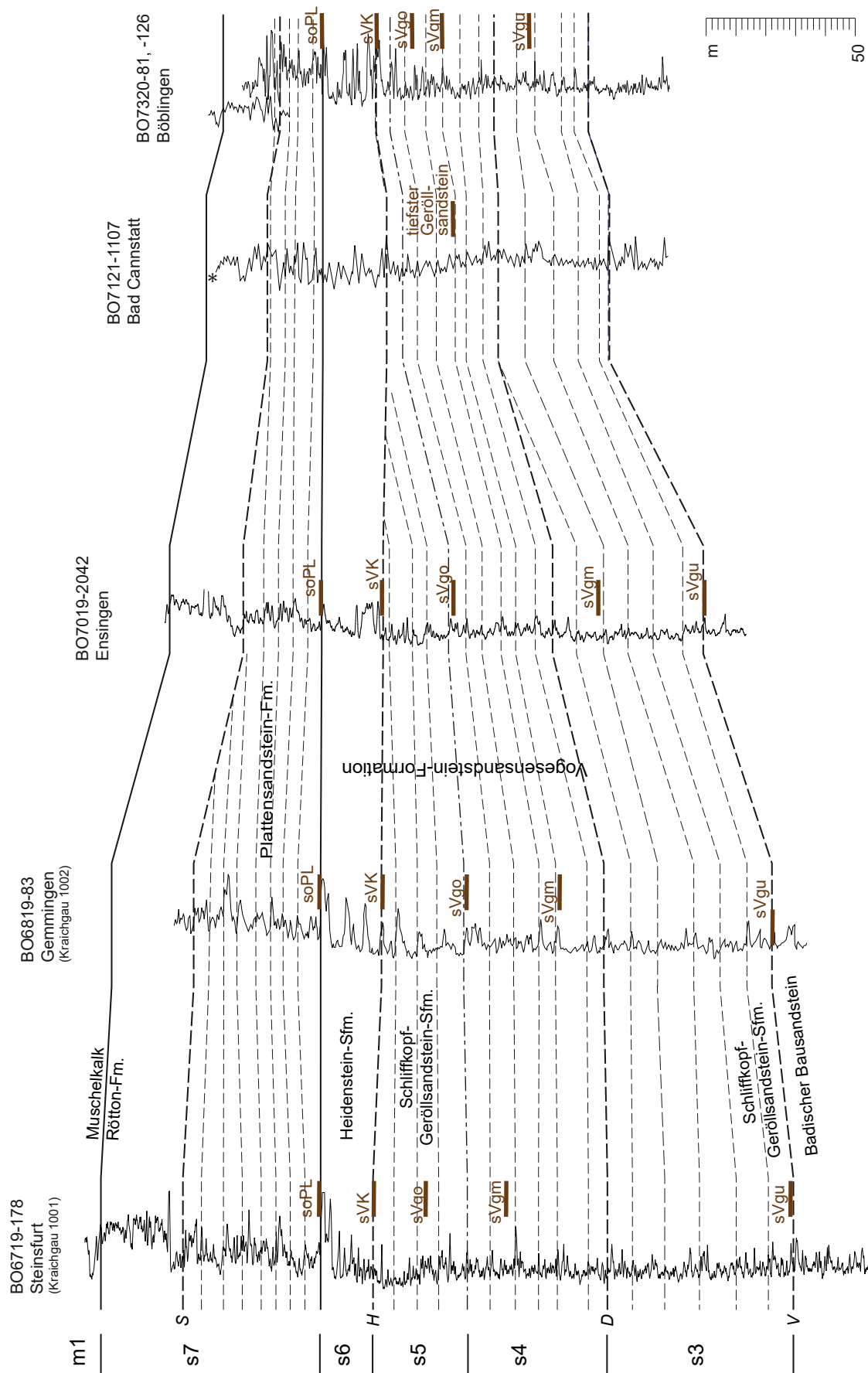


Abb. 44: Korrelation der Gammalogs (entsprechend Beil. 7-1 und 7-2) von fünf Bohrungen, in denen von den Erstarbeitern eine Gliederung der höheren Vogesensandstein-Formation vorgenommen wurde (farbig, Kürzel einheitlich übertragen nach Symbolschlüssel 2011). Während die Unter- und Obergrenze der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation im Kraichgau (Steinfurt, Gemmingen, Ensingen) konsistent ausgewiesen wurde, fallen die „Basisgeröllsandsteine“ der Untereinheiten in stratigraphisch unterschiedliche Niveaus, ebenso jene in den nicht gekerkerten Bohrungen Bad Cannstatt und Böblingen.

Teike 1937), ‚Unterer‘, ‚Mittlerer‘, ‚Hauptgeröllsandstein‘ (Wolff 1988), ‚Unterer und mittlerer Geröllhorizont [im Bausandstein] und Hauptkonglomerat‘ (Kessler & Leiber 1994). Kartenkürzel: c2; smc2; sm,c2; sm4; smg; smgu–smgm–smc2 oder smgo; sVg.

Heidenstein-Subformation (Heidenstein-Kristallsandstein)

Name: Seit Eissele (1966) und Leiber (1977b) „Kristallsandstein“ in Anlehnung an diese Bezeichnung für den Felssandstein im Maingebiet bei Hildesbrandt (1924), in LGRB (2011) zu ‚Kristallsandstein-Subformation‘ formalisiert. Der Name wird hier zur eindeutigeren Benennung auf die Felsgruppe Heidenstein zwischen Oberharmersbach und Bad Peterstal bezogen (Abb. 45).

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheit: Schalch 1904 als ‚geröllfreie, hellfarbige Sandsteine‘ zwischen ‚Oberem Geröllhorizont‘ und ‚karneolführenden Schichten‘.

Typusgebiet: Zentral- und Nordschwarzwald. Als Typusprofil gab Ortlam (1967) den inzwischen weitgehend verfüllten und dicht bewachsenen südöstlichen Steinbruch Ettlingen (BO7016-2905) im Naturschutzgebiet Kälber- und Hasenklamm an, teilt jedoch weder dort noch später ein Profil mit. Auch Riek (1931: 112ff) beschreibt für den benachbarten Steinbruch Kälberklamm (BO7016-104) nur das Profil der höheren Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation.

Referenzprofil: Bohrung Ensingen E15 (BO7019-2042: 458,75–471,17 m u.A.; Simon et al. 2013), Bohrung Horgen (BO7817-978: 187,63–200,10 m u.A.; Abb. 46), Bohrung Steinen B1 (BO8312-684: 63,70–72,00 m u.A.; Nitsch et al. 2017).

Verbreitung (BW): Hochrheingebiet bis Odenwald, gegen das Main-Tauber-Gebiet Übergang in den Felssandstein der Main-Fazies (s.d.), sobald die Formationsgliederung der Main-Fazies im Mittleren Buntsandstein angewendet werden kann. Nahe der südlichen bzw. südöstlichen Verbreitungsgrenze liegt die Subformation in Erosionsrinnen bzw. Paläotälern unmittelbar auf Kristallin oder Perm, während zwischen diesen Vorkommen die Einheit auskeilt und der Karneoldolomit-Horizont smVH2 oder Oberer Buntsandstein die älteste Trias-Einheit darstellt (Nitsch et al. 2017).

Liegendes: Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation, südlich der mittleren Wutach Grundgebirge, in den Weitenauer Vorbergen Perm (Wiesental- und Weitenau-Formation).

Basis: Im Verbreitungsgebiet älterer Buntsandstein-Einheiten ist die Grenze zur liegenden Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation besonders im Nordschwarzwald durch einen unteren Karneoldolomit-Horizont (smVH1) gekennzeichnet, dessen Oberfläche als Grenze verwendet wird. Örtlich bilden stattdessen bis mehrere Meter mächtige rotbraune Schlufftonsteine die Obergrenze der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation. In zahlreichen Profilen folgen Sandsteine der Heidenstein-Subformation unmittelbar und wahrscheinlich erosiv auf solche der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation. Eine auch bei der Profilkorrelation konsistente Grenzziehung kann dann über die abrupt abnehmende Häufigkeit gut bis sehr gut gerundeter Grobsandkörner erfolgen. In der Heidenstein-Subformation treten solche Körner nur nahe der Basis in geringen Anteilen (dann wohl aufgearbeitet) und im mittleren und höheren Abschnitt gar nicht mehr auf (Kap. 8.9).

In den Weitenauer Vorbergen liegen schräggeschichtete und Feinkies führende Quarzsandsteine der Heidenstein-Subformation mit lückenhafter Verbreitung auf deutlich schlechter sortierten und arkosischen Grob- und Mittelsandsteinen der permischen Wiesental-Formation, am Hochrhein auf Arkosen oder Schlufftonsteinen des Rotliegend (Weitenau-Formation). Im Hotzenwald und angrenzenden Teilen des Südschwarzwalds ist die Heidenstein-Subformation ebenfalls lückenhaft verbreitet und liegt in Erosionsformen der Kristallinoberfläche. Dazwischen beginnt der Buntsandstein mit dem Karneoldolomit-Horizont smVH2, der teilweise direkt in vergrustem Grundgebirge entwickelt ist, oder mit Oberem Buntsandstein.

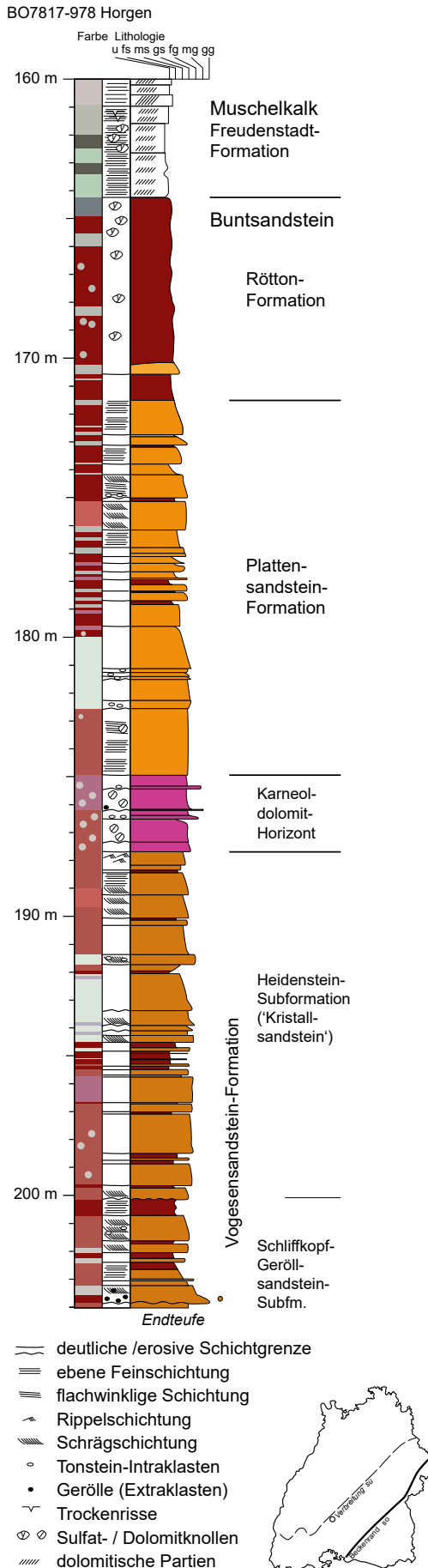
Obergrenze: An der Obergrenze erfolgt der Übergang in den Karneoldolomit-Horizont der Solling-Formation (smVH2), der örtlich durch rotbraune Schlufftonsteine vertreten sein oder erosiv fehlen kann. Der Horizont liegt im Maingebiet und östlichen Odenwald innerhalb der Solling-Formation, da dort der Felssandstein als Äquivalent der Heidenstein-Subformation in diese Formation eingegliedert wird (Kap. 6.5.4). In seltenen Fällen folgen Mittel- bis Feinsandsteine der Plattensandstein-Formation unmittelbar auf Sandsteine der Heidenstein-Subformation, wobei die Kornrundung der Mittelsandfraktion im Oberen Buntsandstein von mäßig auf schlecht gerundet bis kantengerundet abnimmt.

Hangendes: smVH2-Horizont oder Plattensandstein-Formation.

Mächtigkeit: Im größten Teil des Verbreitungsgebiets ca. 5 bis 15 m, lokal schwankend bis zu 25 m, wahrscheinlich durch Erosionsrelief im Liegenden.



Abb. 45: Aufschlussbilder der Heidenstein-Subformation. **A.** Felsgruppe Heidenstein zwischen Oberharmersbach und Bad Peterstal (BO7514-442, Felspartie ca. 8–9 m hoch): bankige Rinnenfüllungen kieseliger Mittelsandsteine. **B.** Mittelsand aus der Bohrung Bannholz (BO8314-291, 32 m); vorherrschend mäßige Kornrundung. **C.** Mittelsandstein mit Feinkies-Geröllen auf Schrägschichtungsblättern, Bohrung Steinen (BO8312-684: 70,5 m). **D.** Rinnensandsteine mit erosiver Basen und ausgewitterten Tonsteingeröllen, Heidenstein. **E.** Gut sortierter Mittelsandstein mit individuellem kantengerundetem Mittelkies-Geröll, Heidenstein (grüne Flecken sind lebende Algen auf der Felsoberfläche). **F–H.** Bohrkern Ensingen (BO7019-2042: 458–472 m; Fotos O. Wendt); **F.** Heidenstein-Subformation von 458,75 m bis 471,17 m; **G.** Karbonatkügelchen (hell) in Mittelsandstein, 493,60–493,80 m; **H.** Tonschluffstein-Gerölle (dunkelrot) im Sandstein, 470,75–470,95 m.



Gesteinsausbildung (generell): Meist wechselhafte Abfolgen von Grob- bis Feinsandsteinen und Schlufftonsteinen, wobei häufig mittelkörnige Sandsteine überwiegen (Abb.45). Verfestigung ebenfalls wechselhaft zwischen hart eingekieselt und mürbe. Besonders im unteren bis mittleren Teil der Subformation sind im Schwarzwald und Teilen des Kraichgau gelegentlich Gerölle eingelagert, deren Auftreten allein daher noch keine sichere Abgrenzung zur liegenden Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation erlaubt. Hüttner (in Hüttner & Wimmenauer 1967) wies jedoch bereits darauf hin, dass die Geröllgrößen kleiner als in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation („Hauptkonglomerat“) bleiben und Grobkies fehlt. Glimmerführung der Sandsteine kleinräumig wechselnd, neben Hellglimmer tritt auch hier Dunkelglimmer auf.

Die Kornrundung der Grobsande ist generell mäßig. Ein geringer Anteil gut gerundeter Körner v.a. im unteren Abschnitt kann als aufgearbeitet aus dem Liegenden gelten. Nur nahe am einstigen Beckenrand, im Hochreingebiet und den Weitenauer Vorbergen, stellen gut bis sehr gut gerundete Körner einen größeren Anteil am Kornbestand.

In unterschiedlichen Niveaus können lokal violette Sandsteine auftreten, teilweise in Verbindung mit weiß gebleichten kieseligen Sandsteinen oder Feinsedimenten. Besonders im unteren Teil treten an verschiedenen Orten im Schwarzwald fleckenhaft dolomitische Sandsteine mit Anreicherungen von Knochenresten von Großamphibien auf („Knochenbetten“). Im Südschwarzwald sind örtlich vollständig mit Karneol zementierte Sandsteine unterhalb und im Niveau des Karneoldolomit-Horizonts belegt (Schalch 1899, 1903). Ob manche Karneol-zementierten Sandsteine bereits in die Platten-sandstein-Formation gehören, ist noch unklar.

Gliederung: Der größere Teil der Subformation wird von Sandsteinen eingenommen, deren lateral wechselhafte Ausbildung keine korrelierbare Gliederung zulässt. Der mittlere Abschnitt ist in vielen, aber nicht allen Profilen von verstärkten tonig-schluffigen Einschaltungen geprägt.

Fossilführung: s. Formation.

◀ **Abb. 46:** Profil von der höheren Vogesensandstein-Formation bis in den basalen Muschelkalk der Kernbohrung Horgen (BO7817-978). Die Heidenstein-Subformation wird hier von 0,5–1 m mächtigen mittel- bis grobsandigen Rinnenfüllungen aufgebaut, zwischen denen geringmächtige Sand- und Schluffsteine der Überflutungsebenen liegen (Kernfotos des höheren Abschnitts s. Abb.53).



Alterseinstufung: s. Formation

Ältere Abgrenzungen und Namen: Die Heidenstein-Subformation wurde in der Literatur mit unterschiedlichen Namen belegt: ‚Übergangsschichten‘ (Glaser 1912), ‚Kristallsandstein‘ (Hildebrandt 1924, v.a. für den Felssandstein), ‚Geröllfreie, hellfarbige Sandsteine‘ (Riek 1931), ‚Streifige Sandsteine‘ (Flum 1933), ‚kieselige Sandsteine‘ (Ortlam 1967ff), ‚Kristallsandstein‘ (Leiber 1977b, GLA 1995). Auf den Kartenblättern der Badischen und Württembergischen Landesaufnahme sind die Sandsteine teilweise dem ‚Hauptkonglomerat‘ zugeschlagen (Regelmann 1907, Bräuhäuser & Schmidt 1908, Schnarrenberger 1915, Brill 1931, Bilharz 1934, Hasemann 1934, Bangert 1991), teils dem ‚Plattensandstein‘ (A. Schmidt 1914, M. Schmidt 1909, 1920), teils über basalen Geröllsandsteinen auf beides aufgeteilt. Im Odenwald wurde die Einheit meist gesondert ausgewiesen: ‚Oberes Geröllniveau‘ (Schalch 1894, 1898), ‚Oberer Geröllhorizont‘ (Andreae & Osann 1896, Thürach 1918), ‚Hauptkonglomerat und Hangendschichten‘ (Sauer 1898), ‚Quarzitischer Hauptbuntsandstein‘ (Erb 1928, Spitz 1933, Günzburger 1936, Hasemann & Teike 1937), ‚Hauptgeröllhorizont‘ (Schottler 1908, Hasemann 1928, 1930) und entspricht dem Felssandstein der Main-Fazies (Kap. 6.5.4, 8.10). Im Schwarzwald wurden diese Schichten teilweise unter den Namen ‚geröllfreie hellfarbige glitzernde Sandsteine‘ (Schalch 1897, 1899, 1903, 1904, Schalch & Sauer 1903, Bräuhäuser 1909), ‚verkieselte Sandsteine‘ (Sauer 1899), ‚Schichten im Hangenden des Hauptkonglomerats‘ (Regelmann 1919), ‚Kristallsandsteine‘ (Eissele 1966, Groschopf & Schreiner 1980), ‚obere Sandsteinfoolge des Hauptbuntsandsteins (Übergangsschichten)‘ (Hüttner & Wimmenauer 1967), ‚Kristallsandstein‘ (Kessler & Leiber 1980, 1994, Wolff 1988, Leiber in M. Schmidt 1989, Bangert 1991, GLA 1995, Kessler 2009) gesondert angesprochen. Die zwischen 1999 und 2011 im Symbolschlüssel Geologie für Baden-Württemberg verwendete Geologische Einheit ‚Kristallsandstein-Formation‘ umfasste neben dem Kristallsandstein auch den hangenden Karneol-Dolomit-Horizont smVH2 (LGRB 2000). Kartenkürzel: smc2; c2; sm,c2; sm; so1; sms; smk; smK; sVK.

6.4.3 Solling-Formation (Schwarzwald-Fazies)

Die Solling-Formation ist im Schwarzwald, Kraichgau und südlichen Odenwald durch den 1–5 m mächtigen **Karneoldolomit-Horizont smVH2** im Dach der Heidenstein-Subformation vertreten und dabei sehr heterogen aufgebaut (Abb. 26). Fein-, Mittel- und Grobsandsteine treten neben Schlufftonsteine, feinsandige Schluffsteine und seltener

reine Tonsteine. Dolomit kann fehlen, ist aber häufig in Knollen oder Schlieren in die Sandsteine eingewoben und tritt nicht selten zusammen mit Kalzit auf. Teilweise sind „Kugelkonkretionen“ (Schalch 1904) ausgebildet. Örtlich sind bis metermächtige massive Dolomitsteinbänke entwickelt, sandig oder sandfrei, feinkristallin oder grobkristallin. Karneol tritt nur örtlich auf, gelegentlich aber in großen Mengen. Charakteristischste Farbe ist ein auffälliges grauviolett, neben dem rotbraune, grüne, braune und gelbe sowie weiße Farben auftreten. Unmittelbar darüber folgende, ähnlich ausgebildete Violette Horizonte der basalen Plattensandstein-Formation können allerdings höhere Mächtigkeiten des VH2-Horizont vortäuschen. Eine formal gegliederte Beschreibung erfolgt in Kap. 6.5.4.

6.5 Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Main-Fazies

Im Kraichgau vollzieht sich im Unteren, im südöstlichen Odenwald im Mittleren Buntsandstein ein Fazieswechsel von der durchgehend grobsandig-kiesig geprägten Schwarzwälder Fazies in die stärker von Mittelsandsteinen geprägte Main-Fazies, die sich nach Norden zunehmend klarer an die Entwicklung im Spessart und in Mittelhessen anknüpfen lässt. Nach den bisherigen Untersuchungen zu Schüttungsrichtungen und Schwermineralen fällt dieser Fazieswechsel zusammen mit einem Wechsel der Sedimentströme: während der Schwarzwald und südliche Kraichgau vorwiegend Material aus Südwesten, den Gebieten des heutigen französischen Zentralmassivs empfing, stammt das Sedimentmaterial des Odenwalds eher aus Westen, aus einem Hochgebiet, das im späteren Mesozoikum unter den Sedimenten des Pariser Beckens begraben wurde (Kap. 3.1, Abb. 15).

6.5.1 Eck-Formation

Die Eck-Formation (vgl. Kap. 6.4.1) ist im Odenwald durch die Sandstein-Abfolgen von **Heigenbrücken-Sandstein** (unten) und **Eckschem Geröllsandstein** (darüber) vertreten. Letztere zeichnet sich gegenüber der folgenden Miltenberg-Formation durch gröberes Korn – grobe Mittelsandsteine und Grobsandsteine herrschen vor – und einen Anteil an äolisch vorgerundeten Grobsandkörnern aus, wenn auch nicht im selben Maße wie im Schwarzwald. Die Geröllführung ist, von seltenen lokalen Nestern abgesehen, in beiden Einheiten schwach und erreicht selten mehr als Feinkiesgröße. Tonsteinlagen und daraus aufgearbeitete Intraklastenlagen treten im Vergleich mit dem Schwarzwald in den

Hintergrund, was es schwerer macht, die meist Sand-auf-Sand amalgamierten einzelnen Schüttungskörper zu unterscheiden. Schräggeschichtete Rinnenfüllungen von 1–4 m Mächtigkeit herrschen vor, zuweilen aufgestapelt zu mehr als 10 m mächtigen geschlossenen Sandstein-Abfolgen ohne auffällige Korngrößenschwankungen. Der Verfestigungsgrad ist räumlich wie auch im Profil schwankend, ähnlich wie in der Eck-Formation des Schwarzwalds sind gering verfestigte, mürbe Sandsteine hier häufiger anzutreffen als im übrigen Buntsandstein-Profil. Die Gesamtmächtigkeit erreicht um Heidelberg 80–90 m und im Main-Tauber-Gebiet über 90 m (Bohrung Bad Mergentheim 120 m: Carlé 1956).

Heigenbrücken-Sandstein (Subformation)

Name: Bei Gümbel 1866 als ‚Heigenbrückenschichten‘, danach meist ‚Heigenbrücker Sandstein‘ (Gümbel 1867) oder ‚Heigenbrücken-Sandstein‘. Als Heigenbrücken-Formation: Friedlein (2016).

Typusgebiet: Spessart und angrenzendes Maintal, Umgebung von Heigenbrücken.

Referenzprofil: Bohrung Neuenbuch 1 (BO6122-1: 210,85–275,70 m u. A.; Freudenberger et al. 2016).

Verbreitung (BW): Vom mittleren Kraichgau und Hohenlohe über Odenwald und Maingebiet bis in den Spessart (Bayern, Hessen).

Liegendes: Langenthal-Formation (im Odenwald und Maingebiet): rotbraune Tonschluffsteine, teilweise mit eingelagerten dünnen Sandsteinbänken. Südliche Vorkommen im Untergrund von Kraichgau und Hohenlohe teilweise auf Tigersandstein-Formation: Fein- bis Mittelsandsteine mit schlechter Kornrundung, meist hellgrau oder gelblich, teilweise rotbraun, mit Einschaltungen von sandigen Tonschluffsteinen. Im Odenwald gebietsweise Auflagerung auf Grundgebirge oder Rotliegend.

Basis: Die Basis ist im Odenwald deutlich durch Einsetzen von Fein- bis Mittelsandsteinen über den pelitischen Ablagerungen der Langenthal-Formation erkennbar. Ausläufer der Tigersandstein-Formation der Zechstein-Randfazies treten offenbar nur weiter südlich in der Fränkischen Senke (Kraichgau, Hohenlohe) und entlang der Beckenachse bis in das Maingebiet auf, im Odenwald nur lokal und als geringmächtige Bänke. In der Bohrung Neuenbuch 1 (BO6122-1) sind nach

Ausweis der Logkorrelation die untersten 5,6 m Sandstein noch der Tigersandstein-Formation zuzurechnen (Friedlein 2016), über denen der Heigenbrücken-Sandstein auf einer Erosionsdiskordanz folgt. Auch in der Bohrung Bad Mergentheim (BO6524-6) dürften 4,5 m Feinsandsteine über der Langenthal-Formation noch Ausläufer der Tigersandstein-Formation darstellen und der Heigenbrücken-Sandstein erst mit den Mittelsandsteinen ab 450 m beginnen.

Im Kraichgau zeigt die Grenze Tigersandstein-Formation / Heigenbrücken-Sandstein in der Bohrung Kraichgau 1002 (BO6819-83) einen Wechsel von Schichtflut-dominierten Fein- bis Mittelsandsteinen mit geringmächtigen Schrägschichtungskörpern im Liegenden zu 1–4 m mächtigen schräggeschichteten Rinnenfüllungen im Heigenbrücken-Sandstein darüber (Junghans 2003; vgl. Kap. 8.1). An der Grenze ist eine Aufarbeitungslage mit zahlreichen Tonstein-Intraklasten aus der liegenden Tonschluffsteinlage ausgebildet. Die Kornrundung der Mittelsand-Fraktion ist unter dieser Grenze (in der Tigersandstein-Formation) insgesamt schlecht, über der Grenze (im Heigenbrücken-Sandstein) treten eingestreute gut gerundete Mittelsand- und seltener Grobsandkörner auf.

Obergrenze: Die Obergrenze bildet ein Übergang von vorherrschenden Mittel- und Feinsandsteinen des Heigenbrücken-Sandsteins zu Grobsandsteinen des Eckschen Geröllsandsteins. Der Übergang ist eine Faziesgrenze, die in örtlich unterschiedlichen Niveaus liegt und teilweise als Übergangsbereich ausgebildet ist, in welchem Fein- und Mittelsandsteine mit Mittel- oder Grobsandsteinen abwechseln. In solchen Fällen entscheidet die im Profilabschnitt überwiegende Fazies über die Grenzziehung. In der Bohrung Gaimühle 4 (BO6420-2) wurde die Grenze an die erste, etwa 20 cm mächtige Tonschluffstein-Lage gelegt, die auf eine fast 30 m mächtige Profilsäule aus Mittel- und Grobsandsteinen ohne klare Schichtgrenzen folgt.

Hangendes: Im Odenwald Eckscher Geröllsandstein, im Kraichgau wegen Übergang in Schwarzwald-Fazies teilweise höhere Abschnitte des Eck-Grobsandsteins oder Eck-Konglomeratsandstein. Im Taubergebiet möglicherweise unter Ausfall der Geröllsandstein-Fazies unmittelbar Miltenberg-Formation.

Mächtigkeit: Im Odenwald und unter dem Bauland schwanken die Mächtigkeiten zwischen ca. 30 m und über 60 m (Bohrung Boxberg-1, BO6523-17: 27 m), was vorwiegend auf schwankende Niveaus der Faziesgrenze im Hangenden zurückzuführen



ren sein dürfte. In den Bohrungen Kraichgau 1001 Steinsfurt (BO6719-178) und Kraichgau 1002 Gemmingen (BO6819-83) sind jeweils die untersten 40 m des Buntsandsteins als Heigenbrücken-Sandstein ausgebildet, über dem Eck-Formation in Schwarzwald-Fazies folgt. In der Bohrung Bad Mergentheim (BO6524-6) erreicht die Einheit 70 m Mächtigkeit und vertritt die gesamte Eck-Formation.

Gesteinsausbildung (generell): Mittel- und Feinsandsteine, teils mit schwacher Grobsand-Führung, in Schüttungskörpern und amalgamierten Abfolgen von meist einem bis mehreren Metern Mächtigkeit (Abb. 47). Untergeordnet sind Grobsandsteine eingeschaltet, besonders im Übergangsbereich in den Eckschen Geröllsandstein. Sporadisch treten lagenweise Feinkies- seltener Mittelkies-Gerölle auf, oft nur vereinzelt. Kornrundung im Mittelsand mittelmäßig, lagenweise gemischt mit gut gerundeten Körnern, teilweise gemischt mit schlecht gerundeten bis kantigen Körnern. Tonschluffstein-Zwischenlagen meist stark zurücktretend, lokal häufiger. Farben rotbraun bis hellrot, teilweise hellgrau bis beige oder gelb.

Gliederung: Keine formale Gliederung. Im Raum Heidelberg–Ebersbach ist der untere Teil von vorherrschend rotbraunen Feinsandsteinen mit wenigen tonig-schluffigen Zwischenlagen geprägt und wurde früher als Heidelberger Bausandstein bezeichnet (Heidelberg-Fazies). Die Zemente sind teils tonig, teils schwach kieselig, örtlich treten Residuen nach fleckenhaften Karbonatzementen („Pseudomorphosen“ der älteren Literatur) auf. Die im Aufschluss bankig erscheinenden Sandsteine bilden bis mehrere Meter mächtige und dann mehrere zehn Meter breite Rinnenfüllungen, zwischen denen rasch auskeilende zentimeter- bis metermächtige sandige Tonschluffsteine eingeschaltet sein können. Die obersten 5 bis 20 m der Einheit werden vielfach von oberflächennah teils mürben Fein- und Mittelsandsteinen gebildet, die in einigen Lagen auffällige Eisen- und Manganflecken aufweisen und daher früher „Tigersandsteine“ genannt wurden. Die Gesteinsfarben wechseln in diesem Abschnitt stärker zwischen rot, gelb und grauweiß. Mit Bezug auf das von Hasemann (1928: 15) angegebene Profil bei Heddesbach kann diese Ausbildung als Heddesbach-Fazies abgegrenzt werden.

Fossilführung: Trusheim (1937) erwähnt ein Blattfragment von *Anomopteris mougeoti* Brongniart aus Heigenbrücken (Spessart) in der Sammlung des Würzburger Geologischen Instituts.

Alterseinstufung: Keine Daten aus der Einheit selbst. Nach der lithostratigraphischen Position älteste Trias.

Ältere Abgrenzungen und Namen: Bei Benecke & Cohen (1881) und Andrae (1893) ‚Unterer Buntsandstein‘. Im Odenwald wurden Teile des Heigenbrücken-Sandsteins als (Heidelberger) ‚Bausandstein‘ und als (Heddesbacher) ‚Tigersandstein‘ bezeichnet, was zu falschen Korrelationen mit anderen Sandsteinen gleicher Benennung geführt hat (vgl. Thürach 1909, 1918). Besonders die irrtümliche Korrelation mit dem ‚Tigersandstein‘ des Schwarzwalds (heute: Tigersandstein-Formation, Zechstein-Randfazies, vor 1993 als ‚Unterer Buntsandstein‘ eingestuft), hat über den größten Teil des 20. Jahrhunderts auch für den Heigenbrücken-Sandstein zu einer Gleichsetzung mit dem Unteren Buntsandstein geführt, über dem Mittlerer Buntsandstein an der Basis des Eckschen Geröllsandsteins abgegrenzt wurde. Nachdem die Tigersandstein-Formation und deren pelitisches Äquivalent im Odenwald (‚Bröckelschiefer‘, ‚Schieferletten‘: Langenthal-Formation) als Zechstein-Randfazies erkannt und formal in die Zechstein-Gruppe eingegliedert und die Korrelation des Heigenbrücken-Sandsteins mit der unteren Eck-Formation des Schwarzwalds festgestellt wurden (Lepper et al. 1993) galten die Mittelsandsteine unter dem Eckschen Geröllsandstein im baden-württembergischen Anteil des Odenwalds zusammen mit dem Eck-Grobsandstein des Schwarzwalds als ‚Untere Eck-Formation‘ (GLA 1995). Eine Revision der Buntsandstein-Gliederung für Baden-Württemberg führte 2009 zu einer formalen Trennung der Schwarzwälder und Odenwälder Faziesräume und zur Benennung ‚Heigenbrücken-Sandstein‘ in Anlehnung an die in Bayern übliche Praxis, wenn auch weiterhin als Untereinheit der Eck-Formation. In den historischen geologischen Karten: ‚Eigentlicher unterer Buntsandstein und Tigersandsteine‘ (Thürach 1918), ‚Tigersandstein‘ (Erb 1928, Klemm 1929, 1933), ‚Heigenbrücker Sandstein Gumbel's‘ (Erb 1928), ‚Bausandstein mit Tigersandsteinen‘ (Hasemann 1928), ‚Bausandsteinzone und Tigersandstein‘ (Hasemann 1930), ‚Heigenbrückener Sandstein‘ (Freudenberger 1990). Kartenkürzel: su; su2; suHE.

Eckscher Geröllsandstein (Subformation)

Name: Die Namensform löst offenbar in den 1920er Jahren und zuerst in der hessischen Landesaufnahme die älteren Bezeichnungen (s. u.) ab (z. B. Klemm 1929).

Typusgebiet: Odenwald.

Referenzprofil: Bohrung Neuenbuch 1 (BO6122-1: 181,2–210,85 m u. A.; Freudenberger et al. 2016).



Abb. 47: Aufschlussbilder der Eck-Formation im Odenwald. **A.** Eckscher Geröllsandstein an der Molkenkur bei Heidelberg (Foto T.Huth). Die mürben Grobsandsteine führen meist nur wenige Gerölle. **B.** Eck'scher Geröllsandstein im Bohrgut der Bohrung 6518-770 Wilhelmsfeld (76 m), die Gerölle sind meist beim Bohren zerschlagen worden. **C.** Aufgebohrter Sand mit gut bis sehr gut gerundeten Körnern aus der Bohrung 6618-1245 Bammental (179 m). **D.** Heigenbrücken-Sandstein mit Feinsandstein-Rinnenfüllungen und sandigen Schluffstein-Zwischenlagen, Schriesheim im Odenwald. **E–F.** Heigenbrücken-Sandstein mit eingestreuten gut gerundetem Grobsand im Bohrkern der Bohrung Reisenbach BO6420-2 (361,6 m). **G.** Heidelberger Schloss, überwiegend aus Heigenbrücken-Sandstein erbaut (Foto M. Kleinschnitz).



Verbreitung (BW): Vom mittleren Kraichgau über Odenwald und Maingebiet bis in den Spessart (Bayern, Hessen).

Liegendes: Heigenbrücken-Sandstein.

Basis: Die Basis ist im Odenwald durch Einsetzen einer von Grobsandsteinen geprägten Abfolge über dem überwiegend mittelsandigen Heigenbrücken-Sandstein definiert.

Obergrenze: Die Obergrenze bildet ein Wechsel von vorherrschenden Grobsandsteinen in Mittel- und Feinsandsteine der Miltenberg-Formation. Die Geröllführung kann bereits erheblich tiefer aussetzen, lokal jedoch auch erst an der Formationsgrenze.

Hangendes: Miltenberg-Formation.

Mächtigkeit: Im Odenwald und unter dem Bauland schwanken die Mächtigkeiten zwischen ca. 30 m und über 50 m (Thürach 1918), was auf schwankende Niveaus der Faziesgrenze im Liegenden zurückzuführen sein dürfte. Klemm (1929) gibt für Blatt 6418 Weinheim über 60 m Mächtigkeit an, was aber tektonisch verzerrt sein könnte oder geröllführende Lagen im Heigenbrücken-Sandstein einschließt. In der Bohrung Bad Mergentheim (BO6524-6) wird die Einheit vollständig durch Mittelsandsteine in Heigenbrücken-Fazies vertreten.

Gesteinsausbildung (generell): Grobsandsteine im Wechsel mit Mittelsandsteinen, lagenweise Fein- bis Mittelkies führend. In der Grobsandfraktion sind gut bis sehr gut gerundete Körner vorhanden bis häufig, der Mittelsand ist mäßig gerundet bis gut gerundet. Lagenweise treten Tonstein-Intraklasten auf. Farben rotbraun, teilweise hellgrau oder graugelb. Die Geröllsandsteine bzw. Sandsteine meistens gering verfestigt und mürbe (Abb. 47), örtlich und im Profil wechselnd teils hart eingekieselt.

Gliederung: Keine formale Gliederung.

Fossilführung: nicht bekannt.

Alterseinstufung: Keine Daten aus der Einheit selbst. Nach der lithostratigraphischen Position älteste Trias.

Ältere Abgrenzungen und Namen: Häufig mit den Bezeichnungen aus dem Schwarzwald versehen: ‚unteres Geröllniveau‘ (Andreae 1893, Andreae & Osann 1896, Sauer 1898), ‚unterer Geröllhorizont‘ (Thürach 1909, 1918), ‚Eck’sches Conglomerat‘ (Chelius & Klemm 1896), ‚Eck’sches Konglomerat‘ (Hasemann 1928, 1930); ‚Obere Eck-Formation‘

(GLA 1995, mit Eck-Konglomeratsandstein des Schwarzwalds zusammengefasst). Kartenkürzel: c1; sm,c1; sm1; suEC.

6.5.2 Miltenberg-Formation

Name: Reis 1928 (und Reis in Erb 1928) als ‚Miltenberger Sandstein‘, bei Backhaus (1975) ‚Miltenberg-Formation‘, ebenso LGRB 2011; nach Miltenberg, Kreisstadt am Main (Bayern).

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheit: Andreae (1893) als ‚Pseudomorphosensandstein‘.

Typusgebiet: Talhänge des Mains um Miltenberg.

Referenzprofile: Forschungsbohrung Neuenbuch (BO6122-1: 44,85–181,20 m u. A.; Freudenberger et al. 2016), aufbewahrt am LfU Bayern, Kernlager Hof; Kernbohrung Gaimühle 4 Reisenbach (BO6420-2: 161,60–305,00 m u. A.), aufbewahrt am LGRB Freiburg (Abb. 48).

Verbreitung (BW): Main-Tauber-Gebiet, Odenwald, Kraichgau (hier nur im Untergrund, nach Süden Verzahnung mit Grobsanden des badischen Bausandsteins), Hohenlohe (im Untergrund).

Liegendes: Eck-Formation.

Basis: Durch abrupte Verminderung der mittleren und der vorherrschenden Korngrößen von den Grobsanden der Eck-Formation zu vorherrschenden Fein- bis Mittelsandsteinen der Miltenberg-Formation. Der meist deutliche Übergang (< 1 m Profil, teilweise als Schichtgrenze) ist in der Regel mit deutlich stärkerer Verfestigung der Miltenberg- im Vergleich zur Eck-Formation verbunden. Auch höher in der Schichtfolge zeigen sich einzelne Grobsand führende Bänke oder Basisabschnitte von Rinnenfüllungen, bleiben jedoch deutlich untergeordnet. Die Kornrundung der Grob- und Mittelsandfraktionen (r3–r4) nimmt gegenüber der Eck-Formation (r4–r5) geringfügig ab.

Obergrenze: Einsetzen von Grobsand-Schüttungen der Vogesensandstein- oder Volpriehausen-Formation (Abb. 48a+b). Die untersten Meter des Hangenden können durch aufgearbeiteten Fein- und Mittelsand aus der Miltenberg-Formation eine ‚Übergangszone‘ vortäuschen. Die Grenze liegt dann an den ersten Grobsand führenden Sandsteinen und fällt dann gewöhnlich mit einem Umschwung der fluvialen Fazies von gebankten Sandsteinen mit Pelit-Zwischenlagen zu gestapelten Rinnenfüllungen zusammen.

BO6420-2 Reisenbach (Gaimühle 4)

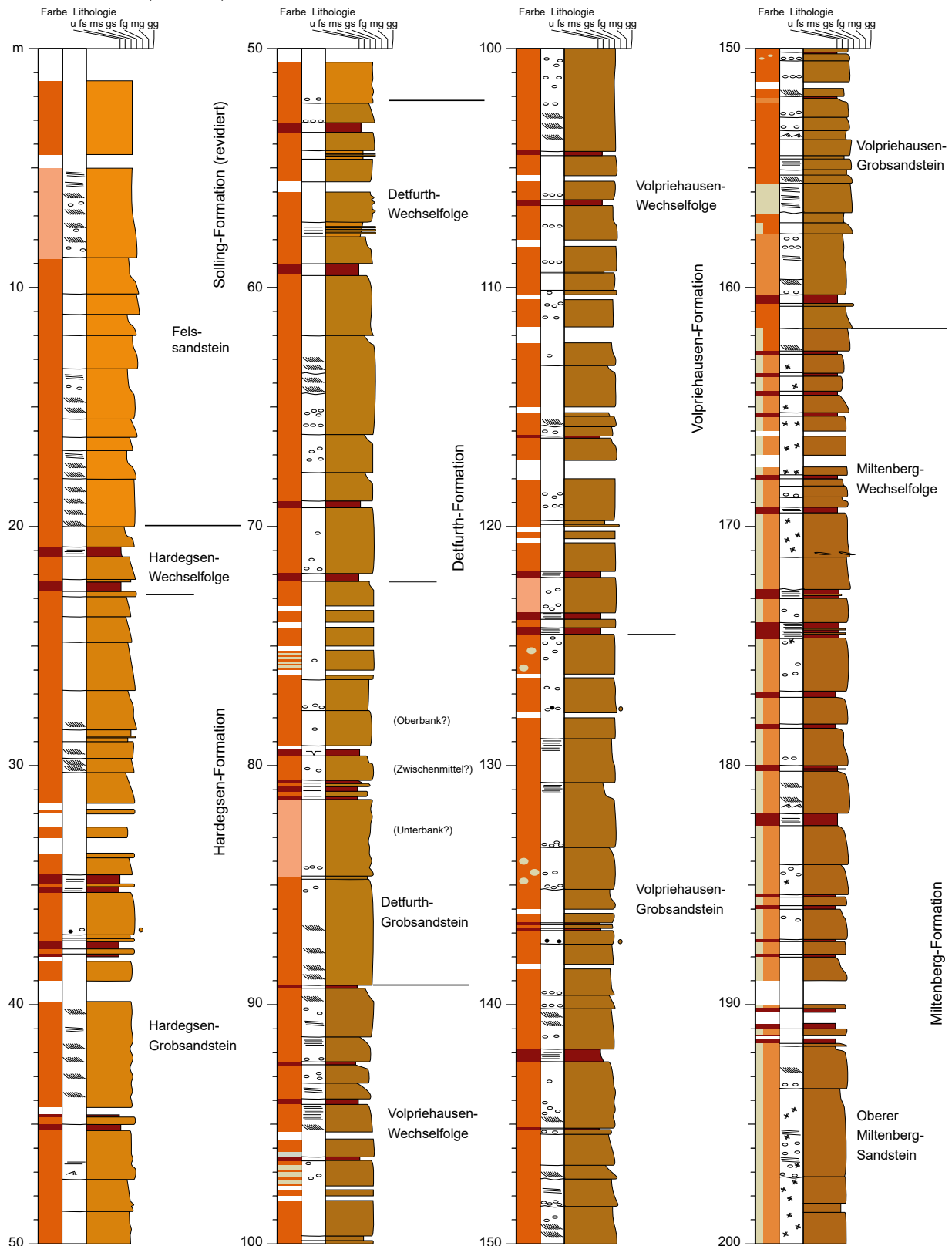


Abb. 48a: Mittlerer und Unterer Buntsandstein im Bohrkern BO6420-2 Reisenbach (Gaimühle 4) nach Bohraufnahme am LGRB.

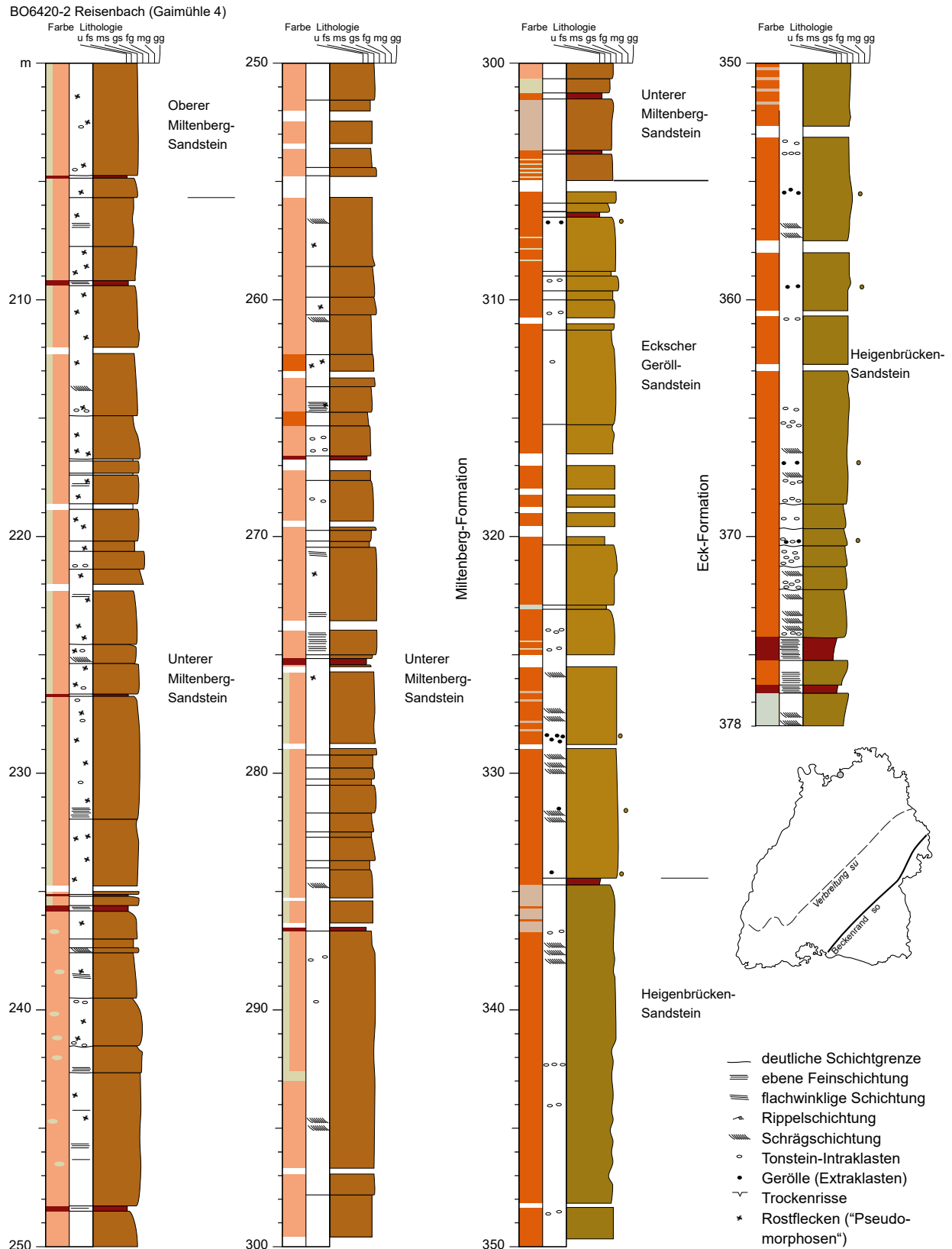


Abb. 48b: Fortsetzung von Abb. 48 a.

Hangendes: Im Kraichgau und südlichen Odenwald die Vogesensandstein-Formation (als Fazies der Folgen s3–s6), nördlich etwa von Buchen und Lauda am östlichen Odenwald und im Main-Tauber-Gebiet die Volpriehausen-Formation des Mittleren Buntsandstein.

Mächtigkeit: 75 m (Bammental) bis 166 m (Reisenbach).

Gesteinsausbildung (generell): Mittel- und Feinsandsteine in meist ein bis wenige Meter mächtigen Schüttungskörpern, besonders im höheren Teil der Formation häufig mit Zwischenlagen geringmächtiger Feinsandsteine oder von Tonschluffsteinen (Abb. 22, 49). Untergeordnet schalten sich lagenweise mittelsandige Grobsandsteine ein. Gerölle können lokal und vereinzelt eingestreut sein. Die Sandsteine sind generell rotbraun oder hellrot bis beige, besonders der Untere Miltenberg-Sandstein zeigt häufig eine streifige Färbung durch hellbeige bis weißgraue Bleichungsbahnen entlang der Schrägschichtung in einem sonst hellroten Sandstein. Vielfach zeigen sich rostrote Flecken von wenigen Millimetern Durchmesser, die mit kleinen Hohlräumen verbunden sein können. Zumindest ein Teil dieser Flecken stellt Lösungsrelikte von Kalzit-Sandkristallen dar, weshalb die Erscheinung nicht ganz zutreffend als „Pseudomorphosen“ bezeichnet worden ist (näheres s. Anhang 1: „Pseudomorphosensandstein“).

Gliederung: entsprechend der Gliederung durch Backhaus (1974) ist eine Dreiteilung durchführbar: Unterer Miltenberg-Sandstein, Oberer Miltenberg-Sandstein und Miltenberg-Wechselfolge. Der Untere Miltenberg-Sandstein („Dickbank-Sandstein“ der bayrischen Gliederung) besteht aus einer monotonen Abfolge von ein bis mehrere Meter mächtigen Rinnensandsteinen („Diskordanzschichtung“ durch erosive Rinnenbasen, Hasemann 1930: 7), die lateral mehrere zehn bis über hundert Meter aushaltende Bänke bilden. Untergeordnet sind dezimetermächtige Bänke zwischengeschaltet. Schlufftonstein-Zwischenlagen treten nur untergeordnet auf und bleiben dünn. Der Obere Miltenberg-Sandstein (Salmünster-Basissandstein der bayrischen Gliederung) bildet massive, bis über 9 m mächtige Sandsteinpakete aus verschachtelten Rinnen mit etwas größerem Korn als die hangenden und liegenden Abschnitte der Formation (Mittelsandsteine, teilweise grobsandig, Feinsandsteine treten zurück). Die Miltenberg-Wechselfolge (Tonlagen-Sandstein der bayrischen Gliederung) besteht aus einer Abfolge von Dezimeter bis höchstens metermächtigen mittel- bis feinkörnigen Sandsteinbänken mit Zwischenmitteln aus zentimeter- bis dezimetermächtigen rotbraunen Schlufftonsteinlagen.

Fossilführung: Ein Steinkern von *Equisetites mougeoti* Brongniart aus Obernburg am Main in der Würzburger geologischen Instituts-Sammlung stammt nach Trusheim (1937) aus dem Miltenberger Sandstein.

Alterseinstufung: Die Miltenberg-Formation wird mit dem höheren Teil der Calvörde- und mit der Bernburg-Formation der Beckenfazies korreliert und daher mit diesen in das Indusium der Frühen Trias gestellt. Ob die Grenze zum Olenekium, die in der höheren Bernburg-Formation angenommen wird, in der Randfazies erhalten oder unter der V-Diskordanz verloren ist, kann derzeit nicht beantwortet werden.

Ältere Abgrenzungen und Namen: „Pseudomorphosensandstein“ (Andreae 1893, Andreae & Osann 1893, 1896, Schalch 1894, 1898, Sauer 1898, Schottler 1908, Thürach 1918, Hasemann 1928, 1930, Klemm 1929), „Unterer Hauptbuntsandstein“ (Andreae & Osann 1896, Thürach 1918, Hasemann 1928, 1930), „Feinkörniger Hauptbuntsandstein“ (Erb 1928, Günzburger 1936, Hasemann & Teike 1937), „Miltenberger Sandstein“ (Reis 1928, Günzburger 1936), „Höherer Teil der Gelnhausen-Folge und Salmünster-Folge“ (Diederich 1964, Diederich et al. 1964), „Dickbank-, Basis-, Tonlagensandstein“ (Freudenberger 1990). Kartenkürzel: sm; sm2–sm3; suGD–suSB–suST; suM.

6.5.3 Volpriehausen-, Detfurth- und Hardeggen-Formation (Maingebiet, Odenwald)

Namen: Boigk (1956): Volpriehausen-Formation nach Uslar-Volpriehausen, Kreis Northeim, Detfurth-Formation nach Bad Salzdetfurth-Detfurth, Kreis Hildesheim, Hardeggen-Formation nach der Stadt Hardeggen, Kreis Northeim (alle Niedersachsen). Beschreibung der Fazies im Typusgebiet s. Lepper et al. (2013) und Röhling (2013).

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheiten: Boigk (1956).

Typusgebiet: Südniedersächsisches Bergland. Die namensgebenden Orte liegen am Solling und im Hildesheimer Wald, vgl. Lepper et al. (2013).

Referenzprofil (regional): Bohrung Gaimühle 4 Reisenbach (BO6420-2: 20,00–161,60 m u. A.), aufbewahrt am LGRB Freiburg (Abb. 48).

Verbreitung (BW): In Baden-Württemberg sind die drei Formationen auf das Main-Tauber-Gebiet und den östlichen Odenwald beschränkt. Der Übergang

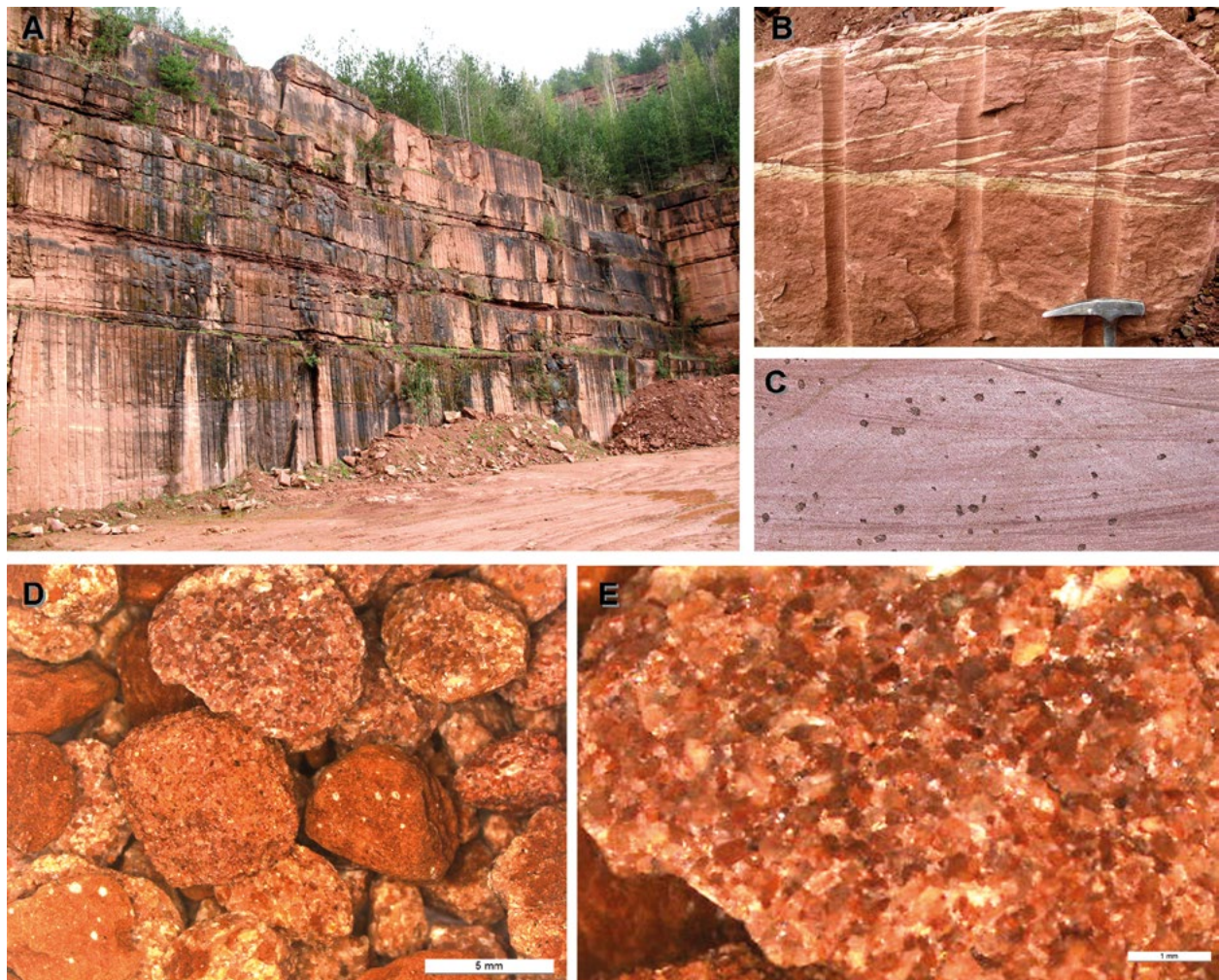


Abb. 49: Aufschlussbilder der Miltenberg-Formation im Odenwald. **A.** Bankige Sandsteine der Miltenberg-Formation im Steinbruch bei Freudenberg am Main (Gemarkung Miltenberg, BY). **B.** Charakteristische Bleichungstreifen entlang von Schrägschichtungsblättern im selben Steinbruch. **C.** Eisen-Mangan-Flecken („Pseudomorphosen“) im Unteren Miltenberg-Sandstein, Igelsbach bei Eberbach (Foto: H. Bock). **D–E.** Bohrgut aus der Miltenberg-Formation, BO6618-1245 Bammental (116 m); Mittelsandsteine mäßig bis schlecht gerundet, daneben Feinsandstein und Schluffstein.

in die südlich und südwestlich anschließende Randfazies der höheren Vogesensandstein-Formation erfolgt etwa im Raum Buchen und Lauda. Die Gliederung in drei Formationen beschränkt sich damit auf das Gebiet, in dem jeweils Basis-Geröllsandsteine und Wechselfolgen unterscheidbar sind.

Liegendes (regional): Unterer Buntsandstein, im Main-Taubergebiet und Odenwald die Miltenberg-Formation.

Basis (regional): Einsetzen von Grobsand-Schüttungen über den Fein- bis Mittelsandsteinen der Miltenberg-Formation. Die Volpriehausen-Formation kann dabei mit einem grobsandigen Geröllsandstein, einem Grobsandstein oder grobsandigen Fein- bis Mittelsandsteinen beginnen. Letztere dürften überwiegend aus aufgearbeiteten Sanden des Liegenden bestehen, denen anders als in der Miltenberg-Formation aber gut gerundeter Grobsand zugemischt ist.

Detfurth- und Hardeggen-Formation beginnen über den Wechselfolgen der jeweils liegenden Formation mit einer geschlossenen Sandstein-Abfolge von mehreren Metern Mächtigkeit, die Grob-, Mittel- und Feinsandsteine umfassen kann, teilweise und lokal auch geröllführend ist.

Obergrenze (regional): Die Obergrenzen von Volpriehausen- und Detfurth-Formation werden jeweils durch die Basis der Grobsandsteine von Detfurth- bzw. Hardeggen-Formation definiert, an der die Tonschluffstein-Zwischenlagen der Wechselfolgen für mehrere Meter aussetzen (Abb.48). Die Obergrenze der Hardeggen-Formation bildet die Basis der Solling-Formation, d.h. in revidierter Fassung die stets erosiv-diskonforme Basis des Felssandsteins (Abb.50). Der im Gebiet der Vogesensandstein-Formation verbreitete Paläoboden-Horizont smVH1 ist im Gebiet der Main-Fazies bislang nicht nachgewiesen. Nach älterer Auffassung wurde der Felssandstein als obere Hardeg-

sen-Formation betrachtet (Diskussion Kap. 8.10), die Obergrenze daher auf den Paläoboden-Komplex smVH2 gelegt.

Hangendes (regional): Mittlerer Buntsandstein, Solling-Formation (Felssandstein).

Mächtigkeit (regional): Im Odenwald insgesamt 140 bis 190 m (Reisenbach BO6420-2: smV 72 m, smD 37 m, smH 32 m). Am Main bis ca. 190 m (Trennfeld: smV 95 m, smD 36 m, smH 38 m ohne den dort 18 m mächtigen Felssandstein).

Gesteinsausbildung (regional): Die Formationen bestehen aus mittelsandigen Grobsandsteinen und zwischengeschalteten Mittel- und Feinsandsteinen (Abb. 50). Insbesondere in den Wechselfolgen sind einige Zentimeter bis mehrere Dezimeter mächtige Tonschluffsteine oder sandige Schluffsteine eingeschaltet, deren Anteil an der Abfolge nach Südwesten geringer wird. Die Mächtigkeit der Sandsteinkörper schwankt über das Profil zwischen einigen Dezimetern und mehreren Metern. Wenige Bänke zeigen gleichmäßige Kornverfeinerungen nach oben von Grob- bis Feinsand- oder Schluffstein, häufiger sind gleichmäßig gekörnte Bänke mit raschem Übergang in hangenden Feinsand- oder Schluffstein. Lagenweise und in stark wechselndem Maße sind Tonschluffstein-Intraklasten eingestreut. In der Grobsandfraktion treten neben mäßig gerundeten auch häufig gut bis sehr gut gerundete Körner auf. Feinkies-, selten Mittelkies-Gerölle (Gangquarz, Quarzite, oft nur mäßig gerundet) sind nur in wenigen Lagen vorhanden, auch in den Wechselfolgen. Die Gesteinsfarben sind eintönig rotbraun, untergeordnet hellrot oder beige gefleckt oder gestreift. Auch in den Wechselfolgen überwiegen fluviale Rinnensandsteine und Hochflutsedimente, lakustrine Fazieselemente treten nur vereinzelt und kleinräumig auf.

Gliederung: Volpriehausen-, Detfurth- und Hardeggen-Formation beginnen jeweils mit einer 5–20 m mächtigen Sandstein-Abfolge aus schwach geröllführenden Grob-, Mittel- und Feinsandsteinen, über der eine Wechselfolge aus Sandsteinbänken mit zentimeter- bis dezimetermächtigen Tonschluffstein-Zwischenlagen folgt. Die Gliederung umfasst daher Volpriehausen-Geröllsandstein, Volpriehausen-Wechselfolge, Detfurth-Geröllsandstein, Detfurth-Wechselfolge, Hardeggen-Geröllsandstein und Hardeggen-Wechselfolge (zum Felssandstein s. Kap. 6.5.4. und 8.10). Im Detfurth-Grobsandstein der Bohrung Reisenbach sind 8–10 m über der Basis mehrere geringmächtige Tonschluffstein-Lagen eingeschaltet, die wahrscheinlich dem „Zwischenmittel“ zwischen „Unter-“ und „Oberbank“ der hessisch-niedersächsischen Gliederung entsprechen (Tietze 2021). Die meist spärliche Geröllführung

ist in den Geröllsandstein-Horizonten, soweit überhaupt vorhanden, sehr wechselhaft und nicht als stratigraphisches Merkmal geeignet, zumal auch in den Wechselfolgen noch Gerölle auftreten können.

Fossilführung (regional): Trusheim (1935) und Kamphausen & Keller (1986) beschreiben einzelne Knochenreste von Temnospondylen aus dem Spessart, die nach letzteren Autoren aus der Hardeggen-Wechselfolge stammen sollen.

Alterseinstufung: Aufgrund der lithostratigraphischen Korrelation mit der Beckenfazies dieser drei Formationen ist auch am Übergang in die Randfazies mit einem Olenekium-Alter (Frühe Trias) zu rechnen.

Ältere Abgrenzungen und Namen: ‚Mittlerer Hauptbuntsandstein‘ (Schottler 1908 [einschl. suMW], Schuster 1932), ‚Grobkörniger, mürber Hauptbuntsandstein‘ (Erb 1928, Spitz 1933, Günzburger 1936, Hasemann & Teike 1937), ‚Volpriehausen-Geröllsandstein und -Wechselfolge, Detfurth-Geröllsandstein und -Wechselfolge, Hardeggen-Grobsandstein und -Wechselfolge‘ (Freudenberger 1990). Kartenkürzel: sm2; sm4; smVS – smVW – smDS – smDW – smHS – smHW; smV – smD – smH.

6.5.4 Solling-Formation (revidiert)

In der hier vorgestellten Einteilung des höchsten Mittleren Buntsandsteins südlich des Mains und östlich des Rheins werden neben dem Thüringischem Chirotheriensandstein und ‚Solling-Sandstein‘ im Sinne von Freudenberger (1990) auch der smVH2-Horizont und der Felssandstein in der Abgrenzung von Krämer & Kunz (1968) und Backhaus (1975) zur Solling-Formation gerechnet. Eine Diskussion der Zuordnung des Felssandsteins zur Solling-Formation findet sich in Kap. 8.10.

Namen: Nach dem Solling, einem Höhenzug in Südniedersachsen und Nordhessen (Boigk 1956).

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheit: Boigk (1956).

Typusgebiet: Südniedersächsisches Bergland (Lepper et al. 2013).

Referenzprofil (regional): Main-Fazies (Felssandstein bis Thüringischer Chirotheriensandstein): Bohrung Dertingen (BO6223-40: 13,30–30,70 m u. A.; Freudenberger 1990: S. 111f, B87), Schwarzwald-Fazies (nur smVH2): Bohrung Ensingen (BO7019-2042: 452,80–458,75 u. A.; Simon et al. 2013).

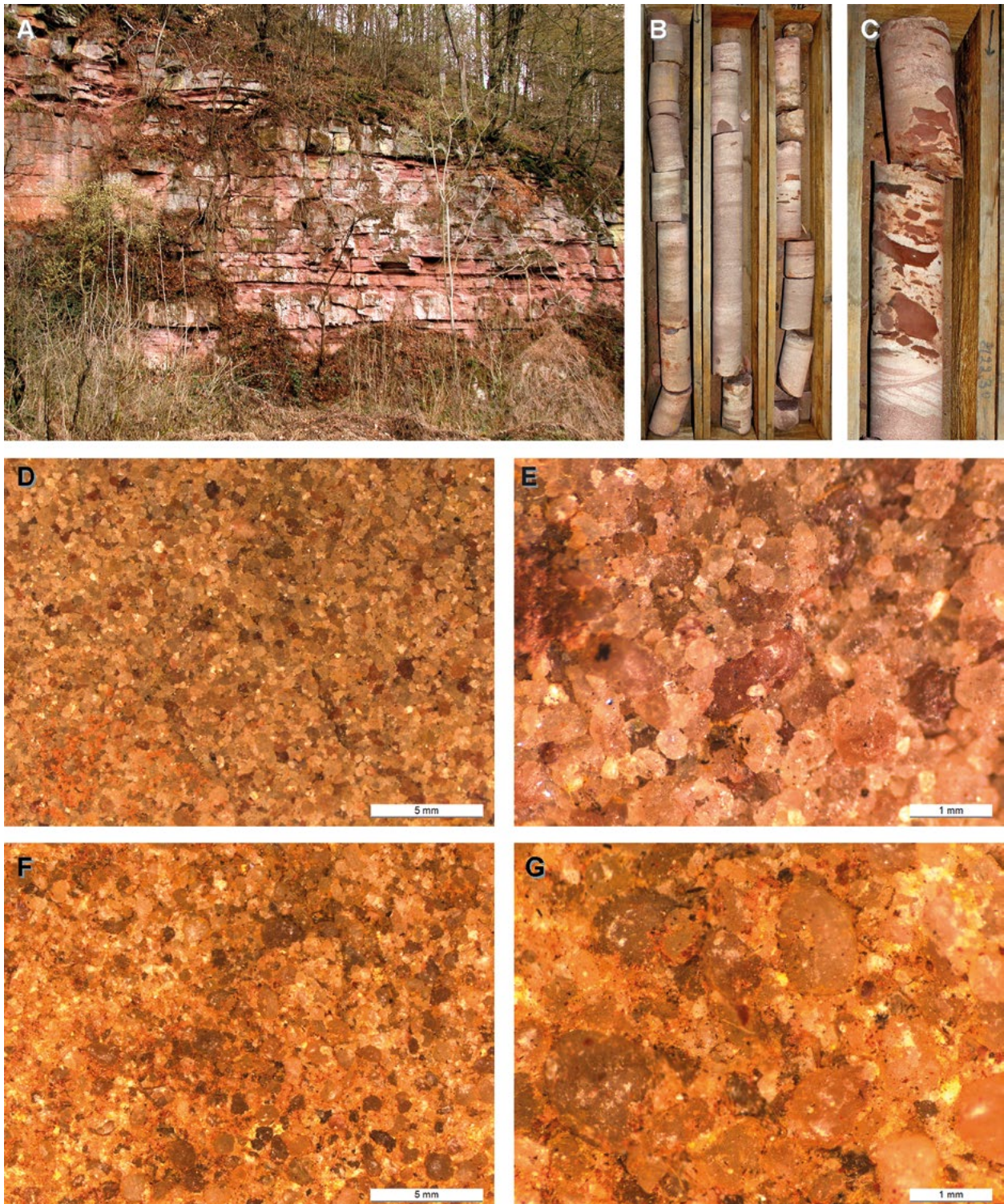


Abb. 50: Aufschlussbilder des Mittleren Buntsandsteins im Odenwald. **A.** Hardegsen-Wechselfolge aus geringmächtigen Rinnen- und Schichtflutablagerungen, Aufgelassener Steinbruch bei Wertheim-Bronnbach, Gemarkung Reicholzheim (Foto H. Bock; Bock et al. 2005), **B–G.** Bohrkern der Bohrung Reisenbach (BO6420-2): B. Volpriehausen-Grobsandstein (121–124 m), C. Rinnenbasis mit Tonschluffstein-Intraklasten (135,0–135,4 m). D–E. Felssandstein mit mäßig gerundeten Sand (8,5 m), F–G. Hardegsen-Formation mit gut bis sehr gut gerundeten Grobsandkörnern (45,4 m).

Verbreitung (BW): Als smVH2-Horizont vom Main-Tauber-Gebiet bis an den Hochrhein. Der Thüringische Chirotheriensandstein darüber ist auf das Main-Tauber-Gebiet beschränkt. Der Felssandstein darunter ist im Main-Tauber-Gebiet und südöstlichen Odenwald ausgebildet und

wird südlich etwa Eberbach–Mudau–Lauda von der Heidenstein-Subformation der Vogesen-sandstein-Formation vertreten, die bis an den Hochrhein verbreitet ist (Kap. 6.4.2 und 8.10). Der Nomenklaturwechsel findet statt, sobald die Formationen des Mittleren Buntsandsteins süd-

westlich dieser Linie nicht mehr sicher unterschieden werden können und deren Äquivalente zur Vogesensandstein-Formation zusammengefasst werden müssen.

Liegendes (regional): In revidierter Abgrenzung für den südöstlichen Odenwald: Hardeggen-Wechselagerung und, wenn erhalten, Violetter Horizont smVH1 („Untere Violette Zone“ bei Diederich & Hickethier 1971, bei Lepper et al. 2013: „VH2a“). Im Verbreitungsgebiet der Vogesensandstein-Formation (Südlicher Odenwald, Kraichgau und Schwarzwald) wird nur der smVH2 zur Solling-Formation gerechnet. Die Äquivalente des Felssandsteins sind als Heidenstein-Subformation in die Vogesensandstein-Formation einbezogen, da die Abgrenzung gegen die liegende Geröllsandstein-Subformation im Bohrgut unsicher bleibt, wo letztere ebenfalls von Mittelsanden geprägt ist und der smVH1-Horizont fehlt. Im Hochrheingebiet, den Weitenauer Bergen, Hotzenwald und Teilen Oberschwabens kann der smVH2 direkt auf Perm oder Kristallinem Grundgebirge liegen oder einen Paläoboden in in-situ vergrustem Granit oder Gneis bilden.

Basis (regional): Basis Felssandstein (Main-Fazies): Deutlich erosive Auflagerung von schrägschichteten, oft geröllführenden Rinnensandsteinen auf bankigen Sandsteinen oder Sandstein-Tonstein Wechselfolgen der Hardeggen-Formation. Der Violette Horizont 1 (smVH1), der im Schwarzwald unter dem Heidenstein-Kristallsandstein liegt (soweit nicht lokal erodiert) und nach Lammlen (1966: „Untere violette Grenzzone“) auch im Spessart örtlich erhalten ist, fehlt im Maingebiet und Odenwald weithin unter der erosiven Basis des Felssandsteins. Im Kornbestand werden die in der Hardeggen-Formation des südlichen Odenwalds häufigen sehr gut gerundeten Grobsandkörner über der Basis des Felssandsteins selten und setzen rasch ganz aus; sie fehlen in höheren Schichten. Die Grenzziehung entspricht damit der Grenze Schliffkopf-Geröllsandstein- (mit smVH1) zu Heidenstein-Subformation in der Vogesensandstein-Formation weiter südwestlich.

Basis smVH2 über Vogesensandstein-Formation (Schwarzwald-Fazies): Schichtfläche am oder über dem ersten Einsetzen pedogener Merkmale (Wurzelspuren, Krustenkarbonate, oft in Verbindung mit grau-violetten oder bunten Verfärbungen) im Dach der Heidenstein-Subformation. Die pedogenen (frühdiagenetischen) Veränderungen betreffen örtlich auch die obersten Sedimente des Heidenstein-Kristallsandsteins, über dessen Dachfläche die kondensierten und unterschiedlich stark überprägten Sedimente des eigentlichen „Karneoldolomit-Horizonts“ (smVH2) folgen.

Obergrenze (regional): Im Maingebiet Überlagerung der dünn-schichtigen Sandsteine des Thüringischen Chirotheriensandsteins durch graue Tonsteine des basalen Oberen Buntsandsteins („Chirotherienschiefer“). Nach Süden und Westen keilen beide Einheiten südlich von Wertheim aus bzw. gehen in den Karneoldolomit-Horizont (smVH2) über, dessen Obergrenze bis in den Südschwarzwald die Grenze zur Plattensandstein-Formation bildet. Am Hochrhein sind Äquivalente des tiefsten Plattensandsteins teilweise ebenfalls als Paläoboden-Komplex ausgebildet und bilden zusammen mit dem smVH2 einen bis 10 m mächtigen und meist nicht weiter gliederbaren amalgamierten „Violetten Horizont“, weshalb die kartierbare Obergrenze hier örtlich stratigraphisch höher gezogen werden muss als weiter nördlich.

Hangendes (regional): Plattensandstein-Formation.

Mächtigkeit (regional): Im Odenwald bis 20–25 m, davon 10–20 m Felssandstein und Karneoldolomit-Horizont smVH2, 0–8 m Thüringischer Chirotheriensandstein (einschl. „Solling-Sandstein“ i. S. v. Freudenberger 1990). Im Kraichgau und Schwarzwald (nur smVH2) schwankend zwischen 1 m und 4–5 m, häufig um 3 m (im Hangenden von meist 5–15 m Heidenstein-Kristallsandstein der Vogesensandstein-Formation).

Gesteinsausbildung (generell): Der Felssandstein stellt einen mehrere Meter mächtigen Horizont aus meist kieselig gebundenen, oft glimmerführenden Sandsteinen und eingeschalteten Tonschluffsteinen dar. Die Schichtungsgefüge werden meist durch ineinander geschachtelte Rinnenfüllungen bestimmt, zwischen denen lokal Tonstein- oder Feinsandstein-„Linsen“ erhalten sein können, die auch als abschließende Lage über den mäßig sortierten, teils vorherrschend mittel-, teils grobsandigen Rinnenfüllungen liegen können. Einzelne Rinnenfüllungen sind dabei zwischen 0,5 und >2 m mächtig. Die Sandsteine führen in lateral stark wechselnder Dichte Feinkies-Gerölle (selten Mittelkies), überwiegend Quarz, die gewöhnlich schlechter gerundet sind als jene der liegenden Formationen. Die Geröllführung kann jedoch örtlich ganz fehlen.

Der Karneoldolomit-Horizont smVH2 besteht aus lateral rasch wechselnden Abfolgen von Fein-, Mittel- und örtlich auch Grobsandsteinen, die geröllführend sein können und in die sich teils glimmerführende Ton- und Schluffsteine einschalten können. Einzelne Sedimentkörper erreichen selten eine Mächtigkeit von mehr als wenigen Dezimetern. Die Sandsteine sind örtlich



rotbraun ohne große Unterschiede zu den liegenden Einheiten, meist jedoch frühdiaogenetisch auffällig gefärbt: violett bis grau-violett (durch gröberkristalline Hämatitüberzüge als in den rotbraunen Gesteinen), braun bis gelb (durch dolomitische Zemente oder Krusten), grau (durch unverwitterte Karbonatzemente oder Einkieselungen), weiß (durch Lösungsabfuhr aller färbenden Mineralbeimengungen). Die Karbonate können als Zement auftreten (in kleinen Flecken, größeren Knollen oder als bankige Schichtzementation), als Krustenbildung (Sandführung ohne Kornkontakte, gefügediskordante Schlieren und Streifen innerhalb der Sandsteine, Knollenbildungen) oder als sekundär rekristallisierte Bänke (bis über 1 m Mächtigkeit). In den Karbonaten, teils auch außerhalb in den Sandsteinen sind örtlich, aber nicht überall Chalzedon- oder Karneol-Abscheidungen in Schlieren, Knollen oder unregelmäßigen Umkrustungen anzutreffen. Die Chalzedone können weiß, grau, gelblich oder rot sein, wobei der Karneol dem Horizont seinen Namen einbrachte. In der Literatur werden gelegentlich auch andersfarbige Chalzedone mineralogisch unrichtig als „weißer Karneol“ etc. bezeichnet. Daneben treten auch kieselig gebundene Sandsteine mit syntaxialen Quarzementen (z. T. mit ausgebildeten Kristallflächen) auf, die häufig grau oder weiß gebleicht sind und durch ausgewitterte Karbonatzement-Nester löchrig erscheinen können. Im Hochrheingebiet treten lokal kleine Sulfatknollen auf.

Der Thüringische Chirotheriensandstein besteht aus lateral wechselnden Dezimeter- bis metermächtigen Rinnenfüllungen und dünn-schichtigen Lagen aus blassgrauen, teils grünlichen oder rotbraunen glimmerführenden und teilweise kieseligen Fein- bis Mittelsandsteinen, teilweise mit Tonstein-Intraklasten, und Zentimeter- bis metermächtigen rotbraunen Tonschluffsteinen.

Gliederung: In der für Odenwald und Main-Tauber-Gebiet revidierten Fassung beginnt die Solling-Formation mit dem Felssandstein („Oberer Geröllhorizont“ hessischer Abgrenzung) über einer Erosionsdiskordanz, die der H-Diskordanz des Norddeutschen Beckens entspricht (Diskussion s. Kap. 8.10). An der Obergrenze des Felssandsteins ist der Karneoldolomit-Horizont smVH2 („VH2b“ bei Lepper et al. 2013) ausgebildet, der offenbar als terrestrischer Kondensationshorizont den Solling-Bausandstein bzw. die Trendelburg- und Karlshafen-Schichten der hessisch-niedersächsischen Ausbildung vertritt und mit der S-Diskordanz korreliert. Über dem Karneoldolomit-Horizont smVH2 folgt im Maingebiet der Thüringische Chirotheriensandstein, der in der Bayrischen

Kartiergliederung weiter in massiven ‚Solling-Sandstein‘ (Rinnen-Fazies) und plattigen Thüringischen Chirotheriensandstein (i. e. S.; Schichtflut-Fazies) unterteilt wird (z. B. Freudenberger 1990). Der am Main nur wenige Meter mächtige Thüringische Chirotheriensandstein keilt gegen den Odenwald und nach Süden aus bzw. geht in die kondensierte Fazies des Karneoldolomit-Horizont smVH2 über.

Fossilführung (regional): Aus dem Felssandstein im südöstlichen Odenwald und dem Main-Tauber-Gebiet nicht bekannt (vgl. dazu Kap. 6.4.2). Ein von Trusheim (1935) dem Felssandstein des Spessarts zugeschriebener Temnospondylen-Knochen aus einem Hangschutt-Block wurde später von Kamphausen & Keller (1986) der Hardeggen-Wechselfolge zugeordnet. Ob der Fund einer Chirotherienfährte im Gehängeschutt bei Neckargerach (Hasemann 1930) hierhergehört, ist unklar. Aus dem smVH2-Horizont wurden mehrfach Wurzelspuren und Wühlgefüge beschrieben (Ortlam 1967, 1968, 1969a, 1969b, 1974, Dachroth 2009). Ob lokal wie in anderen „Violetten Horizonten“ auch Wirbeltierreste auftreten können, ist wegen teils ungenauer stratigraphischer Angaben unklar; die „saurierknochenführenden bunten Grenzschichten“ bei A. Schmidt (1931) beziehen sich jedenfalls auf den smVH1 in der Vogesensandstein-Formation (Kap. 6.4.2). Aus dem Thüringischen Chirotheriensandstein im Landesgebiet sind bisher noch keine Wirbeltierfährten bekannt.

Alterseinstufung: Folge s6; spätes Olenekium. Nach biostratigraphischer Korrelation anhand von Conchostraken sahen Kozur & Weems (2010) die Olenekium–Anisium-Grenze in der höheren Solling-Formation an der Basis der Stammen-Schichten, was etwa dem Karneoldolomit-Horizont smVH2 unter dem Thüringer Chirotheriensandstein entspricht. Menning & Käding (2013) sehen die Olenekium–Anisium-Grenze aufgrund magnetostratigraphischer Daten nahe der Grenze der Folgen s6–s7, was Menning (2020) auf die den Grenzbereich s7.1–s7.2 präzisiert. Dies entspricht der früheren Einstufung nach Conchostraken durch Kozur et al. (1993) und ebenfalls den palynologischen Ergebnissen von Doubinger & Bühmann (1981) in der hessischen Beckenfazies (vgl. Kap. 4). Da die Unterfolge s7.1 („Chirotherienschiefer“, „Salinarröt“) in Baden-Württemberg stark kondensiert ist oder fehlt, dürfte die Altersgrenze zwischen Früher und Mittlerer Trias annähernd mit der Basis der Plattensandstein-Formation zusammenfallen oder im smVH2-Horizont liegen.

Ältere Abgrenzungen und Namen: Im Odenwald wurden die Schichten unter dem smVH2-Horizont von Hildebrandt (1924) als ‚Kristallsandstein‘ bezeichnet. Im Spessart und Maingebiet nannten wenig später Reis (1928) und Schuster (1932) felsbildende kieselige Sandsteine in vergleichbarer Position ‚Felssandstein‘, wobei anfangs teilweise härtere Sandsteine unterhalb der heute genauer definierten Kartiereinheit mit einbezogen waren (Backhaus 1968). Auf den geologischen Kartenblättern des badischen Odenwalds finden sich die Namen ‚Oberes Geröllniveau‘ (Schalch 1894, 1898), ‚Oberer Geröllhorizont‘ (Andreae & Osann 1896, Thürach 1918), ‚Hauptgeröllhorizont‘ (Schottler 1908, Hasemann 1928), ‚Oberer Hauptbuntsandstein‘ (Spitz 1933), ‚Quarzitischer Hauptbuntsandstein‘ (Erb 1928, Spitz 1933, Günzburger 1936, Hasemann & Teike 1937), ‚Felssandstein‘ (Freudenberger 1990). Kartenkürzel: smc2; c2; sm,c2; sm5; smHF; smHSF.

Der smVH2-Horizont wurde zuerst von Sandberger (1861) als „bläulicher oder violetter Sandstein mit Dolomitausscheidungen“ erwähnt. Für die Umgebung von Heidelberg weisen daher Andreae (1893) und Andreae & Osann (1893) eine ‚Carneol-Bank‘ aus. Die geologischen Karten in Schwarzwald, Kraichgau und Odenwald nennen die Schicht daraufhin ‚Dolomit-Karneolbank‘ (Schalch 1894, 1898), ‚Karneolbank‘, ‚Carneolbank‘ (E. Fraas 1894, 1897, Schalch 1895, 1897, 1898, 1899, Schottler 1908, Thürach 1918), ‚Karneolhorizont‘, ‚Carneolhorizont‘ (Sauer 1895, 1897, 1898, Schalch & Sauer 1903, Schalch 1903, 1904, 1906, 1912, 1922, Schnarrenberger 1914, 1915, Brill 1931, 1933, Hasemann 1934, Hüttner & Wimmenauer 1967), ‚Karneolführende Schichten‘ (Regelmann 1907), ‚Karneolschichten‘ (Hasemann 1928, 1930), ‚Karneol, besser Dolomithorizont‘ (Brill 1929), ‚Dolomit-Karneolhorizont‘ (Erb 1928, Spitz 1933, Günzburger 1936, Hasemann & Teike 1937), ‚Karneol-Dolomit-Horizont‘ (Kessler & Leiber 1980, 1994, Wolff 1988, Leiber in M. Schmidt 1989, Freudenberger 1990, Kessler 2009), ‚Karneoldolomithorizont‘ (Bangert 1991). Der Name ‚Violetter Horizont VH2‘ geht auf die Benennung zurück, die Ortlam (1966 ff) zunächst für den Schwarzwald aufgestellt hat (vgl. Kap. 6.4.2 und Anhang 1).

Der Thüringische Chirotheriensandstein ist auf Landesgebiet nur im Maingebiet um Wertheim in geringer Mächtigkeit ausgebildet. Bei Freudenberger (1990) wird der untere, durch Rinnensandsteine geprägte Abschnitt ‚Solling Sandstein smSS‘ und nur der obere, dünnsschichtige Teil ‚Thüringischer Chirotheriensandstein smST‘ genannt. Im übrigen Landesgebiet ist diese Fazies nicht ausgebildet.

6.6 Gliederung des Oberen Buntsandsteins

Der Obere Buntsandstein zeigt im gesamten Landesgebiet eine generell einheitliche, regional aber unterschiedlich proportionierte Gliederung in die Plattensandstein-Formation (unten) und die Rötton-Formation bzw. Röt-Formation (oben). Die vorherrschend tonig-schluffige Röt-Formation, die den Oberen Buntsandstein in Norddeutschland und bis ins hessische Bergland alleine vertritt, nimmt im Nordosten des Landes am Main noch etwa die obere Hälfte des Oberen Buntsandsteins ein und wird nach Südwesten zunehmend von der nahezu geschlossenen Sandstein-Abfolge der Plattensandstein-Formation ersetzt, die am Hochrhein örtlich den gesamten Oberen Buntsandstein vertritt oder nur noch von einem kaum mehr als metermächtigen Ausläufer der Rötton-Formation überlagert wird.

6.6.1 Plattensandstein-Formation

Name: Alberti (1834); als ‚Plattensandstein-Formation‘ formalisiert seit 1997 im Symbolschlüssel Geologie für Baden-Württemberg (LGRB 2000).

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheit: Alberti (1834) als ‚eigentlicher Buntsandstein (Plattensandstein)‘.

Typusgebiet: Kraichgau und östlicher Nord-schwarzwald.

Typusprofil: Bohrung Kraichgau 1002 Gemmingen (BO6819-83: 244,6–290,85 m u.A.; Junghans 2003), aufbewahrt am LGRB Freiburg (Abb. 51).

Referenzprofil: Main-Tauber-Gebiet: Tiefbohrung Bad Mergentheim (BO6524-6: 60,30–91,20 m u.A.; Carlé 1956), Nordschwarzwälder Ausbildung: Bohrung Ensingen E15 (BO7019-2042: 409,14–452,80 m u.A.; Simon et al. 2013), Zentralschwarzwälder Ausbildung: Bohrung Horgen (BO7817-978: 171,60–184,95 m u.A.; Abb. 46), Hochrhein-Ausbildung: Bohrung Steinen B1 (BO8312-684: 22,30–57,00 m u.A.; Nitsch et al. 2017).

Verbreitung: Ausstrich im Main-Tauber-Gebiet, Odenwald, Bauland, Kraichgau, Schwarzwald, Vorbergzone des Oberrheingrabens und Hochrheingebiet. Unter jüngerer Überdeckung im mittleren Kraichgau und im Untergrund des Schicht-



stufenlands. Die südöstliche Verbreitungsgrenze verläuft im Untergrund vom westlichen Bodensee über den Raum Ulm zum Nördlinger Ries.

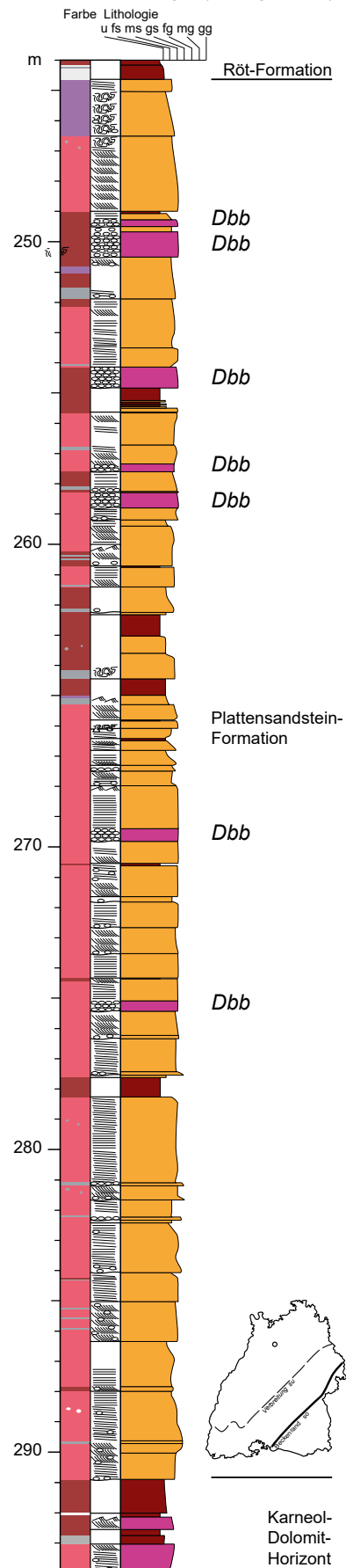
Liegendes: Solling-Formation, meist smVH2-Horizont, im Main-Tauber-Gebiet im Norden teilweise Thüringischer Chirotheriensandstein; die in Unterfranken verbreiteten ‚Chirotherienschiefer‘ über dem Thüringischen Chirotheriensandstein sind südlich des Mains bereits ausgekilt (Freudenberger 1990). Örtlich durch Ausfall des smVH2-Horizonts Auflagerung unmittelbar auf Vogesensandstein-Formation (Heidenstein-Subformation), im Hochrheingebiet örtlich auf Wiesental-Formation (Perm) oder auf Kristallin (im Hotzenwald).

Basis: Im Maingebiet die Obergrenze des Thüringischen Chirotheriensandsteins in dessen Verbreitungsgebiet. Im größten Teil des Landesgebiets die ersten nicht pedogen beeinflussten Sandsteine über der Obergrenze des Karneol-Dolomit-Horizonts smVH2. Da sich im Hochrheingebiet und Südschwarzwald teilweise Violette Horizonte der basalen s7-Folge unmittelbar an den smVH2 der Folge s6 anschließen, kann die kartierbare Grenze dort oberhalb der Foliegrenze s6/s7 liegen. Im Südschwarzwald, besonders im Hotzenwald, lagert die Plattensandstein-Formation örtlich direkt auf dem Grundgebirge, dessen grusige Verwitterungszone mit Dolomitkrusten und/oder Karneol imprägniert sein kann.

Obergrenze: Faziesgrenze zur Rötton-Formation durch rasch zunehmenden Anteil von Schlufftonsteinen am Profilaufbau (50–95% gegenüber <50% in der Plattensandstein-Formation). Im Main-Tauber-Gebiet erfolgt dies bereits unter dem Rötquarzit mit Einsetzen der Unteren Röttone (Karsdorf-Subformation). In südöstlichen Odenwald kann die Grenze am Oberen Dolomithorizont (so3D bzw. ‚VH5‘) gezogen werden, im südlichen Odenwald z. T. an der Basis des Rötquarzits, wo dieser durch Fazieswechsel vom Plattensandstein abgrenzbar ist. Im Kraichgau und Schwarzwald setzt sich die Plattensandstein-Fazies über dem Niveau des Rötquarzits fort, die Grenze liegt hier am Übergang von Plattensandstein-Fazies in sandarme (Obere) Röttonsteine, die hier meist nur Teile des Diedesheim-Horizonts vertreten (s. Kap. 6.6.2). Im Hochrheingebiet ist der höhere Plattensandstein örtlich stark von roten Schluffsteinen mit geringmächtigen Sandsteinlagen ge-

► **Abb. 51:** Typusprofil der Plattensandstein-Formation im Bohrkern BO6819-83 Gemmingen (Kraichgau 1002), umgezeichnet nach Junghans (2003). Dbb: Dolomitbröckelbänke (Resedimente aus aufgearbeiteten Violetten Horizonten).

BO6819-83 Gemmingen (Kraichgau 1002)



prägt. Die nicht sehr scharfe Grenze zur Rötton-Formation kann hier am Übergang der tonarmen Schluffsteine in Schlufftonsteine mit dolomitischen Konkretionen gezogen werden. Im Hochrheingebiet und am südlichen Oberrhein kann die Rötton-Formation örtlich auch ganz fehlen und die Basis des Unteren Muschelkalks die Obergrenze bilden (graue dolomitische Mergelsteine oder Dolomitsteine der Freudenstadt-, am Oberrhein auch dolomitische graue Sandsteine der Udelfangen-Formation).

Hangendes: Rötton-Formation, am Hochrhein örtlich Muschelkalk.

Mächtigkeit: bis über 50 m im Odenwald und Kraichgau (BO6719-178 Steinsfurt: 56 m), nach Süden abnehmend auf 20–40 m im Zentral- und Nordschwarzwald und teilweise <10 m im Hochrheingebiet. Gegen Südosten zwischen westlichem Bodensee und Ries auskeilend. Im östlichen Odenwald, Main-Taubergebiet und unter Hohenlohe im oberen Abschnitt durch Rötton-Formation vertreten und daher ebenfalls nach Nordwesten abnehmende Mächtigkeiten (30–40 m am Main, BO6623-72 Ingelfingen: 41,8 m).

Gesteinsausbildung (generell): Fein- und Mittelsandsteine in Dezimeter bis mehrere Meter mächtigen Schüttungskörpern, vielfach feinschichtig („plattig“) mit lokal eingeschalteten massiven schräggeschichteten Rinnenfüllungen (Abb. 27, 52, 53; hierzu M. Schmidt 1912, S. 14: „Der Wechsel von quadrigem Fels zu solchen glimmerschichtigen Platten und Schiefen erfolgt oft in Horizontalrichtung ziemlich schnell“). Meist schwach bis stark glimmerführend (überwiegend Hellglimmer), mit Zwischenlagen von schluffigen Feinsandsteinen, feinsandigen oder tonigen Schluffsteinen, Intraklasten-reichen Sandsteinen mit Tonschluffstein- und Dolomitstein-Intraklasten („Dolomitbröckelbänke“, vgl. Anhang 1). Lageweise dolomitisch zementiert oder mit Krustenkarbonaten durchsetzt. Lokal (Südschwarzwald, Kraichgau) führen die Dolomitkrusten Karneol (z.B. Schmidt & Rau 1906, 1910, Bräuhäuser & Schmidt 1908, Bräuhäuser 1909, Meister 1960), im Hotzenwald können lokal ganze Sandsteinbänke mit Karneol zementiert sein (Meister 1960, Sawatzki 2005). Die Sandsteine sind meist kieselig-tonig zementiert. Wibe (1831) erwähnt die lokale Gewinnung von Scheuersand aus mürbe verwittertem gebleichtem (weißem) Sandstein bei Wertheim.

Grobsandsteine und Geröllführung treten vor allem im Südschwarzwald (nach Norden bis zur Emmendinger Vorbergzone und Donau) und im Hochrhein-

gebiet in Erscheinung (Schattenmühle-Grobsandstein). Sie bilden dann meist den unteren Teil der Formation, können aber nahe am Beckenrand im Untergrund von Oberschwaben, Schwäbischer Alb und Keuperbergland bis ins Riesvorland auch im höheren Teil eingeschaltet sein oder den Oberen Buntsandstein ganz vertreten. Unter den basalen Grobsandsteinen der Plattensandstein-Formation ist im Hotzenwald lokal unmittelbar auf Kristallin eine Basisbrekzie oder ein Konglomerat aus kaum gerundeten Geröllen ausgebildet („Basiskonglomerat“: Meister 1960), das kleinräumige Senken im Paläorelief der Grundgebirgsoberfläche auffüllt und dann mehrere Meter Mächtigkeit erreichen kann (vgl. Kap. 8.14: Grafenwöhr-Formation). Ansonsten zeigen sich grobsandige Einschaltungen im westlichen Kraichgau, insbesondere um Karlsruhe und Leimen, meist in geringmächtigen Lagen oder als Zumischungen in Mittelsandsteinen und Dolomitbröckelbänken, teils nur als eingestreute Einzelkörner. Der Grobsandanteil ist dabei meist schlecht gerundet bis kantengerundet.

Gliederung: Formal keine. Die von Ortlam (1967 ff) an Teilprofilen praktizierte Gliederung durch Paläoboden-Komplexe ‚VH3‘ bis ‚VH5‘ hat in der Folge in längeren zusammenhängenden Profilen keine konsistente Korrelationsmöglichkeit ergeben (Abb. 51, 54; s. Diskussion in Kap. 8.12). Die Paläoböden und Paläoboden-Resedimente („Bröckelbänke“) treten häufiger im tieferen Teil der Abfolge auf. Der jeweils oberste ausgebildete Pedohorizont liegt jedoch in lokal unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus, weshalb eine Zweiteilung am lokal obersten „VH“ oder „Dolomithorizont in den konkreten Profilen keine konsistente Korrelation ergibt, sondern lediglich eine schwankende Faziesgrenze. Zudem zeigen sich beim Vergleich eng benachbarter Profile deutliche Variationen der Profilentwicklung, insbesondere im Wechsel von Sandsteinen und Tonschluffstein-Einschaltungen (Abb. 55).

Im Südschwarzwald und den Weitenauer Vorbergen kann eine basale, teils mehrere Meter mächtige Abfolge von teils geröllführenden Grobsandsteinen informell als ‚Schattenmühle-Grobsandstein‘ abgegrenzt werden. Es handelt sich dabei um eine randnahe Sonderfazies mit stark diachroner Grenze in die hangende eigentliche Plattensandstein-Fazies. Ähnliche grobsandige Ablagerungen finden sich als Ausläufer der ‚Couches intermédiaires‘ mehrfach entlang des Oberrheingrabens und als grobe Randfazies in Bohrungen entlang des vindelizischen Beckenrands und bis zu 70 km davon entfernt (BO6928-3 Dinkelsbühl, BO7022-54 Allmersbach a. W., BO7323-2 Albershausen, wahrscheinlich auch BO7422-79 Urach und in BO6724-49 Waldenburg).



Abb. 52: Aufschlussbilder des Oberen Buntsandsteins. **A.** Rinnensandsteine (Werksteinfazies) in der höheren Plattensandstein-Formation, Steinbruch Glatten bei Freudenstadt; am oberen Bildrand die Rötton-Formation. **B.** Plattig aufwitternde Sandsteine des Oberen Buntsandsteins bei Oberschwarzach im Kleinen Odenwald (Foto T. Huth). **C.** Schlufftonstein-Einlagerung in der Plattensandstein-Formation im Steinbruch Glatten. **D–E.** Dolomitische Einlagerungen im Plattensandstein, Bohrung Ensingen (BO7019-2042; Kerndurchmesser jeweils 12 cm, Foto O. Wendt), **D.** Horizontal- und Schräggeschichteter Feinsandstein mit grünem Bleichungsfleck (442,3 m); **E.** „Dolomitbröckelbank“, Intraklastenbrekzie aus Dolomitstein- und Tonstein-Stückchen (428,1 m). **F–G.** Feinsandstein mit schlecht gerundetem Sand, Plattensandstein-Fazies der Bohrung Steinen B2 (BO8312-685, 8,8 m). **H.** Schräggeschichtete Grobsandsteine, Schattenmühle-Grobsandstein, Schattenmühle im Wutachtal. **I.** Schattenmühle-Grobsandstein mit hohem Anteil gut bis sehr gut gerundeter Grobsande, Bohrung Steinen B2 (BO8312-685, 37,5 m). **J.** Mischung aus gut und schlecht gerundetem Grobsand, Schattenmühle-Grobsandstein, Bohrung Bettmaringen (BO8216-215, 15 m).



Abb. 53: Bohrkern der Bohrung Horgen (BO7817-978) vom Niveau des smVH2-Horizonts (unten links, mit Dolomitknollen) bis zum basalen Muschelkalk (oben rechts, Plattendolomit muPD und Liegende Deckbänke muLDB). Erschlossen ist der gesamte Obere Buntsandstein aus Plattensandstein- (soPL) und Rötton-Formation (soT; vgl. Abb. 46).

Die von Hildebrand (1924), Backhaus (1974) und Anderen im Odenwald als ‚Oberer Plattensandstein‘ bezeichneten Sandsteine in den Unteren Röttonsteinen werden hier als Homburg-Sandsteinhorizont zur Karsdorf-Subformation der Rötton-Formation gestellt (Kap. 6.6.2).

Fossilführung: Wurzelspuren von Koniferen und örtlich Rhizome und Wurzelspuren von Schachtelhalm sind aus verschiedenen Paläoboden-Kom-

plexen des Plattensandsteins beschrieben worden (Sandberger 1882, Trusheim 1937, Gehenn 1962, Ortlan 1967, Backhaus 1974). Im Plattensandstein wurden auch Spross- und Blattreste von Pflanzen gefunden, von denen Frentzen (1914, 1930/31) die ausführlichste Aufzählung gibt (Nomenklatur revidiert bei Grauvogel-Stamm 1978; Abbildungen bei R. Wild 1998). Es herrschen Farne (*Anomopteris mougeoti* Brongniart, *Crematopteris typica* Schimper & Mougeot, *Thamnopteris vogesiaca*

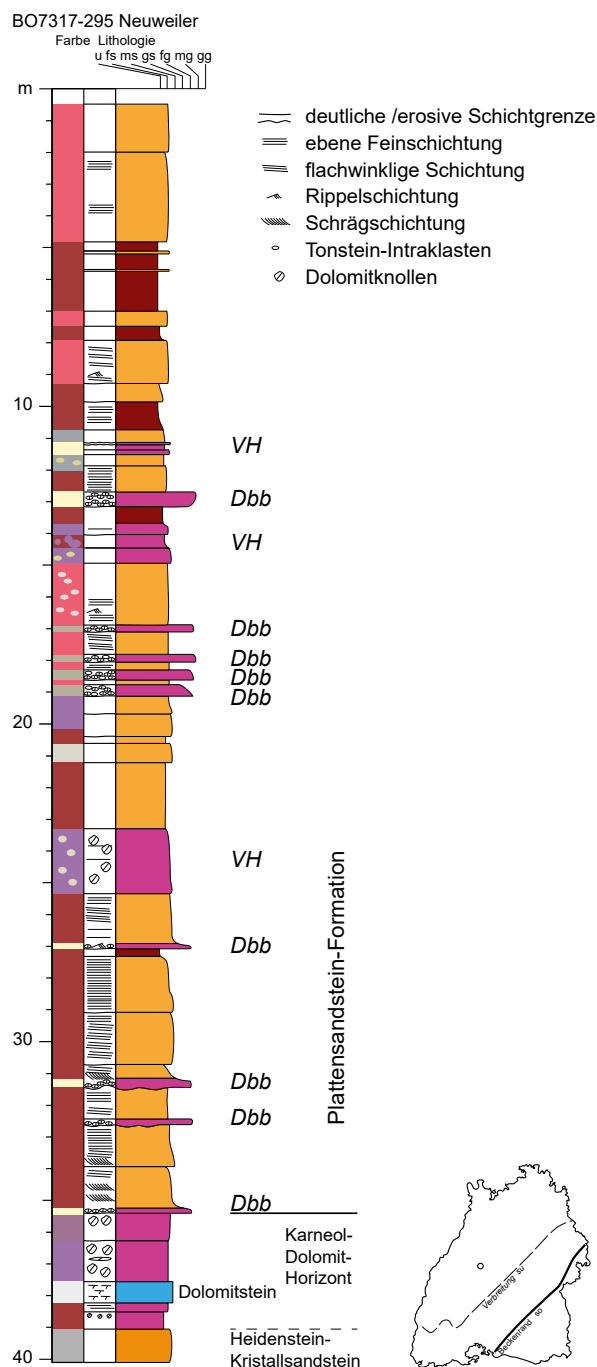


Abb. 54: Profil der Plattensandstein-Formation im Bohrkern BO7317-295 Neuweiler. Der Bohransatzpunkt lag im obersten Plattensandstein. Die Acht Aufarbeitungsbrekzien („Dolomitbröckelbänke“ Dbb) mit Intraklasten aus erodierten Paläoböden und drei „Violette Horizonte“ in situ liegen im Vergleich mit den sieben Dbb-Lagen von Gemmingen (Abb. 51) in anderen Niveaus und müssen wie dort als lokale Bildungen betrachtet werden.

Schimper sowie *Psaronius*-Stammstücke) und Schachtelhalme (*Equisetites mougeoti* Brongniart, *Schizoneura paradoxa* Schimper & Mougeot) vor. „In Süddeutschland selten“ (M. Schmidt 1928: 80) sind Stammstücke von *Pleuromeia* sp. (bei Stark 1909 und Frentzen 1914 „*Pleuromoya*“; zur

Nomenklatur s. Wang 2008). Die meisten Funde stammen aus dem Kraichgau, z. B. bei Karlsruhe (Alberti 1834, Sandberger 1864, Stark 1909, 1913, Gehenn 1959, Mader 1990) oder Weiler (Gehenn 1959, 1962), vereinzelte Funde jedoch auch aus dem Schwarzwald, z. B. bei Villingen (Alberti 1834), Nagold (Bach 1869), vom Ufer des Hochrheins (Disler 1914) und aus dem Wutachgebiet (Falkenstein 2010).

Schon Alberti (1834: 39) erwähnte fossile „Hölzer verschiedener Dicotyledonen“ und ein „Nest schiefriger Kohle“ bei Niedereschach, das wohl ebenfalls als inkohltes und kompaktiertes Holz aufzufassen ist. Frentzen (1914, 1930/31) nennt fossile Stamm- (darunter *Pinites ramosus* Blauhorn und *Palaetaxodioxylon gruenwetterbachense* Frentzen), Ast- und Zweigreste von Nadelhölzern (*Voltzia heterophylla* Brongniart, *Endolepis vogesiaca* (Schimper & Mougeot) Fliche [= *Knorria paläotriasica*], *Lesangeana hasseloti* Mougeot), Nadelholzzapfen (*Willsiostrobus rhomboidalis* (Grauvogel-Stamm) Grauvogel-Stamm & Schaar-schmidt = „*Lepidostrobus*“ *palaeotriasicus* Fren-tzen—der Vergleich mit *Lepidodendron*-Zapfen sei jedoch „nach Gothan ... bestimmt abzulehnen“: M. Schmidt 1928: 81) sowie Cycadophyten (*Zamites vogesiacus* Schimper & Mougeot [= *Otozamites*]) und deren mögliche Samen (*Carpolites* sp.). Die von Sandberger (1864) erwähnten „Stammstücke von *Caulopteris Voltzii* Schimp.“ sind heute wohl entweder zu *Lesangeana voltzii* (Schimper & Mougeot) Mougeot oder ebenfalls zu *L. hasseloti* zu rechnen.

Während aus Schwarzwald und Odenwald mehrfach Funde von Conchostraken erwähnt wurden (Bach 1869, Schmidt & Rau 1906, M. Schmidt 1908, 1912, Günzburger 1936, Sack 1962, Jörg 1969), nach Gehenn (1962: 71) örtlich mit Erhaltung anatomischer Details, sind Fundmeldungen anderer Arthropoden weitgehend auf den Kraichgau beschränkt. Lediglich bei Villingen im Schwarzwald wurden Reste des Pfeilschwanzkrebsses *Limulitella bronni* (Schimper) gefunden (Pfannenstiel 1928a, 1928b). Die Art ist auch aus dem linksrheinischen Voltziensandstein bekannt (Gall 1971). Ob es sich um denselben Fundhorizont wie jenen in der Röttonfazies von Dallau (s. u.) handeln könnte, ist nachträglich nicht mehr zu ermitteln. In Karlsruhe-Durlach fanden sich neben Conchostraken mehrere Krebse, darunter *Paralitogaster durlachensis* (Förster) [= „*Aspidogaster*“; vgl. Sepkoski 2002], *Apudites antiquus* Schimper und *Triasocaris peachi* Bill (Gehenn 1959, 1962, Förster 1967, Jörg 1969, 1970). Gehenn (1959) erwähnt von dort zusätzlich Triopsiden.

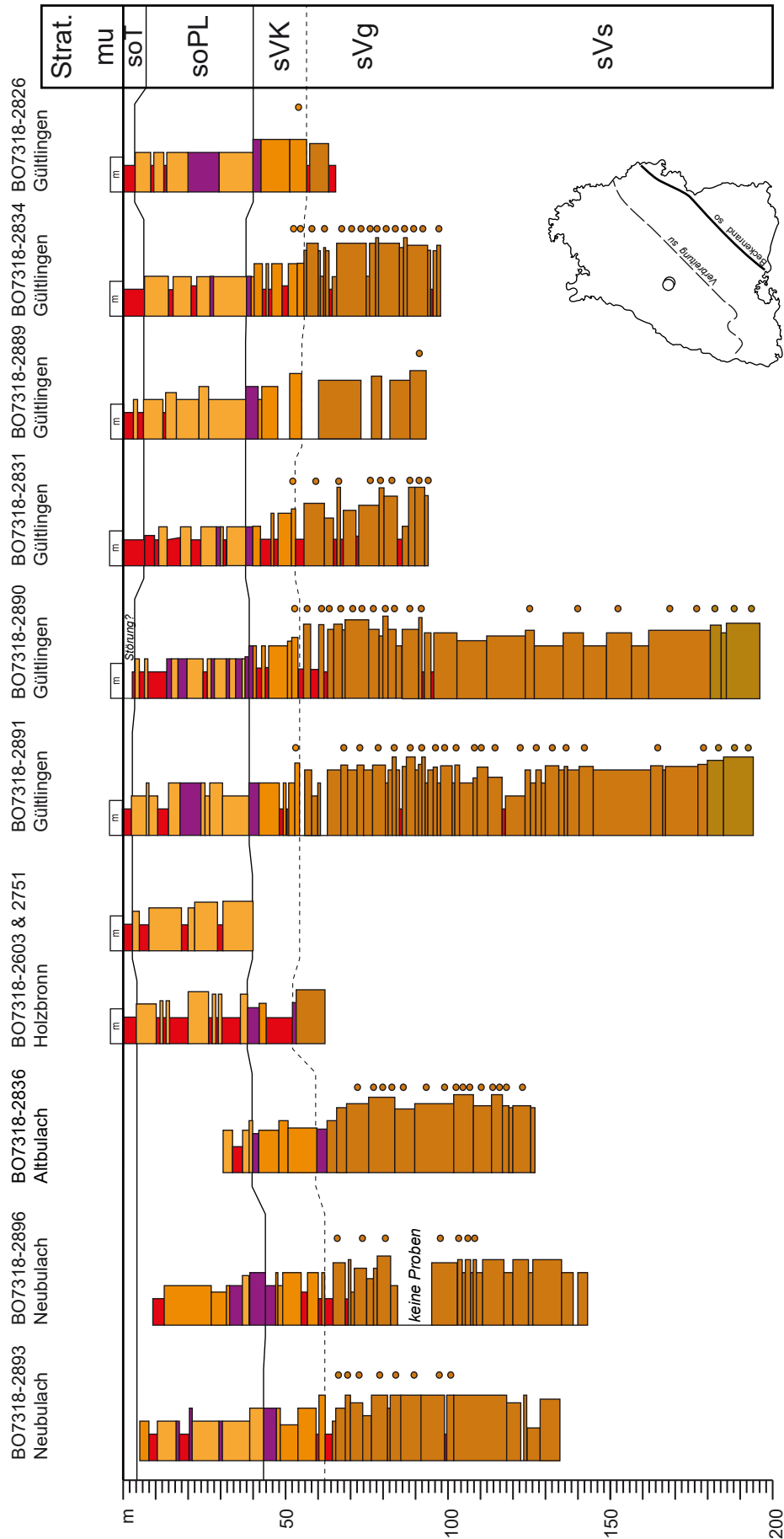


Abb. 55: Profile des Oberen Buntsandsteins zwischen Neulach und Gültlingen (Kreis Calw). Die äußersten Profilpunkte sind weniger als 10 km voneinander entfernt. Die Ausbildung der Plattensandstein-Formation (soPL) variiert auf kurze Distanzen stark, auch die darin ausgebildeten „Violetten Horizonte“ (Paläoböden und Resedimente aus aufgearbeiteten Paläoböden) haben nur geringe laterale Verbreitung und liegen in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus.



Ob die häufiger genannten *Diplocraterion*-Spurenfossilien, im Buntsandstein meist unter dem Synonym „*Corophioides*“ oder als „*Arenicola*“ angeführt (Frentzen 1924, Hildebrand 1924, Hoppe 1926, Andrée 1927, Ortlam 1967, 1968), auf Krebstiere oder Insektenlarven zurückzuführen sind, ist bislang nicht geklärt (vgl. Seilacher 1963). *Diplocraterion* ist zwar in flachmarinen Ablagerungsräumen besonders häufig, weshalb die Spur auch immer wieder als „Beleg“ für marine Einflüsse dargestellt wurde. Gerade die im Buntsandstein vorherrschende Erhaltungsform *Diplocraterion luniforme* ist jedoch auch aus unzweifelhaft nichtmarinen Ablagerungen bekannt (Kim & Paik 1997). Als Landarthropode tritt ein von Frey et al. (2009) als *Durlachia striata* beschriebener Käfer hinzu sowie von Gehenn (1962) erwähnte Insektenlarven und -flügelreste.

Fischreste sind bislang nur aus dem Kraichgau und dem Dinkelberggebiet bekannt geworden (Deecke 1889, Jörg 1969, Brinkmann et al. 2010; Schulze & Kriwet 1999, 2021). Genannt werden *Praesemionotus aculeatus* Jörg, *Pericentrophorus minimus* Jörg, *Dorsolepis virgatus* Jörg sowie *Dictyopyge rhenana* Deecke, *Pygopterus crecelii* Wilser (1923) und *Ceratodus palaeoruncinatus* Frentzen (1924). Im Schwarzwald fand Ortlam (1967) bei Rotfelden im oberen Plattensandstein eine Haifisch-Eikapsel, *Palaeoxyris becksmanni* (Ortlam) [= „*Triasocapsula*“]. Nach seiner Korrelation entspricht das Niveau dem Epfenbach-Horizont über dem Rötquarzit.

Mehrfach wurden Knochenreste von temnospondylen Amphibien gefunden (Schoch 2011). Über dreißig Exemplare des Labyrinthodonten *Mastodonsaurus cappellensis* barg und benannte Wepfer (1919, 1922a, 1922b, 1923) bei Niedereschach-Kappel aus einem Violetten Horizont im tieferen Plattensandstein. Die Art wurde später der Gattung *Heptasaurus* zugeschrieben (Kamphausen & Ortlam 1993, Schoch & Werneburg 1999), inzwischen aber wieder zu *Mastodonsaurus* gestellt (Schoch 2008, 2011). Die Fundschicht war mit einer Conchostraken führenden Pelitlage überdeckt, aus einer etwas höher anstehenden Sandsteinschicht erwähnt er undeutliche Fährtenabdrücke. Auch ein Unterkieferrest aus dem höheren Plattensandstein von Gambach am Main wurde von Trusheim (1937a) zur Gattung *Mastodonsaurus* gestellt. Ein vollständig erhaltener Schädel von *Eocyclotosaurus woschmidti* Ortlam stammt aus dem obersten Plattensandstein („Basissandstein der unteren Röttone“ sensu Ortlam) von Rotfelden bei Calw (Ortlam 1970e, Kamphausen 1989). Einen weiteren Cyclotosaurier beschrieb Ortlam (1967) aus Gräfenhausen bei Pforzheim.

Platz (1885) erwähnt aus dem Oberen Buntsandstein *Trematosaurus* von Donaueschingen und *Sclerosaurus* von Rheinfelden, was allerdings auch den smVH2 betreffen könnte. Mit letzterem ist der Fund aus Warmbach bei Rheinfelden gemeint (Fischer 1857), den Meyer (1859) als *Sclerosaurus armatus* beschrieb. Die zwischen Inzlingen und Riehen (Kt. Basel-Stadt) unmittelbar hinter der Schweizer Grenze gefundenen Saurier stammen ebenfalls aus dem Plattensandstein (Müller 1864, Wiedersheim 1878, 1879). Trefzger (1925) zählt hierzu die Gattungen „*Labyrinthodon*, *Basileosaurus*, *Sclerosaurus*“ auf sowie die Fischgattung „*Palaeoniscus*“. Aus der Verwandtschaft des Riehener *Basileosaurus freyi* Wiedersheim stammt auch ein procolophonides Reptilskelett auf einem Plattensandstein-Block von Leinstetten im Glatt-Tal (R. Wild 1998).

Aus Knochenansammlungen in einem Paläoboden-Komplex des obersten Plattensandsteins, von ihm mit dem Oberen Dolomithorizont (VH5') korreliert, beschreibt Ortlam (1967) Reste von *Anomoiodon krejci* Ortlam und *Crenelosaurus nigrosilvanus* Ortlam aus Pfalzgrafenweiler sowie *Macrocnemus bassanii* Nopcsa und „*Tanystropheus longobardensis* (Bassani)“ aus Rotfelden. Der zunächst als „*Tanystropheus*“ bestimmte Protorosaurier (für R. Wild 1980 ein juveniler *T. antiquus* Hue- ne) ist inzwischen als neue Art *Amotosaurus rotfeldensis* Fraser & Rieppel (2006) beschrieben. Mit dem Fund von Resten eines Rauisuchiers in einer Brauereibaugrube bei Waldshut ist erstmals ein möglicher Erzeuger der *Chirotherium*-Fährten auch durch Knochen nachgewiesen (Falkenstein 1991, 1994, 2010; R. Wild 1998). Bei den von Huene (1917) aus der „Calwer Gegend“ beschriebenen Knochenabdrücke handelt es sich nach späteren Untersuchungen offenbar nicht wie zunächst bestimmt um Synapsiden („Theromorphen“), sondern ebenfalls um Reste von Rauisuchiern und Temnospondylen (R. Wild 1998).

Fährtenfunde sind meist schlecht erhalten und wurden besonders in der älteren Literatur oft pauschal als „*Chirotherium*“ bezeichnet (z. B. M. Schmidt 1908). In den Plattensandsteinen des Kraichgaus unterschied jedoch schon Spitz (1905) mehrere verschiedene Fährtenformen. Mit den *Chirotherien* im eigentlichen Sinne beschäftigen sich Haderer et al. (1995) und unterscheiden neben den Formen *Chirotherium sickleri* Kaup und *Ch. barthii* Kaup weitere Fährtenformen, darunter *Isochirotherium felenci* Courel & Demathieu und *Rhynchosauroides* sp. Im Hochrheingebiet wurden nach diesen Fährten feste glimmerarme Bänke in der Plattensandstein-Formation lange ebenso wie der Rötquarzit als „*Chirotheriensandstein*“ angesprochen und als

Leithorizont aufgefasst (z. B. Pfaff 1893, Brombach 1903). Brombach (1903:440) nennt von dort auch „deutliche Fährten von Labyrinthodonten“.

Alterseinstufung: Folge s7 (Abb.56); Anisium (Mitteltrias). Die Olenekium–Anisium-Grenze wurde zunächst von Kozur (1975) in den Bereich des Rötquarzits (Subfolge s7.4), dann von Kozur et al. (1993) an die Grenze Chirotherienschiefer/Plattensandstein (Subfolgen s7.1/s7.2), später von Kozur & Bachmann (2003, 2005) und Kozur & Weems (2010) an die Basis der Stammen-Schichten gelegt, was im Main-Tauber-Gebiet der Basis des Thüringer Chirotheriensandsteins entspricht und weiter südlich in den oberen Karneoldolomit-Horizont fällt. Menning & Käding (2013) und Menning (2020) sehen die Grenze nach magnetostratigraphischer Korrelation jedoch ebenfalls in der höheren Unterfolge s7.1 oder unteren s7.2. Nach beiden Korrelationen fällt die Grenze Frühe/Mittlere Trias damit im südlichen Odenwald und Schwarzwald in den Kondensationshorizont des Karneoldolomit-Horizonts smVH2 (höhere Folge s6 bis s7.1) bzw. an dessen Obergrenze und somit an die Basis der Plattensandstein-Formation oder allenfalls in dessen basalen Abschnitt. Dies entspricht auch den palynologischen Ergebnissen von Doubinger & Bühmann (1981) und Vissher et al. (1993), nach denen Subfolge s7.1 noch in das

Olenekium, die Subfolgen s7.2 bis s7.4 bereits in das Anisium fallen oder von Brugman (1986) und Kürschner & Herngreen (2010), nach denen die Grenze im Dach des Karneol-Dolomit-Horizonts smVH2 liegt.

Ältere Abgrenzungen und Namen: ‚Thonsandstein‘ (Alberti 1826), ‚Plattensandstein im Bunten Sandstein E.de Beaumonts‘ (Alberti 1834, 1864), ‚Plattensandstein‘ (O.Fraas 1863), ‚Hauptbuntsandstein (Bausandstein)‘ (Leonhard 1874, abweichend von anderen Verwendungen des Namens), ‚Zwischenschichten‘ (Andreae 1893, Pfaff 1893, Deecke 1916–18). In der amtlichen geologischen Kartierung erscheinen die Namen: ‚Plattensandstein‘ (Paulus 1866a, 1866b, 1868, Schalch & Sauer 1903, Schalch 1904, Schmidt & Rau 1906, Bräuhäuser & Schmidt 1908, Bräuhäuser 1909, 1927, A.Schmidt 1909, 1911, 1914, 1928, 1935, M.Schmidt 1909, 1912, 1920, Regelman 1913, 1919, 1934, Kranz 1923, Spitz 1930, 1933, Hasemann 1930, 1934, Frank 1934, 1936a, Günzburger 1936, Hasemann & Teike 1937, Hüttner & Wimmenauer 1967, Groschopf & Schreiner 1980, Wolff 1988, Leiber in M.Schmidt 1989, Bangert 1991), ‚Äquivalent des Voltzien-Sandsteins‘ (E.Fraas 1892a), ‚Plattige Sandsteine (Werkstein)‘ (Schalch 1894, 1898, 1899), ‚Zwischenschichten‘ (Schalch 1894, 1898, Andreae & Osann 1896, Sau-

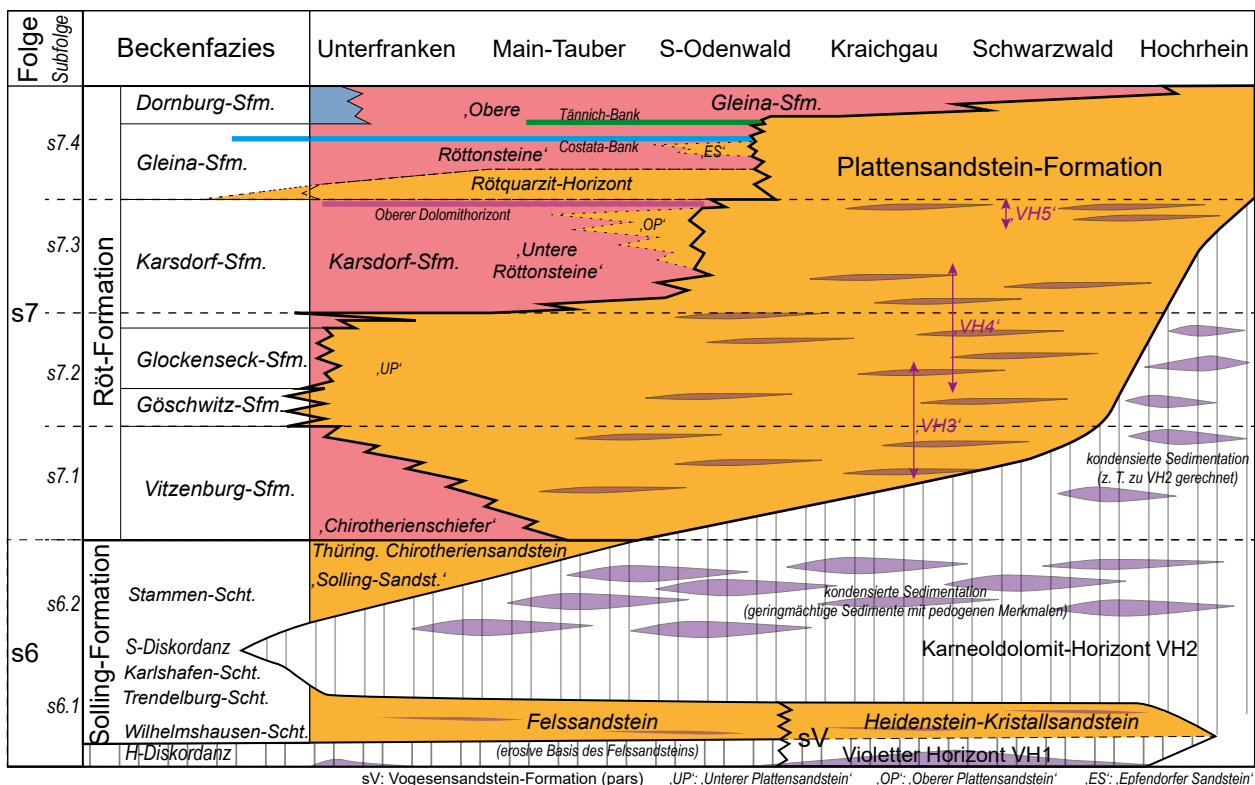


Abb. 56: Schematische Übersicht über die lithostratigraphische Gliederung von Solling-, Röt- und Plattensandstein-Formation zwischen Main und Hochrhein im Vergleich zur norddeutschen Beckenfazies und zur allostratigraphischen Gliederung in Folgen (links).



er 1898, Thürach 1918, Erb 1928, Hasemann 1928, 1930, Spitz 1930, Günzburger 1936), ‚Plattensandsteine‘ (Schalch 1897, 1903, Sauer 1898, Schottler 1908, Erb 1928, Brill 1933, Hasemann 1928, Bilharz 1934), ‚Röt‘ (Schalch 1906, 1912, Regelman 1907), ‚Schichten zwischen Karneolhorizont und Röt‘ (Schnarrenberger 1914), ‚Stufe der Bausandsteine‘ (Erb 1928), ‚Oberer, eigentlicher Buntsandstein‘ (Brill 1929), ‚Oberer Buntsandstein‘ (Thürach 1912, Brill 1931), ‚Plattensandstein und Grenzquarzit‘ (Freudenberger 1990). Kartenkürzel: so; so1; so,s; sos; so2–so3Q; soPL.

6.6.2 Rötton-Formation (Röt-Formation)

Name: Gutberlet (1847: 406) nannte „das bunte Mergel-Gebilde zwischen [sic!] dem Bunten Sandstein und dem Muschelkalke“ ‚Röth‘. Die Bezeichnung ‚Röt-Tone‘ wurde Anfang des 20. Jahrhunderts daraus als geologische Kartiereinheit in Unterfranken abgeleitet (Reis 1928, Schuster 1933). In Baden-Württemberg wird seit GLA (1995) für die Tonfazies über den Plattensandsteinen die Bezeichnung Rötton-Formation (vormals ‚Röttonne‘) verwendet (s. a. Kap. 8.13). Der in der Literatur wiederholt verwendete Begriff ‚Röt-Formation‘ hat bislang keinen formalen Status, die Subkommission Perm-Trias der DSK hat ihn mit Beschluss vom 3.5.2002 abgelehnt.

Erste Beschreibung als stratigraphische Einheit: Gutberlet (1847).

Typusgebiet: nicht festgelegt; für den süddeutschen Raum stellt die Ausbildung im Main-Tauber-Gebiet die vollständigste Abfolge dar.

Referenzprofil: Main-Tauber-Gebiet: Tiefbohrung Bad Mergentheim (BO6524-6; Carlé 1956), Südoberwälder Ausbildung: Aufschluss zwischen Mosbach und Neckarburken (BO6620-1501; Gehenn 1962: Nr.25: Schicht 1–40), Nordschwarzwälder Ausbildung: Bohrung Ensingen E15 (BO7019-2042: 399,20–409,14 m u.A.; Simon et al. 2013), Zentralschwarzwälder Ausbildung: Bohrung Horgen (BO7817-978: 164,37–171,60 m u.A.; Abb. 46, 53), Hochrhein-Ausbildung: Bohrung Steinen B1 (BO8312-684: 15,10–22,30 m u.A.; Nitsch et al. 2017).

Verbreitung: Nördliches und westliches Schichtstufenland. Ausstrich im Main-Tauber-Gebiet, Odenwald, Bauland und Hohenlohe (in Tälern), Kraichgau, Schwarzwald, Vorbergzone des Oberrheingrabens und Hochrheingebiet. Unter jüngerer Überdeckung im mittleren Kraichgau und im Unter-

grund des Schichtstufenlands. Die Formation keilt nach Südosten im Gebiet der Schwäbischen Alb infolge fazieller Vertretung durch die Plattensandstein-Formation aus und fehlt bereits in den Tiefbohrungen von Bad Urach.

Liegendes: Plattensandstein-Formation, die nach Westen und Süden einen zunehmend größeren Teil der Formation faziell vertritt.

Basis: Die Faziesgrenze von den vorherrschend von Sandsteinen geprägten Profilabfolgen der Plattensandstein-Formation (>50 % Sandstein) in die vorherrschend von Peliten (Ton-, Tonschluff- und Schluffsteinen, meist sandig) geprägte Abfolge der Rötton-Formation (<50 % Sandstein) steigt vom Main zum Hochrhein stratigraphisch allmählich auf. Im Main-Tauber-Gebiet liegt sie an der Grenze der Plattensandstein-Fazies zu den Unteren Röttonen unter dem Rötquarzit, im südlichen Odenwald und angrenzenden Bauland am Oberen Dolomithorizont oder an der Basis des hier noch abgrenzbaren Rötquarzits, im Kraichgau und Schwarzwald an der Obergrenze der Plattensandstein-Fazies gegen mehrere Meter mächtige Röttonen ohne oder mit geringen Sandstein-Einschaltungen (Abb. 57, 58). Im Hochrheingebiet können lokal in der höheren Plattensandstein-Formation mehrere Meter mächtige tonarme Schluffstein-Abfolgen eingeschaltet sein, die die Abgrenzung gegen die deutlich stärker tonige Rötton-Formation erschweren.

Obergrenze: Basis der ersten Karbonatbank des Muschelkalks (Grenzgelbkalk der Jena-Formation im Main-Tauber-Gebiet, Plattendolomit der Freudenstadt-Formation zwischen Bauland und Schwarzwaldrand). Im Hochrheingebiet beginnt der Muschelkalk teilweise mit feingeschichteten dolomitischen Mergel- bis Tonmergelsteinen auf roten oder graugrün entfarbten Tonschluffsteinen der Rötton-Formation. Im südlichen Oberrheingraben bilden graue karbonatische Sandsteine der Udfelfangen-Formation, Im Untergrund der Schwäbischen Alb graue oder gelbe karbonatisch zementierte Sandsteine der Eschenbach-Formation die Muschelkalk-Basis und begrenzen damit den Buntsandstein nach oben (Nitsch & Simon 2020).

Hangendes: Unterer Muschelkalk in karbonatisch-mergeliger (Jena- oder Freudenstadt-Formation) oder sandiger Ausbildung (Udfelfangen-Formation, Eschenbach-Formation).

Mächtigkeit: Im Main-Tauber-Gebiet ca. 50 m, im südlichen Odenwald und Kraichgau 10–25 m, im Schwarzwald meist um 3–5 m mit lokalen Schwankungen zwischen 1 m und 10 m, je



Abb. 57: Aufschlussbilder der Rötton-Formation. **A.** Untere Röttonsteine (Karsdorf-Subformation) mit Sandsteinlagen bei Wertheim-Dietenhan (Foto T.Huth). **B.** *Myophoria vulgaris* in feinsandigen Schluffsteinen der höheren Rötton-Formation (Diedesheim-Horizont) von Dallau im Odenwald (Sammlung LGRB). **C.** Tetrapodenfahrten (*Rotodactylus* sp.) auf der Unterseite einer Sandsteinlage im Rötton aus Wertheim-Dertingen (Sammlung LGRB). **D–E.** Einlagerungen im Rötton, Bohrung Horgen (BO7817-978, Fotos J. Wittenbrink/LGRB). **D.** Grüne Feinsandstein-Lage (170,5 m), **E.** graue Sulfatknollen (hier Sekundärgips mit Anhydritrelikten, 166,3 m). **F–G.** Bohrgut aus dem Rötquarzit, durch kieseligen Zement sind die Kornformen nur vereinzelt erkennbar, Bohrung Mosbach (BO6620-1500, 44 m). **H.** Rötton-Formation zwischen Plattensandstein und Muschelkalk (gelbe Striche) in Schwarzwald-Randfazies; die nur wenige Meter mächtige Abfolge entspricht dem (höheren) Diedesheim-Horizont, der tiefere Teil des Oberen Buntsandsteins ist in Sandstein-Fazies ausgebildet, Steinbruch Glatten bei Freudenstadt.

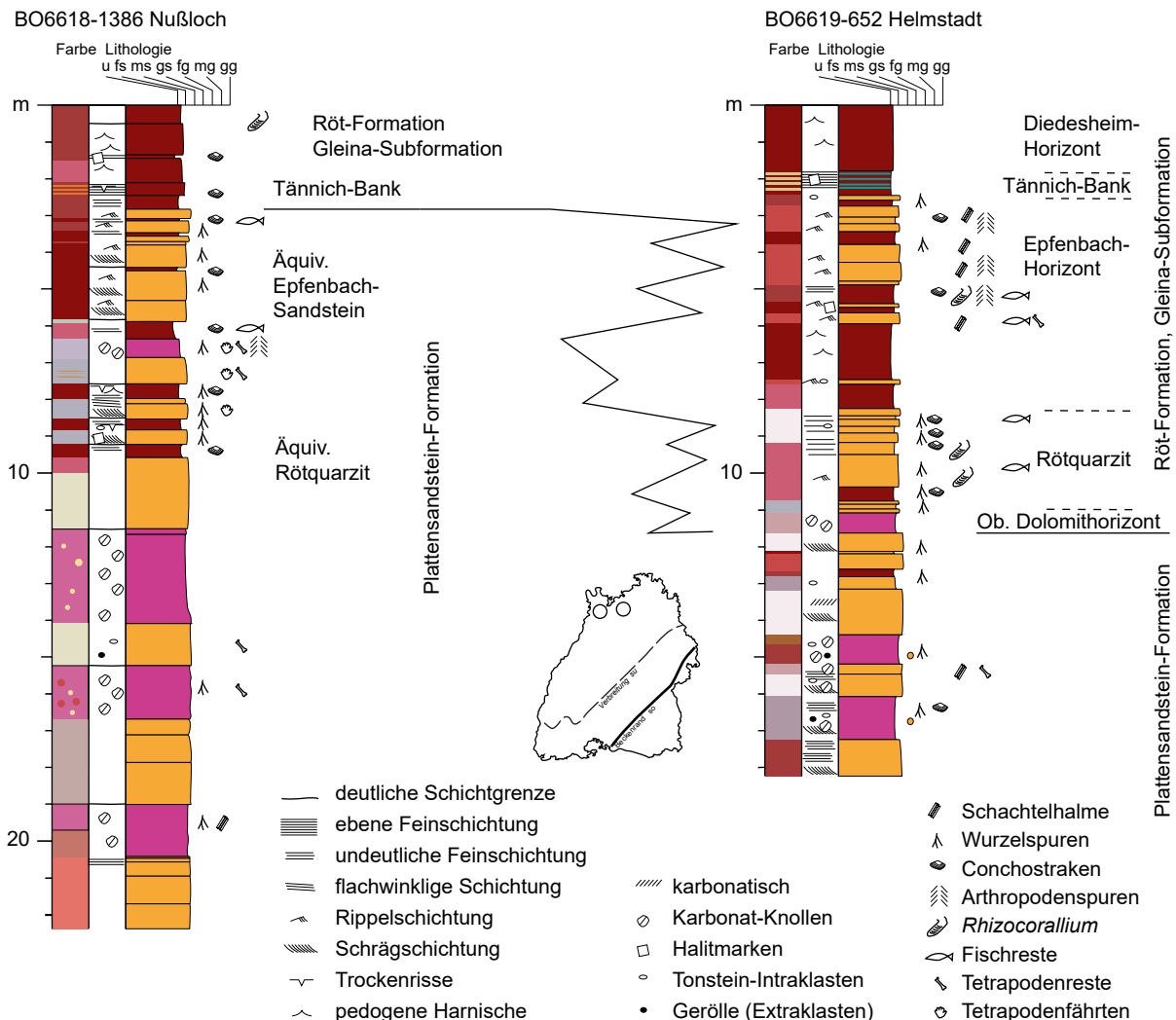


Abb. 58: Verzahnung von Plattensandstein- und Röt-Formation zwischen dem westlichen (Nußloch) und dem östlichen Kraichgau (Helmstadt), nach Profilaufnahmen von Gehenn (1962). Die Fortsetzung des Profils Helmstadt nach oben zeigt Abb. 59.

nach Auftreten mächtigerer Sandsteine. 54 m in der Tiefbohrung Bad Mergentheim (BO6524-6; 6,3–60,3 m; Carlé 1956), 22,8 m bei Neckarburken (BO6620-1501; Gehenn 1962), 20,7 m in Bohrung Ensingen (BO7019-2042; Simon et al. 2013), 11 m bei Gültlingen (BO7318-2890), 7,2 m bei Zimmern-Horgen (BO7817-978), 7,1 m Bohrung Steinen B1 (BO8312-684; Nitsch et al. 2017), 2,9 m bei Dogern (BO8415-140; Ortlam 1970b: Nr. 73, Sch. 3–5).

Gesteinsausbildung (generell): Ton- und Schluffsteine, oft feinsandig, mit untergeordneten Einschaltungen von Sandsteinen, im höheren Teil auch von dünnen Lagen von tonigen Dolomitsteinen. Farben überwiegend rotbraun bis rotviolett, lagenweise graugrün, dolomitische Lagen auch gelb bis braun. Gebietsweise können mehrere Meter mächtige Sandstein-Horizonte eingeschaltet sein. Auf dünnen Sandstein-Zwischen-

lagen zeigen sich im gesamten Gebiet örtlich Kristallmarken nach Steinsalz (Schalch 1912, Spitz 1933, Gehenn 1962). Im Porenraum bergfrischer Tongesteine kann ein schwacher Halitgehalt erhalten sein (Fels et al. 2003).

Gliederung: Die Rötton-Formation lässt sich im nordöstlichen Landesgebiet in zwei Subformationen gliedern: Karsdorf-Subformation (Untere Röttone mit Homburg-Sandsteinhorizont und Oberem Dolomithorizont) und Gleina-Subformation (Rötquarzit, Epfenbach-Horizont mit Epfenbach-Sandstein und Costatabank, Diedesheim-Horizont; Abb. 58, 59; Einzelheiten s. u.). Davon ist die Karsdorf-Subformation nur im Main-Tauber-Gebiet und im verdeckten zentralen Bereich der Fränkischen Senke ausgebildet. Die Unteren Röttone werden im Ausstrichgebiet zwischen Tauber und Erfa nach Südwesten zunehmend sandiger und führen häufiger Sandsteine, weshalb deren Äqui-

valente westlich etwa von Kilsheim bereits zur Plattensandstein-Formation gerechnet werden müssen. Mächtigere Sandstein-Einschaltungen im oberen Teil der Karsdorf-Subformation („Obere Plattensandsteine“) können als Homburg-Sandsteinhorizont (s.u.) abgegrenzt werden. Westlich der Elsenz lassen sich auch Rötquarzit und Epfenbach-Horizont nur noch in durchgehenden Aufschlüssen und ggf. Bohrkernen vom tieferen Plattensandstein abgrenzen und nicht mehr getrennt kartieren, weshalb dort die Obergrenze der Plattensandstein-Formation wie im südlichen Kraichgau und Schwarzwald an die Basis der Rötton-Abfolge gelegt wird. Diese entspricht dort somit nur dem Diedesheim-Horizont (allerdings ohne Muschelfossilien).

Fossilführung: Die bisher aus der Rötton-Formation beschriebenen Fossilien stammen überwiegend aus dem Niveau des Rötquarzits („Fränkischer Chirotheriensandstein“) und der darüber folgenden Gleina-Subformation (Obere Röttone).

In Sandsteinbänken der Karsdorf-Subformation (Untere Röttone) fand Hildebrand (1924) *Equisetites mougeoti* Brongniart und Koniferenreste. Böckh (1957) erwähnt aus dem Homburg-Sandsteinhorizont „Pflanzenwurzeln“ und „Wurmbohrer“. Carlé (1962) fand bei Lauda „spärliche Pflanzenreste“ in einer grünen Tonsteinschicht der Karsdorf-Subformation. In Sandsteinen und sandigen Tonsteinen des Rötquarzits, des Epfenbach- und Diedesheim-Horizonts dokumentierte Gehenn (1962) *Equisetites mougeoti* Brongniart bei Nußloch, Mosbach und Helmstadt-Bargen, Sandberger (1864) bei Karlsruhe-Durlach. Mader (1990) gibt für die nicht weiter differenzierten ‚Röttone‘ zahlreiche Fundorte für *Equisetites mougeoti* Brongniart und *Anomopteris mougeoti* Brongniart sowie fünf Fundorte für *Voltzia heterophylla* Brongniart und das untere Pfinztal bei Durlach und Grötzingen als Fundort für *Pleuromeia sternbergii* (Münster) Corda und *Thamnopteris vogesiaca* Schimper an, wobei die Informationsquellen unklar bleiben. Auch Wurzelspuren wurden in Sandstei-

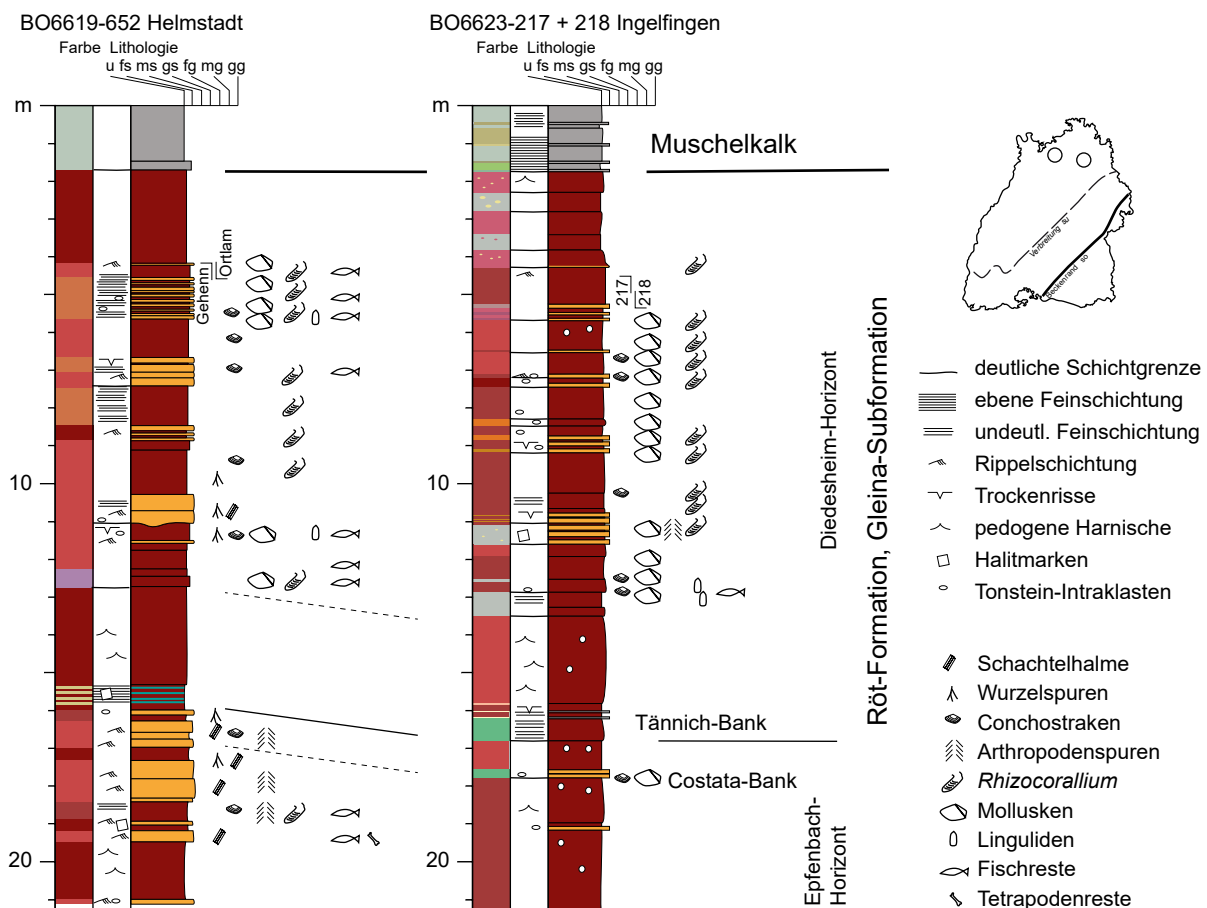


Abb. 59: Referenzprofile für den Diedesheim-Horizont („Myophorienschichten“ in feinklastischer Fazies) der höheren Gleina-Subformation als Randfazies zur karbonatischen Dornburg-Subformation südlich des Mains. Links oberer Teil des Profils ‚Bahneinschnitt Helmstadt‘ nach Gehenn (1962) mit Ergänzung aus Ortlam (1968). Rechts kombiniertes Profil aus den Profilen ‚Nährmittelfabrik Ingelfingen‘ und ‚Friedhof Ingelfingen‘ nach Gehenn (1962), Muschelkalkanteil nach Eltgen (1965). Der ‚Myophorienbank‘ von Diedesheim entspricht die in diesem Profil fossilfreie feinsandige Tonschluffstein-Lage 2,5 m über der Tännich-Bank („Grüne/Bunte Leitschicht“ bei Gehenn).



nen und in pelitischen Abfolgen dokumentiert (z. B. Gehenn 1962, Backhaus 1974). Die Diversität der Pflanzenreste erscheint deutlich geringer als in der Plattensandstein-Fazies.

Tetrapodenfährten der Gattung *Chirotherium* haben für den Rötquarzit des Odenwalds und Taubergebiets seit dem 19. Jahrhundert zu der Bezeichnung (Fränkischer) ‚Chirotheriensandstein‘ geführt (Benecke & Cohen 1881, Platz 1885). Eine von E. Becksmann bei Dertingen gefundene Fährtenplatte in der Sammlung des LGRB stammt wahrscheinlich aus der Karsdorf-Subformation und zeigt mehrere bis 3 cm lange Abdrücke, die möglicherweise zu *Rotodactylus* (vgl. Haubold 1999) gehören. Seltener sind Wirbeltierreste wie der „Schädel und einige Knochenteile“ im Rötquarzit unterhalb des Schreckhofs bei Diedesheim, die Benecke & Cohen (1881: 327) erwähnen. Fischreste führt auch Gehenn (1959, 1962) aus Rötquarzit, Epfenbach- und Diedesheim-Subformation an, darunter ein vivianitisierter *Saurichthys*-Zahn.

Aus Tonsteinlagen des Rötquarzits und der höheren Schichten wurden mehrfach Conchostraken bekannt (Schnarrenberger 1907, A. Schmidt 1928, Brill 1931, Böckh 1957, Gehenn 1962). Bei Mosbach fand Gehenn (1959, 1962) einen 1,5 cm langen Krebs in „bunten Peliten des oberen Chirotheriensandsteins“. Gehenn (1959) bildet eine Ansammlung von Pfeilschwanzkrebsen aus einem Sandstein der tieferen Rötton-Formation bei Dallau ab, die von Hauschke & Wilde (2008) als *Limulitella* sp. bestimmt wurden.

Aus dem Rötquarzit und dem Epfenbach-Horizont werden verschiedene Invertebratenspuren erwähnt. Pollard (1981) nennt *Merostomites*, *Kouphichnium*, *Diplocraterion* und *Planolites*, sowie den schräg abtauchenden Spreitenbau *Rhizocorallium*, den Gehenn (1962) auch aus Sand- und sandigen Tonschluffsteinen höherer Niveaus mehrfach anführt. Leicht gebogene Hohlformen oder Wülste an Schichtflächen, die Umbiegungen U-förmiger Spreitenbauten darstellen, wurden früher meist als „*Arenicola*“ oder „*Corophioides*“ angesprochen (Hildebrand 1924, Hoppe 1926, Gehenn 1962, Ortlam 1967, 1968, 1969, Pollard 1981), werden heute aber zu *Diplocraterion* gestellt (Pollard 1981).

Über dem Rötquarzit finden sich in einzelnen Lagen erstmals marine Mollusken. Aus der Costata-Bank nennen Mahler & Sell (1993) neben *Costatoria costata* Zenker und *Myophoria vulgaris* (Schlotheim) für das nördliche Baden-Württemberg noch *Pseudocorbula nuculaeformis* (Zenker) [= „*Myophoriopsis*“, „*Pleuromyen*“ z. T., „*Estherien*“ z. T.] und *Rhizocorallium*.

Die fossilführenden Lagen des Diedesheim-Horizonts weisen die artenreichste Molluskenfauna des Buntsandsteins auf, deren Arten besonders im 19. Jahrhundert unterschiedlich bestimmt wurden (Sandberger 1867, Benecke & Cohen 1881, Platz 1885, Schalch 1894; vgl. Seegis 2021). Zu nennen sind *Myophoria vulgaris* (Schlotheim), *M. simplex* (Schlotheim), *Neoschizodus ovatus* (Goldfuss), *Promysidiella eduliformis* (Schlotheim) [„*Mytilus*“, = *M. vetustus* Goldf.], *Leptochondria albertii* (Goldfuss), *Bakevella costata* Schlotheim, *Myoconcha thielai* (Strombeck) [= „*Modiola*“], *Unionites fassaensis* (Wissmann) und *Pleuromya elongata* (Schlotheim). Hinzu treten schlecht erhaltene kleine Schnecken, Linguliden, Notostraken und Conchostraken (Gehenn 1962, Bashkuev et al. 2012). Aus dem Übergangsbereich zwischen rot-buntem Diedesheim-Horizont im Süden in die graue Dornburg-Subformation nördlich davon beschreiben Bashkuev et al. (2012) und Lukashevich (2021) aus dem nördlichen Maingebiet zudem Insektenreste, darunter solche von Käfern, Zweiflüglern, Eintagsfliegen, Heuschrecken, Zikaden und Schaben.

Im nördlichen Kraichgau fanden sich *Thalassinoides*-Krebsbauten, *Rhizocorallium*, *Cylindricum*, *Lingulichnus* und weitere, meist unbestimmbare Arthropodenfährten (Gehenn 1962, Pollard 1981). Ortlam (1967) beschreibt aus dem Diedesheim-Horizont eine U-förmige Spur, die keine Spreiten aufweise und daher als *Arenicolites* angesprochen werden müsse, sowie eine von kleinen dolomitischen Säulchen durchsetzte Schicht („Messlatte“), deren Karbonatkonkretionen möglicherweise auf kompaktierte *Cylindricum*-Spuren zurückzuführen sind. Als Fischreste nennt Schalch (1894) „Ganoidschuppen“ und *Saurichthys* sp. Gehenn (1962: 53 und Aufschl. 3, Schicht 4) fand bei Nußloch-Maisbach „wenige Meter unter der Muschelkalkgrenze“ zudem Tetrapodenfährten.

Als südlichstes Vorkommen von Myophorien nennt Gehenn (1962) einen Aufschluss bei Niefern (BO7018-3155), während im übrigen südlichen Kraichgau und im Schwarzwald in diesem stratigraphischen Niveau offenbar keine marinen Muscheln mehr auftreten. *Myophoria* und Linguliden führt Stierlin (1912) jedoch aus der Vorbergzone des Oberrheingrabens von Kenzingen und Nordweil bei Emmendingen an, Kessler & Leiber (1980) einen weiteren Fundort nördlich Heimbach. Hier ist allerdings fraglich, ob es sich dabei noch um den Diedesheim-Horizont oder wahrscheinlicher bereits um ein höheres Niveau in Voltziensandstein-Fazies handelt, die im Oberrheingebiet den basalen Muschelkalk als westliche terrestrische Randfazies in Buntsandstein-Fazies vertritt (vgl. Kap. 6.7).

Alterseinstufung: Folge s7 (in Baden-Württemberg: s7.3–s7.4); Anisium. Die Alterseinstufung stützt sich auf Palynomorphe aus dem Plattensandstein Bayerns (Vissher et al. 1993) und der Beckenfazies (Doubinger & Bühmann 1981), Conchostraken (Kozur et al. 1993, Kozur 1999, Kozur & Weems 2010), magnetostratigraphische Korrelationen (Menning & Käding 2013, Menning 2020) und im höheren Teil auf Mollusken (Kozur 1974a, 1974b, 1975).

Ältere Abgrenzungen und Namen: Für die Karsdorf-Subformation im Verbreitungsgebiet südlich des Mains: ‚Bröckelschiefer und Obere Plattensandsteine‘ (Erb 1928), ‚Schiefertonserie und Obere Plattensandsteine‘ (Günzburger 1936), ‚Untere Röttonsteine so3T‘ (Freudenberger 1990), sowie ‚Dolomitbank‘ (Sauer 1895), ‚Oberer Dolomithorizont‘ (Schottler 1908, Spitz 1930, Hasemann 1930), ‚Dolomit-Horizont D‘ (Freudenberger 1990).

Für den Rötquarzit: ‚Äquivalent des Cheirotherium-Sandsteins‘ (E. Fraas 1892a), ‚Cheirotheriensandstein‘ (E. Fraas 1892b), ‚Chirotheriensandstein‘ (Sauer 1895, Schalch 1898, Schottler 1908, Hasemann 1928, 1930, Spitz 1930, 1933, Günzburger 1936), ‚Chirotherienschiefer‘ (Erb 1928, Hasemann & Teike 1937), ‚Rötquarzit‘ (Wolff 1988, Freudenberger 1990). Kartenkürzel x; so4Q.

Für die übrige Gleina-Subformation: ‚Oberer Schieferletten‘ (Wibele 1831), ‚Schieferletten im Bunten Sandstein E. de Beaumonts‘ (Alberti 1834), ‚Schieferletten‘ (Paulus 1866a, 1866b, 1875b, Bach 1869), ‚Roter Schieferthon, rote Schiefertone‘ (Schalch 1894, 1897, 1898, 1903, 1904), ‚Röt‘, ‚Röth‘ (E. Fraas 1892a, 1892b, Schalch 1904, Thürach 1912, Schnarrenberger 1914, Brill 1929, Regelmann 1934, Groschopf & Schreiner 1980), ‚Röttone‘, ‚Röthtone‘ (Sauer 1898, Bräuhäuser 1909, Erb 1928, Spitz 1930, Brill 1931, 1933, Schnarrenberger 1914, Hasemann 1928, 1930, 1934, Spitz 1933, Bilharz 1934, Günzburger 1936, Hasemann & Teike 1937, Kessler & Leiber 1980, 1994, Wolff 1988, Bangert 1991), ‚Rötton‘, ‚Röthton‘ (Schmidt & Rau 1906, Schnarrenberger 1907, Bräuhäuser & Schmidt 1908, A. Schmidt 1908, 1909, 1911, 1914, 1928, 1935, M. Schmidt 1912, 1920, Regelmann 1919, Kranz 1923, Hüttner & Wimmenauer 1967, Leiber in M. Schmidt 1989), ‚Rötmergel‘, ‚Röthmergel‘ (A. Schmidt 1911, Bräuhäuser 1927, 1933, Regelmann 1935, Frank 1934, 1936a), ‚Obere Röttonsteine‘ (Freudenberger 1990), ‚Rötton-Formation‘ (LGRB 2000, Sawatzki 2005, Kessler 2009). Kartenkürzel: so; sor; so2; so,t; sot; soT; so4T.

Karsdorf-Subformation

Die Karsdorf-Subformation (Untere Röttone) entspricht den ‚Unteren Röttonsteinen‘ der bayrischen Gliederung (auch in Freudenberger 1990) und den ‚Bröckelschiefern‘ (Erb 1928, Böckh 1957) bzw. der ‚Schiefertonserie‘ der ‚Oberen Plattensandsteine‘ in der älteren badischen Kartierung (Günzburger 1936; ähnlich Spitz 1933) sowie der ‚Tonstein-Serie‘ bei Carlé (1962). Der Name leitet sich von einem Tagebau bei Karsdorf an der Unstrut (Sachsen-Anhalt) ab und wurde von Röhling et al. (2002) für die bis dahin u. a. als ‚Untere Röttonsteine‘ bekannte Schichtfolge vorgeschlagen, die von Südniedersachsen bis ins Maingebiet faziell ähnlich entwickelt ist (Lepper et al. 2013). Zwischen etwa Walldürn und Wertheim besteht die Abfolge im Odenwald aus einem Wechsel von ungeschichteten und geschichteten, meist sandigen Ton-schluffsteinen mit Sandsteinlagen und -bänken, deren Anteil an der Schichtfolge nach Nordosten abnimmt (Böckh 1957). Etwa 0,5 m (im SW) bis 3 m (im NE) über der Basis beschreibt Böckh (1957) eine wenige Dezimeter mächtige Dolomitmergelsteinlage als Leithorizont (**Untere Böckhsche Leitschicht**) und etwa 3,5–4 m darüber eine Gipsresiduenlage (im SW) bzw. eine auffallend bunte Tonsteinlage mit Sulfatknollen-Residuen (im NE), die ebenfalls über mehrere Kartenblatt-schnitte hinweg korrelierbar ist (**Obere Böckhsche Leitschicht**). In der oberen Hälfte der unteren Röttone schalten sich im Maingebiet wieder verstärkt Sandsteinbänke ein, die nach Südwesten an Mächtigkeit gewinnen und westlich der Tauber eine mehrere Meter mächtige Sandstein-Abfolge bilden (‚Oberer Plattensandstein‘: **Homburg-Sandsteinhorizont**; Hildebrand 1924, Hasemann 1928, Schuster 1935, Böckh 1957, Backhaus 1974). Den oberen Abschluss der Karsdorf-Subformation gegen den Rötquarzit bildet der **Obere Dolomit-horizont**, eine höchstens wenige Meter mächtige Abfolge aus teilweise dolomitischen Sandsteinen, Tonsteinen und Dolomitstein-Knollen oder -Bänken und vielfach violetten oder bunten Farbtönen (Backhaus 1975, VH5 bei Ortlam 1966). Die südlichsten Nachweise von bereits stark sandigen Unteren Röttonen sind in Ingelfingen (BO6623-72) erbohrt. Die in Ensingen (BO7019-2042) zunächst als ‚Untere Röttone‘ gedeutete Tonstein-Abfolge gehört nach den neueren Profilkorrelationen bereits in den Epfenbach-Horizont der Gleina-Subformation (Beil. 1, 2).

Eine sandarme bis fast sandfreie Ausbildung beschreibt Carlé (1962) aus der Ziegeleigrube Lau-da. Erschlossen waren dort etwa 15 m Tonmergel und Tonsteine mit lagenweise eingeschalteten Gipsauslaugungsresiduen und einzelnen tonigen



teilweise auch sandigen Dolomitsteinbänkchen („Steinmergel“). Etwa 6 m unter dem Rötquarzit führte eine grüne Tonsteinschicht „spärliche Pflanzenreste“. Etwa 4 m unter dem Rötquarzit setzen krümelige und fleckige Dolomitsteinbänke und violette Tonsteine ein, die wohl den Oberen Dolomithorizont repräsentieren.

Gleina-Subformation

Als Gleina-Subformation wird die Schichtenfolge von der Basis des Rötquarzits (bzw. dem Dach des Oberen Dolomithorizonts) bis zur Basis der marinen Karbonatfazies bezeichnet. Der Name leitet sich von Gleina an der Unstrut ab (Röhling et al. 2002, Lepper et al. 2013). Während in Thüringen und Teilen Unterfrankens eine dem Unteren Muschelkalk ähnliche Karbonatfazies bereits in den ‚Myophorienschichten‘ des Oberen Buntsandsteins einsetzt und dort als Dornburg-Subformation abgegrenzt wird, sind die ‚Myophorienschichten‘ südlich des Mains ebenfalls in der Fazies von Oberen Röttonsteinen ausgebildet (s. u.: Diedesheim-Horizont), weshalb sie hier als Teil der Gleina-Subformation aufgefasst werden. Diese reicht damit bis zur Basis des Unteren Muschelkalks (Basis Grenzgelbkalk bzw. Plattendolomit). Die Subformation lässt sich hier somit in drei Abschnitte gliedern: den Rötquarzit-, den Epfenbach- und den Diedesheim-Horizont (Abb. 58, 59). Im Schwarzwald und südlichen Kraichgau ist davon nur der Diedesheim-Horizont als ‚Rötton‘ ausgebildet, während die beiden tieferen Horizonte von der Sandstein-Fazies der Plattensandstein-Formation ersetzt werden.

Der **Rötquarzit-Horizont** besteht aus einer Abfolge von meist grauen, örtlich auch hellroten oder weißen Sandsteinen mit vorherrschend kieseligem Zement. Die Sandsteine bilden überwiegend schräggeschichtete ein bis wenige Meter mächtige verschachtelte Rinnenfüllungen, die nach oben von bankig-plattigen Sandsteinen der Überflutungsflächen abgelöst werden. Ton- bzw. Tonschluffsteine treten in lateral wechselnden Anteilen als Zwischenlagen auf. Örtlich und lagenweise sind Halitmarken an den Schichtgrenzen ausgebildet. Im Main-Tauber-Gebiet wird der dort 6–7 m mächtige Rötquarzit von den Unteren Röttonen unterlagert und bildet einen wichtigen Kluftgrundwasserleiter. Weiter südwestlich ersetzt die Plattensandstein-Fazies auch die Unteren Röttonen und endet mit dem Oberen Dolomithorizont (so3D), über dem der Rötquarzit-Horizont beginnt. Im südwestlichen Odenwald, westlichen Kraichgau und Schwarzwald geht der Rötquarzit in der Fazies der Plattensandsteine auf und lässt sich nicht mehr eindeutig nach unten und oben abgrenzen – die Versuche hierzu, z. B. Gehenn (1962), Ortlam

(1969, 1970), konnten bei der Bearbeitung einer größeren Zahl von Profilen nicht nachvollzogen werden und sind auch im Vergleich beider Autoren untereinander nicht konsistent.

Der 8–12 m mächtige **Epfenbach-Horizont** entspricht annähernd den ‚Epfenbacher Schichten‘ nach Gehenn (1962). Die Einheit beginnt unmittelbar an der Obergrenze des Rötquarzits mit dem Einsetzen von mindestens 2 m mächtigen Tonschluffsteinen. Darüber folgen zwischen Elsenz und Neckar, mit einem von West nach Ost abnehmenden Anteil an der Gesamtmächtigkeit, lateral wechselhaft eingeschaltete Sandsteine in typischer Plattensandstein-Fazies. Die ausführlichste Beschreibung dieses Sandsteinhorizonts findet sich bei Gehenn (1962). Es handelt sich um glimmerreiche Fein- bis Mittelsandsteine, vorherrschend rot bis rotbraun, mit tonig-kieseligem, gelegentlich karbonatischem Zement. Lamierte bis feingeschichtete Sandsteine mit tonigen Zwischenlagen überwiegen, lokal wechselnd sind bis metermächtige Rinnenfüllungen („Linsen und Keile“) eingeschaltet. Örtlich treten Rippelflächen oder Halitmarken auf. Die Sandsteine nehmen bei Epfenbach, wo sie früher abgebaut wurden (Schalch 1898) und daher ihren Namen erhalten haben (Hassmann 1928a), den größten Teil der Subformation ein. Gegen Osten reduziert sich ihr Anteil auf wenige geringmächtige Lagen in einer überwiegend tonig-schluffig ausgebildeten Gleina-Subformation östlich des Neckars (Gehenn 1962). Im nördlichen Kraichgau und südwestlichen Odenwald wiesen Böckh (1957), Gehenn (1962) und Backhaus (1981) im Dach des Epfenbach-Sandsteins eine 20 bis 30 cm mächtige Schicht mit *Costatoria costata* und *Myophoria vulgaris* als **Costatabank** aus, die auch östlich der Sandstein-Verbreitung im Bauland und in Hohenlohe nachweisbar ist. Es handelt sich lithologisch meist um eine Sandsteinbank, um dünnsschichtige Sandstein-Tonstein-Wechsel oder um eine fossilführende Tonschluffsteinlage. Bei Boxberg-Schweigern fand Carlé (1961) Lesesteine einer Dolomitsteinbank mit *C. costata*, die wohl ebenfalls aus diesem Horizont stammen dürften. Der Fossilhorizont stellt nach Mahler & Sell (1993) eine Leitschicht dar, die sich über Unterfranken und Thüringen bis Rüdersdorf in Brandenburg korrelieren lässt. *C. costata* setzt über dieser Schicht im Germanischen Becken aus.

Der **Diedesheim-Horizont** stellt die oberste und fossilreichste Einheit des Oberen Buntsandsteins dar. Der Name leitet sich von der ersten Beschreibung eines Fossilhorizonts im Rötton bei Diedesheim durch Benecke & Cohen (1881) her, als Typusprofil kann das genannte Profil 25 bei Gehenn (1962) dienen (BO6620-1501). Die Ab-

folge entspricht in ihrer stratigraphischen Position annähernd der karbonatisch ausgebildeten Dornburg-Subformation („Myophorienschichten“) in Nord- und Ostdeutschland und stellt deren tonig-sandige Randfazies dar. Sie beginnt im Westen unmittelbar über den letzten Plattensandsteinen der Plattensandstein-Formation, am Unteren Neckar über den Sandsteinen des Epfenbach-Horizonts. Östlich davon ist im Odenwald und Bauland wenige Dezimeter bis höchstens etwa ein Meter über der Costata-Bank die **Tännich-Bank** an der Basis des Horizonts ausgebildet (Abb. 59). Diese zuerst von Böckh (1957: „Grüne Leitschicht“) und insbesondere Gehenn (1962: „Bunter Leithorizont im erweiterten Sinne“) beschriebene Bank (benannt nach dem Bachriss am Tännich, Gemarkung Mosbach, Profil 25 „Neckarburken“ bei Gehenn 1962: Schichten 28-29) bildet eine wenige Dezimeter bis ca. 1 m mächtigen Abfolge von grünen, roten, gelben und violetten Dolomitmergelsteinen, Tonschluffsteinen und sandigen Gipsauslaugungsresiduen. Gehenn (1962) konnte den Leithorizont von Nußloch im Westen über Mosbach bis Ingelfingen korrelieren, Böckh (1957) konnte ihn noch bei Hardheim und Kilsheim nachweisen. Grüne Dolomitmergelsteine („Steinmergel“) sind dabei vor allem östlich des Neckars ausgebildet und stellen um Mosbach den unteren Teil der Abfolge („Grüne Leitschicht“). Nach Westen überwiegen die bunten Pelite und Gipsresiduen, in denen im Oberrheingebiet mattierte gut gerundete Grobsandkörner eingestreut sein können.

Darüber folgt nach 2–3 m Schlufftonsteinen eine lagenweise fossilführende Abfolge aus Tonschluffsteinen mit Zwischenlagen von dünnen Sandsteinbänken und örtlich weiteren Dolomitmergelstein-Lagen. In unterschiedlichen Niveaus finden sich Halitmarken. In den obersten Metern konnten Fels et al. (2003) im nicht ausgelaugten Profil einer Tiefbohrung noch bis zu 0,5 Gew.-% Halit als mikroskopischen Gesteinsbestandteil feststellen. Fossilien finden sich teils in dünnen Sandsteinlagen, in dolomitischen Sandsteinbänken und Dolomitmergelstein-Lagen oder auf Schichtflächen von roten oder grünlichen Tonsteinen. Die fossilführenden Lagen führen teilweise marine (Mollusken und Invertebratenspurten, s.o. „Fossilführung“), teilweise nichtmarine Gesellschaften (Conchostraken und Schachtelhalmreste). Sie sind jedoch nicht überall fossilführend und lassen sich daher nicht einzeln über größere Entfernungen verfolgen (Böckh 1957, Gehenn 1962, Mahler & Sell 1993). Die jeweils auffälligste oder lokal unterste dieser Lagen wurde in der Literatur seit Benecke & Cohen (1881) als „Myophorienbank“ bezeichnet, weshalb das stratigraphische Niveau dieser vermeintlichen „Leitschicht“ etwas unterschiedlich angegeben

ist – zuweilen im selben Profil (vgl. Gehenn 1962: Profil 25, Ortlam 1968: Profil 1). Gelegentlich wurden auch fossilreichere Sandsteinbänke „im entsprechenden Niveau“ als „Myophorienbank“ angesprochen. Bereits Gehenn (1962) bezweifelte daher die Eignung einer dieser Bänke als Leitschicht. Angesichts der uneinheitlichen Ansprache und der unklaren Korrelation der jeweils örtlich tiefsten Fossilage wird der Name „Myophorienbank“ darum hier als obsolet betrachtet und über der Tännich-Bank keine weitere Leitbank namentlich ausgewiesen. Im Vergleich mit den bisher gewöhnlich an der (uneinheitlichen) „Myophorienbank“ beginnenden „Myophorienschichten“ beginnt der Diedesheim-Horizont somit 2–5 m tiefer in der Schichtenfolge.

Nordöstlich und nördlich von Kilsheim sind bislang weder die Tännich-Bank nachgewiesen noch konnte eine fossilführende Schicht als unterste „Myophorienbank“ angesprochen werden. Allerdings weist Carlé (1956) im Profil der Tiefbohrung Bad Mergentheim bei 17,0–19,4 m und 23,2–26,0 m zwei auffallend grüngraue Mergelstein-Horizonte aus, die nach ihrer Lage diesen beiden Niveaus entsprechen könnten. Epfenbach- und Diedesheim-Horizont lassen sich in dieser Region bislang nur wie bisher informell als Obere Röttonsteine (Gleina-Subformation) zusammenfassen.

Westlich der Elsenz im südlichen Odenwald und nördlichen Kraichgau, im südlichen Kraichgau und im Schwarzwald stellt der Diedesheim-Horizont allein die Rötton-Formation. Sie besteht hier aus überwiegend rotbraunen, sandfreien bis feinsandigen Tonschluffsteinen, in die nur noch lokale Sandsteinlagen eingeschaltet sind. Marine Faunenelemente fehlen südlich des Kraichgau (zu Funden im Raum Emmendingen s.o. „Fossilführung“ und Kap. 6.7). Die örtlich auftretenden Spurenfossilien („*Arenicolites*“, *Cylindricum*) geben keine Auskunft über das Milieu, da solche einfachen Formen in nichtmarinen ebenso wie in marinen Ablagerungsräumen vorkommen. Im mittleren bis höheren Teil können dolomitische Mergellagen eingeschaltet sein. Schnarrenberger (1907) beschreibt dicht unter der Muschelkalk-Basis flache Rinnenfüllungen („Erosionsfurchen“) aus dolomitischen Sandsteinen, die in die Röttonsteinen eingeschnitten sind. Aus Bohrungen sind auch Sulfatknollen bekannt, die in Tagesaufschlüssen aber meist vollständig aufgelöst sind und allenfalls noch durch kleine Kalzitdrusen (z.B. M. Schmidt 1911b) angedeutet werden. Die obersten 0,5–2 m unter der Muschelkalkbasis sind häufig entfärbt und zeigen die grau-grüne Eigenfarbe der Tonminerale.

6.7 Sedimente im Hangenden des Buntsandsteins

Im größten Teil des Landesgebiets folgen über den rotbunten oder grüngrau entfärbten Schlufftonsteinen und Sandsteinen des Oberen Buntsandsteins mit scharfer Grenze Karbonatgesteine des Unteren Muschelkalks (vgl. Kap. 5.8), meist graue oder gelblich angewitterte Dolomitstein-, Dolomitmergelstein- oder, im Norden, Kalksteinbänke. Darunter sind die obersten Dezimeter des Buntsandsteins oft grüngrau entfärbt, weshalb die Farbgrünze von rotbunt zu grau bis grün meist etwas unterhalb der lithologischen Basis des Muschelkalks liegt. Über peritidalen karbonatischen Sedimenten (Plattendolomit, Grenzgelbkalk) folgen rasch flachmarine graue Tonmergelsteine (Abb. 60). Nur in der südlichen Umrandung des Schwarzwalds und im Untergrund von Schwäbischer Alb und Molassebecken kann die dort einsetzende sandige Randfazies des Muschelkalks – je nach Qualität der Bohrproben – die Abgrenzung durch die abweichende Faziesausbildung erschweren.

Im Untergrund der Schwäbischen Alb und Oberschwabens einerseits und im Gebiet der Emmendinger Vorberge und des südlichen Oberrheingraben andererseits wurden an der Basis des Muschelkalks zunächst marine Sandsteine abgelagert, bevor die Sedimentation mit weiterer Transgression in eine

mergelig-karbonatische Fazies umschlug. Diese Sandsteine oder Sandstein-Tonstein-Wechselfolgen werden im Westen der Udelfangen-Formation (Schüttung aus Westen vom Ardennisch-Gallischen Hochland), im Südosten der Eschenbach-Formation (Schüttung aus Südosten oder Osten vom Vindelizisch-Böhmischen Hochland) zugeordnet (Simon et al. 2020, Nitsch & Simon 2020).

Da Tagesaufschlüsse im Verbreitungsgebiet der Muschelkalk-Randfazies in Baden-Württemberg im Südwesten weitgehend, im Südosten ganz fehlen, erfolgt die Abgrenzung gegen den Buntsandstein fast ausschließlich in Bohrprofilen. Das wichtigste Kriterium ist dabei der Karbonatgehalt in den Muschelkalk-Sandsteinen gegenüber meist karbonatfreien Sandsteinen des obersten Buntsandsteins.

In der Randschollenzzone des südlichen Oberrheingraben, insbesondere in den Emmendinger Vorbergen, beginnt der Untere Muschelkalk teilweise mit grauen bis braunen dolomitischen Fein- bis Mittelsandsteinen. Es sind östliche Ausläufer der Udelfangen-Formation, die linksrheinisch die sandige Randfazies des Unteren Muschelkalks darstellt. Die Mächtigkeit dieser basalen „Elsässer Muschelsandsteine“ schwankt nach den wenigen bisherigen Bohrbefunden zwischen einem und einigen Metern. Die Abgrenzung gegen den Buntsandstein erfolgt dabei nach dem Karbonatgehalt, der den meist dünnen Sandsteinlagen der Rötton-Formation in der Regel fehlt.

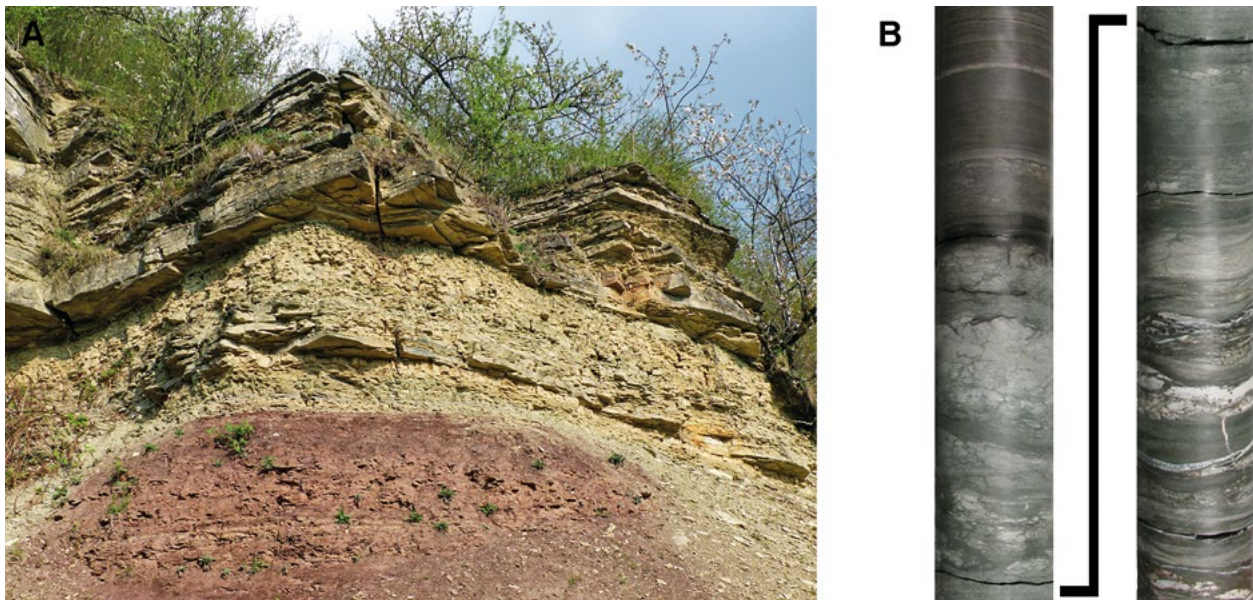


Abb. 60: Aufschlussbilder der Buntsandstein-Muschelkalk-Grenze. **A.** Verwitterungsprofil im Steinbruch Gräfenhausen (Foto: T. Huth). Transgression des Unteren Muschelkalks aus intertidalen Plattendolomit (gelbbraun, plattig-bröckelig, etwas überhängend) und subtidalen Liegenden Deckbänken (stärker überhängend) auf oben entfärbten, sonst rotbraunen Röttonsteinen. Von den aus Bohrungen bekannten Sulfatknollen ist in Aufschlüssen meist nichts mehr zu erkennen. **B.** Der Grenzbereich im Bohrkern von BO7019-2042 Ensingen (399,0 – 400,0 m, Foto O. Wendt). Unten (rechts) rotbraune Tonschluffsteine mit dolomitischen Lagen und Anhydritknollen (supratidal, Rötton), in der Mitte dolomitische Mikrobienlaminite mit Tonschluffsteinlagen und Anhydritknollen (höheres Intertidal), oben (links) mikrobienlaminierter Dolomitstein ohne Sulfatknollen (tieferes Intertidal, Muschelkalk). Die weißen horizontalen Bänder sind schichtparallele Fasergipsgänge aus der subrezenten Anhydrit-Gips-Umwandlung. Kerndurchmesser 12 cm.

Aus der Emmendinger Vorbergzone und dem südlich davon gelegenen Randbereich des Oberrheingrabens sind einzelne Profile dokumentiert, in denen dicht unter karbonatisch zementierten Sandsteinen der Udelfangen-Formation fossilführende Ton- und Sandsteine angetroffen wurden, die bereits eine verarmte Muschelkalk-Invertebratenfauna führen (Stierlin 1912, Kessler & Leiber 1980). Da die Fossilführung des Diedesheim-Horizonts bereits 100 km nordöstlich im südlichen Kraichgau nach Süden aussetzt, ist eine Ableitung aus den Transgressionen der ‚Myophorienschichten‘ wenig plausibel. Wahrscheinlicher tritt hier die Fazies des Voltziensandsteins, der in den Vogesen auch Teile des tiefsten südwestdeutschen Muschelkalks als terrestrische Randfazies vertritt (Durand 2013), hier bereits rechtsrheinisch in Erscheinung. Die fossilführenden Rotsedimente dürften dann altersgleiche Küstenablagerungen zu den weiter östlich und nordöstlich vollmarinen basalen Muschelkalk-Sedimenten darstellen. Die bisher bekannten Profile sind jedoch zu kurz und zu wenige, um die Frage abschließend zu klären.

Am Hochrhein folgt über der Rötton-Formation der Untere Muschelkalk zwar ohne Basissandstein, aber in stärker tonig-schluffiger Ühlingen-Fazies, in der Dolomitmergelsteine und Dolomitsteine zurücktreten. Entsprechend sind hier anstelle des basalen Plattendolomits, der nördlich der Wutach eine deutliche Muschelkalk-Basis bildet, meist nur graue dolomitische Mergelsteine mit Feinschichtung ausgebildet, deren Stellung in der älteren Literatur teilweise unklar blieb (Diskussion in Nitsch et al. 2017). In einem bis mehreren Metern Abstand darüber können sich zudem im Muschelkalk wieder rotbraune Tonsteine in Dezimeter- bis metermächtigen Lagen einschalten, die faziell den Röttonen nahestehen (s. Kap. 5.8).

Während im Ausstrichgebiet südöstlich des Schwarzwalds marine Feinsandsteine im Unteren Muschelkalk nur einige dünne, wenig weit aushaltende Lagen bilden, wurden weiter östlich, im Untergrund von Schwäbischer Alb und Oberschwaben, mehrere Meter mächtige Sandstein-Abfolgen an der Muschelkalk-Basis abgelagert. Die Schüttungen stammen hier aus dem Osten, vom Böhmischo-Vindelizischen Massiv, weshalb sie wie jene in der Oberpfalz (Bayern) als Eschenbach-Formation angesprochen werden. Diese südöstliche Randfazies des Muschelkalks liegt dabei häufig unmittelbar auf Sandsteinen des Oberen Buntsandsteins, da die Rötton-Formation noch vor dem Beckenrand faziell auskeilt bzw. in Sandsteine übergeht. Im Unterschied zu den nicht immer rotbraunen, manchmal auch grau gebleichten, aber stets kieselig oder tonig gebundenen Sandsteinen

des Oberen Buntsandsteins sind die sandigen Muschelkalk-Ablagerungen darüber überwiegend dolomitisch zementiert und können lagenweise in sandige Dolomitsteine oder sandige Dolomitmergelsteine übergehen. Kieselige oder tonige Zemente treten nur sehr untergeordnet auf. Nach selten darin gefundenen Fossilien können die Sandsteine als marin betrachtet werden. Die Farbe dieser fein- bis höchstens mittelsandigen Abfolgen ist entsprechend meist grau oder bräunlichgrau, teilweise auch braun oder gelblich.

Südöstlich einer Linie etwa vom westlichen Bodensee zum Nördlinger Ries fehlt Buntsandstein zwischen dem Grundgebirge (oder kleineren Rotliegend-Vorkommen) und Muschelkalk-Randfazies. Unter den ersten dolomitischen Sandsteinen der Eschenbach-Formation treten jedoch dort mit lückenhafter Verbreitung ebenfalls rotbunte Sandsteine mit eingeschalteten Tonschluffsteinen auf. Sie wurden früher teilweise als Buntsandstein angesprochen oder mit dem Melser Sandstein in der Zentralschweiz verglichen und heute als externe Trias-Randfazies der Grafenwöhr-Formation zugeordnet (Kap. 8.14). Die fluvialen bis alluvialen Rotsedimente füllen offenbar ein Paläorelief des Untergrunds und keilen örtlich zwischen Eschenbach-Formation und Kristallin aus. Nach oben gehen sie ohne erkennbaren Bruch in die marinen Sandsteine über, über denen dann karbonatische Sedimente des höheren Unteren oder Dolomite und Anhydrite des Mittleren Muschelkalks folgen. Sie stellen demnach die fluviale Randfazies des tieferen Muschelkalks dar, die während der Transgression am vindelizischen Beckenrand als ertrunkene Talfüllungen erhalten blieben (Nitsch & Simon 2020).



7 Korrelation von Bohrlochmessungen

„Eine Gliederung, die sich bevorzugt auf den Vergleich von geophysikalischen Bohrlochdiagrammen stützt, also auf Profilen von meist mehreren 100 m Mächtigkeit basiert, erscheint besonders geeignet zur Erkennung der größeren stratigraphischen Zusammenhänge.“

(Trusheim 1963: 17)

Aus dem Landesgebiet von Baden-Württemberg liegen nur wenige Dutzend stratigraphisch verwertbare Bohrlochmessungen aus dem Buntsandstein vor. Es handelt sich fast ausschließlich um Messungen der natürlichen Gammastrahlung, zu denen wenige Messungen des elektrischen Widerstands, der akustischen Impedanz und Neutron-Logs kommen. Nur die Gammalogs weisen untereinander Abstände auf, die eine vorsichtige Korrelation der Messkurven erlauben, weshalb nur auf sie im Folgenden eingegangen wird. Die Messungen stammen überwiegend aus Brunnenbohrungen (einschließlich Mineral- und Thermalwasserschließung) und Grundwassermessstellen (teils in Zusammenhang mit Steinbrüchen oder Deponie-Monitoring), einzelne auch aus Forschungsbohrungen, tiefen Geothermiebohrungen, Baugrunderkundungen für Untertagebauwerke und wenigen Rohstofferkundungsbohrungen. Zahlreiche weitere Messungen aus geotechnischen und hydrogeologischen Erkundungen sind in ihrer Profillänge zu kurz um stratigraphisch ausgewertet zu werden. Zur Erstellung der Korrelationsgrafiken wurden die vorwiegend analog in Papierform vorliegenden Logs als digitale Vektorgrafik nachgezeichnet. Die mit sehr unterschiedlichen Geräten gemessenen und primär mit unterschiedlichen Skalen dargestellten Logs wurden daraufhin auf gleichen Maßstab und vergleichbares Amplitudenspektrum skaliert. Die Korrelation erfolgte grafisch unter Berücksichtigung der jeweiligen Bohrgutbeschreibungen und der vereinzelt vorliegenden weiteren Bohrlochmessungen.

Die natürliche Gammastrahlung geht im Buntsandstein des Landesgebiets im Wesentlichen auf den Zerfall von Kalium-40 zurück, das in Tonmineralen, detritischen Glimmern und Feldspäten enthalten ist. Anders als in Sandsteinen des Karbon oder Keuper spielen Uran und Thorium in den vorliegenden Logs nur im Oberen Buntsandstein eine Rolle (Junghans 2003). Die meist nur schwach Feldspat führenden Sandsteine bilden sich dementsprechend in überwiegend gleichförmig niedrigen bis mittleren Amplituden der Strahlungskurven

ab, die von einzelnen herausstechenden Maxima unterbrochen werden. Letztere treten meist an Tonstein-Lagen und Sandsteinen mit Tonstein-Intraklasten, daneben aber auch an glimmerreichen Sandsteinen oder an Geröllsandsteinen mit Feldspat-reichen Geröllen (v.a. in der Eck-Formation) sowie im Oberen Buntsandstein an Feinsandsteinen mit erhöhtem Thoriumgehalt in den Schwermineralen auf.

Die Buntsandstein-Basis ist in den meisten Logs gut zu erkennen an einer raschen Abnahme (von unten nach oben) der maximalen Amplituden und ihres Mittelwerts über den unregelmäßigeren Kurvenverläufen von Tigersandstein- oder Kirnbach-Formation, Rotliegend oder Kristallin (alle mit höheren Feldspat- und z.T. Glimmer-Gehalten). Allerdings können in den alluvialen Sedimenten der Zechstein-Randfazies und des Rotliegend örtlich sehr ähnliche Logmuster wie im Buntsandstein auftreten, weshalb ein Gammalog ohne ergänzende Informationen aus dem Bohrgut leicht zu Fehleinschätzungen führen kann. Prominentes Beispiel ist eine ton- und sandarme Konglomeratabfolge der Logeinheit ‚B‘ (nach Gebhardt 2014) des Schramberg-Rotliegendbeckens in der Bohrung Albershausen (BO7323-2), die ein Logintervall mit niedrigen Amplituden über den Pelit-Sandstein-Wechselfolgen des Intervalls ‚C‘ einleitet. Das Logmuster ähnelt trotz abweichender Gesteinsabfolge verblüffend jenem, welches die Geröll- und Grottsandsteine der Eck-Formation über der Tigersandstein-Formation in Allmersbach a. W. (BO7022-54) hervorrufen (Beil. 10). Diese Ähnlichkeit hat Carlé (1971) angesichts der damals noch sehr spärlichen Vergleichsmöglichkeiten dazu verleitet, auch für Albershausen mehr als 200 m Buntsandstein anzunehmen. Erst durch die Bohrung Urach 3 (1978), die ein weiteres Rotliegend-Profil aus dem östlichen Schramberg-Becken lieferte und teilweise durch Bohrkern erschloss, zeigte sich der Revisionsbedarf für das Profil von Albershausen (Leiber 1982), der durch die Neuaufnahme der Bohrproben nach deren Überstellung an das LGRB sowohl für Urach (Franz et al. 2014, Gebhardt 2014) als auch für Albershausen (Nitsch, Bohrkarte LGRB) bestätigt werden konnte.

Der größte Teil der Eck- und Vogesensandstein-Formation zeigt eine wenig differenzierte Abfolge von niedrigen Strahlungswerten mit meist gleichmäßig niedrigen Amplituden, die nur gelegentlich von etwas höheren Strahlungsspitzen unterbrochen werden. Charakteristische Logmuster treten innerhalb dieser Abfolge nur über kurze Intervalle und dann jeweils nur in wenigen Bohrungen in vergleichbarer stratigraphischer Position auf. Ähnliche Logmuster zeigen sich aber zuweilen in

anderen Bohrungen in nachweislich ganz anderer stratigraphischer Position. Kurze Gammalogs können daher ohne weitere stratigraphische Informationen nicht zuverlässig innerhalb der Abfolge eingeordnet werden. Erst wenn aus anderer Informationsquelle – insbesondere aus der Gesteinsabfolge nach Bohrgut – einzelne Schichtgrenzen näher bestimmt werden konnten, werden detaillierte Korrelationen möglich. In solchen Fällen lassen sich so z. B. in gestörten Profilen Position und Umfang von tektonischen Schichtausfällen näher eingrenzen (z. B. Beil. 9: Bruchsal) und ggf. selbst Schichtverdopplungen an Aufschiebungen erkennen (Abb. 61). In den Korrelationsdiagrammen (Beil. 9 bis 11) sind die Messkurven an so identifizierten Schichtausfällen aufgetrennt und die im Original zusammenhängenden Endpunkte durch Sterne (*) markiert.

In der höheren Vogesensandstein-Formation ändert sich das Logmuster in vielen Gammalogs zu einem Wechsel aus blockig wirkenden niedrigstrahlenden Intervallen, zwischen denen

Logspitzen mit höherer Amplitude liegen. Dieser Abschnitt wurde in den Logs häufig als ‚Oberer Geröllsandstein‘ abgegrenzt, obwohl die rein lithologisch ausgewiesene Basis des ‚Oberen Geröllsandsteins‘ oft von der Loggrenze abweicht. Der Grund für die höheren Amplituden einiger Zwischenlagen liegt hier allerdings meist nicht in eingeschalteten Tonsteinlagen, sondern im vermehrten Auftreten von detritischem Glimmer in den Feinsandsteinen und Schluffsteinen. Im Vergleich mehrerer, auch gerade benachbarter Logs zeigt sich im oberen Teil der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation jedoch eine starke laterale Variabilität zwischen starken Amplitudenschwankungen und durchgängig niedrigen Amplituden und Werten. Erst mit Heidenstein-Kristallsandstein und Felssandstein ergeben die blockigen Minima und dünnen Maxima ein lateral besser vergleichbares Muster (Abb. 62). Einzelne Profile weisen auch hier stärkere und breitere Maxima auf, die nach dem Bohrgut teils durch mächtigere Tonstein-Einschaltungen und teils durch Glimmersandsteine hervorgerufen werden.

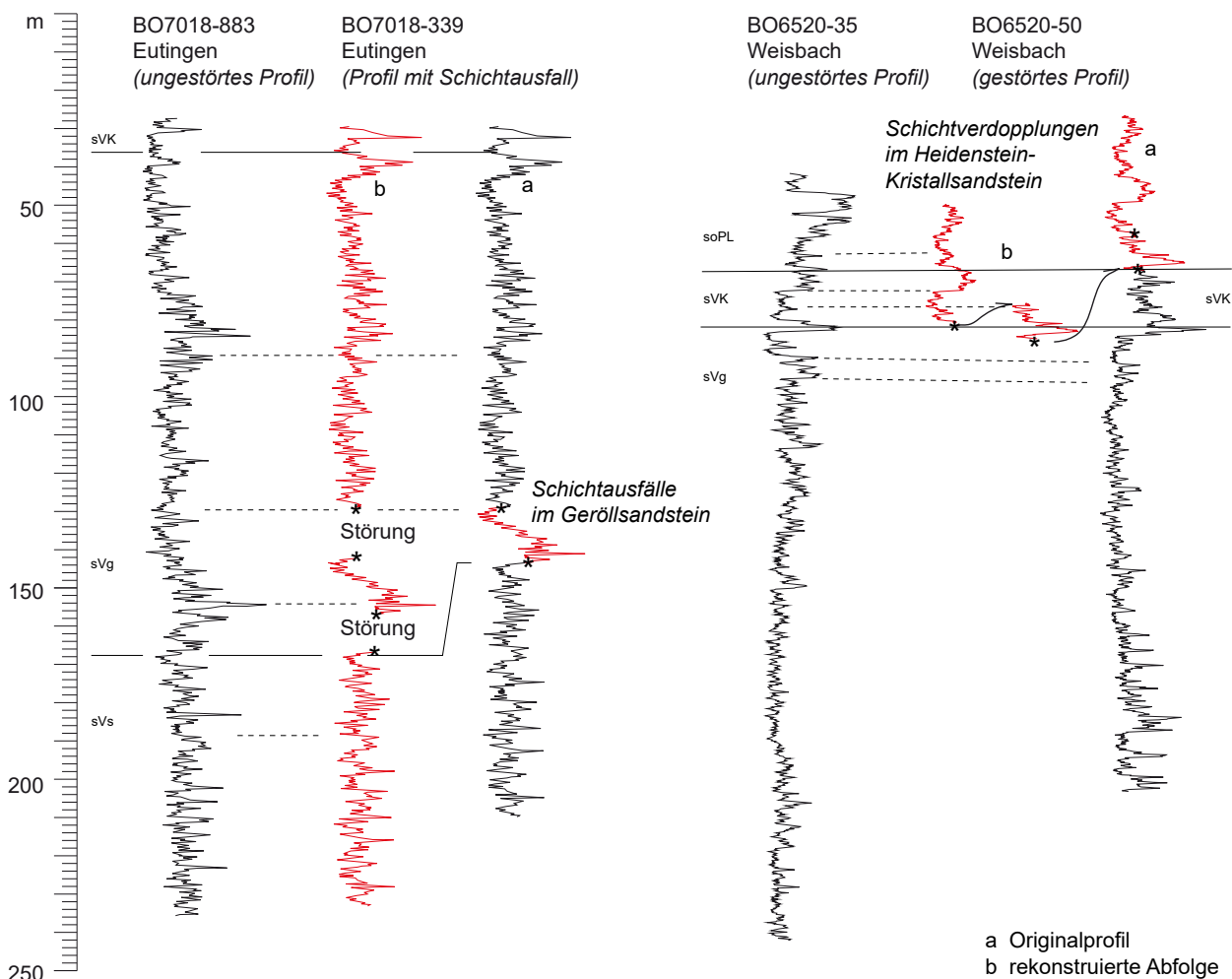


Abb. 61: Durch Vergleich benachbarter Profile lassen sich tektonische Schichtausfälle oder Schichtverdopplungen in der Profilabfolge lokalisieren und quantifizieren. Links: Schichtausfälle durch Abschiebungen, rechts: Schichtverdopplungen durch transpressive Aufschiebungen an einer Blattverschiebung.

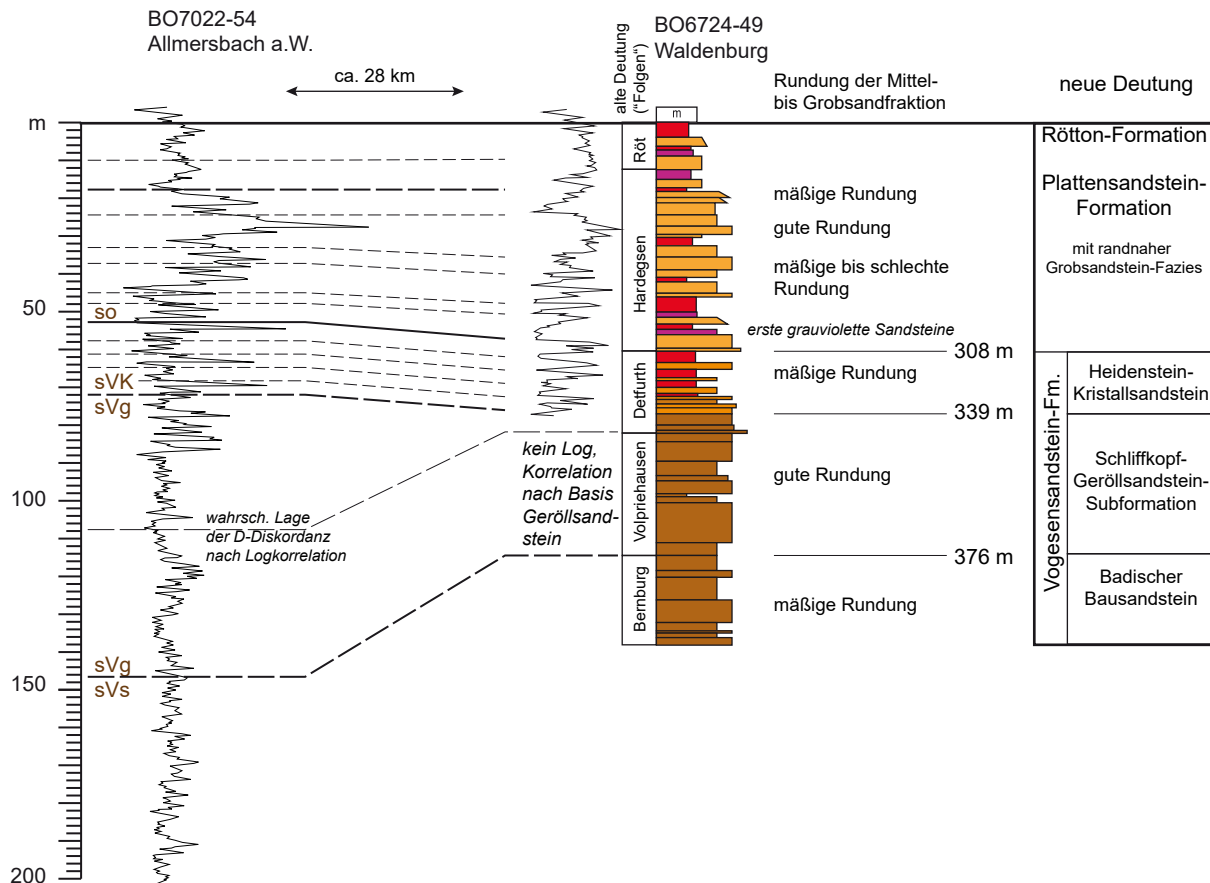


Abb. 62: Neuinterpretation der Schichtenfolge in der Bohrung BO6724-49 Waldenburg (Leiber & Simon 2004) mithilfe der Korrelation des Gammalogs zur nächstgelegenen Tiefbohrung BO7022-54 Allmersbach a. W. Bei der zunächst als „Hardeggen-Folge“ (Folge s5) gedeuteten Abfolge handelt es sich offenbar um eine randnahe Fazies der Plattensandstein-Formation, in der Grobsandsteine eingeschaltet sind. Ähnlich wie am Hochrhein treten hier auch im Oberen Buntsandstein äolisch vorgeprägte gut gerundete Grobsande auf. Die als „Detfurth-Folge“ (Folge s4) gedeutete Abfolge entspricht nach der Logkorrelation überwiegend der Heidenstein-Subformation, die hier diskordant auf Geröllsandsteinen der tieferen Folge s4 liegen dürfte. Da für den tieferen Teil des Profils kein Log vorliegt, kann die weitere Gliederung hier nur nach Korngrößen und Rundung erfolgen.

In der Plattensandstein-Formation mit ihren wechselnd glimmerführenden Sandsteinen und meist etwas höheren Feldspat- und Tonstein-Gehalten werden die Amplituden generell unregelmäßiger und höher, bei meist höheren Mittelwerten. Die höchsten Strahlungswerte erreichen erwartungsgemäß die Tonsteine der Rötton-Formation, wodurch die Grenze zur Basis des Muschelkalks (aus Dolomit- oder Kalksteinen mit niedrigen Strahlungswerten) meist gut erkennbar ist. Dieses Bild kehrt sich allerdings nahe am einstigen Beckenrand um, da im Untergrund der Schwäbischen Alb oft keine Röttonen mehr ausgebildet sind. Die gröbere Randfazies der Plattensandstein-Formation enthält hier weniger Glimmer als die Feinsandsteine weiter nördlich und weist daher oft niedrigere Strahlungswerte auf als die karbonatischen und stärker Feldspat führenden marinen Sandsteine des basalen Muschelkalks (Eschenbach-Formation) darüber.

In den Korrelationsdiagrammen (Beil. 9 bis 11) wurde versucht, die vorliegenden und aufgrund ihrer Länge und Qualität auswertbaren Gammalogs im Landesgebiet stratigraphisch in Beziehung zu setzen. Ausgangspunkt waren dabei jeweils die nach dem Bohrgut ausgewiesenen lithologischen Grenzen innerhalb des Profils, die in den Abbildungen in einigen Fällen durch farbige Striche angedeutet sind. Die verbindenden Korrelationslinien orientieren sich einerseits an charakteristischen wiederkehrenden Logmustern (besonders an der Basis und im Oberen Buntsandstein) sowie an auffälligen Maxima, die insbesondere innerhalb der Vogesensandstein-Formation und ihrer Äquivalente häufig an mächtigere Tonstein-Lagen gebunden sind. Entsprechend müssen die hochauflösenden Korrelationslinien als Modell betrachtet werden und stellen eine Arbeitshypothese dar. Ihre Plausibilität erhalten sie vor allem durch den Umstand, dass sie zwischen den Profilen meist parallel oder gleichsinnig aufgeweitet verlaufen,

d.h. dass Mächtigkeitszunahmen zwischen zwei Profilen stets in derselben Richtung erfolgen. Gegensinnige Mächtigkeitsreduktionen in unterschiedlichen Profilabschnitten wären ein Hinweis auf tektonische Ereignisse, in denen Senken- und Schwellengebiete ihre relative Position vertauschen, was innerhalb des hier betrachteten Gebiets und Zeitabschnittes nicht wahrscheinlich ist. Lediglich beim Vergleich weiter entfernter Profile, z.B. zwischen verschiedenen Senkengebieten, können solche gegensinnigen Mächtigkeitsveränderungen unter Diskordanzen auftreten, wenn die Subsidenzentwicklung vor und nach Ausbildung der Diskordanz unterschiedlich verlaufen ist.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die faziell im Großen recht einförmige, im Detail aber stark wechselhafte alluviale Sedimentation im (rechtsrheinischen) südwestdeutschen Buntsandstein nur wenige Ansatzpunkte für eine Einordnung isolierter kurzer Gammalogs bietet. Typische, über größere Regionen wiedererkennbare Logmuster, die in der Beckenfazies vieler Schichtenfolgen (in Baden-Württemberg z.B. auch aus dem Muschelkalk, Teilen des Keupers und dem Jura) oft eine „Wiedererkennung“ bestimmter Schichtfolgen erlauben, sind in der alluvialen Randfazies des Buntsandsteins nicht ausgebildet. Charakteristische Logmuster zeigen sich lediglich an der Buntsandstein-Basis und im Bereich von Heidenstein-Kristallsandstein und Felssandstein, bieten jedoch auch hier bei kurzen, sonst stratigraphisch nicht näher verorteten Profilabschnitten die Gefahr einer Verwechslung mit anderen, lokal zuweilen ähnlich ausgebildeten Profilabschnitten. Vergleicht man längere Messkurven auf möglichst kurze Distanzen (< 50 km), ist eine Korrelation aus zuverlässig gegliederten längeren Logs jedoch möglich und erlaubt heute erstmals den Nachweis von Diskordanzen auch im Buntsandstein in Baden-Württemberg (Kap. 8.11).

8 Diskussionen zu stratigraphischen Einzelfragen

„Die Verwirrung ist groß und die Hinweise auf die Unmöglichkeit und Unhaltbarkeit der Einteilungsverschiedenheiten sind immer wieder zu lesen.“

(Schuster 1932: 5)

8.1 Die Grenze Tigersandstein-Formation – Buntsandstein im Kraichgau

In Bohrbefunden unter dem Kraichgau zeigt sich eine unmittelbare Auflagerung von fein- bis mittelkörnigem Heigenbrücken-Sandstein auf ebenfalls fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen der Tigersandstein-Formation, was die Abgrenzung erschwert. Da die Sandsteine des Heigenbrücken-Sandsteins hier nur wenige der für die Eck-Formation des Schwarzwalds typischen gut gerundeten Sandkörner enthalten, wurde die Grenze in den ersten Profilaufnahmen zunächst höher im Profil an den Korngrößenwechsel zu Grob- und Geröllsandsteinen gelegt (so noch dargestellt für Kraichgau 1001 in Leiber et al. 2013: Abb.8.8-1). Junghans (2003) konnte jedoch zeigen, dass die Grenze zwischen Tigersandstein- und Heigenbrücken-Sandstein (damals als Untere Eck-Formation bezeichnet) in der Bohrung Kraichgau 1002 mit einem Fazieswechsel von distalen Schichtflut-Sandsteinen zu Rinnensandsteinen einhergeht und der Buntsandstein mit einer Aufarbeitungslage voller Tonstein-Intraklasten beginnt. Diese tiefere Grenzziehung wurde auch von Menning & Käding (2013: Abb.6.4.1) nach erneuter Auswertung von Gammalog und Magnetostratigraphie bestätigt. Einziger Unterschied zur Abgrenzung bei Junghans stellt dabei die Aufarbeitungslage an der Buntsandstein-Basis (709,7–709,2 m) dar, die Junghans aufgrund der Fazies zum Buntsandstein, Käding jedoch aufgrund des darin gemessenen Gamma-Maximums, das von den großen Tonstein-Intraklasten stammen dürfte, noch zum Zechstein stellte.

8.2 Status des Heigenbrücken-Sandsteins

Zwischen den ‚Bröckelschiefern‘ (Langenthal-Formation) der Zechstein-Randfazies und den schwach geröllführenden Grobsandsteinen des Eckschen Geröllsandsteins sind in Odenwald



und Spessart fein- bis mittelkörnige und weitgehend geröllfreie Sandsteine ausgebildet, die Gümbel (1866) nach Heigenbrücken im Spessart als ‚Heigenbrückenschichten‘ bezeichnet hat. Die Mächtigkeit dieser geröllarmen Fazies schwankt im Odenwald zwischen 30 und 60 m, was an einer in örtlich verschiedenen Niveaus ausgebildeten Faziesgrenze zu den hangenden, etwas weniger geröllarmen Grobsandsteinen des Eckschen Geröllsandsteins liegen dürfte. Der Heigenbrücken-Sandstein stellt dabei eine klar abgrenzbare Kartiereinheit dar, die sich vom hangenden Eckschen Geröllsandstein durch die geringeren Sandkorngrößen und die meist bessere Verfestigung abhebt. Entsprechend wurde bereits vorgeschlagen, diese Fazies als Heigenbrücken-Formation den Status einer eigenständigen Formation zu geben und so von der Eck-Formation zu unterscheiden (Friedlein 2016).

Im südlichen Odenwald wurde der Heigenbrücken-Sandstein zunächst als ‚Unterer Buntsandstein‘ aufgefasst, da nach damaliger Auffassung mit dem ‚Eckschen Geröllhorizont‘ der Mittlere Buntsandstein begonnen wurde (Benecke & Cohen 1881, Andreae 1893). In Analogie zum Schwarzwald wurde daher der Name ‚Tigersandstein‘ für gefleckte Sandsteine auch in den Odenwald übertragen und auf den Heigenbrücken-Sandstein oder einen Teil davon bezogen (z. B. Erb 1928). Bereits Thürach (1909) hatte jedoch erkannt, dass es sich dabei jedoch nicht um ein Äquivalent des ‚Tigersandsteins‘ im Schwarzwald handelt, sondern um eine (fast) geröllfreie Ausbildung des tieferen ‚Eck’schen Konglomerats‘. Nach Revision der Zechstein-Buntsandstein-Grenze in Süddeutschland (Lepper et al. 1993) wurde der Heigenbrücken-Sandstein entsprechend zusammen mit dem (heutigen) Eck-Grobsandstein des Schwarzwalds als ‚Untere Eck-Formation‘ (GLA 1995) zusammengefasst. Heute stellt der Heigenbrücken-Sandstein in Baden-Württemberg eine von vier Subformationen der Eck-Formation dar, die dem stärker grobsandigen, lagenweise stärker geröllführenden Eck-Grobsandstein weiter südlich entspricht.

Hinsichtlich der Einstufung des Heigenbrücken-Sandsteins als eigenständige Formation oder als Subformation der Eck-Formation lassen sich Argumente für beide Möglichkeiten anführen. Für eine Abgrenzung als Formation spricht die insgesamt geringere Korngröße, da sowohl die gesamte Eck-Formation im Schwarzwald als auch der Ecksche Geröllsandstein im Odenwald von Grobsandsteinen geprägt sind. Dadurch lässt sich die Einheit als Kartiereinheit klar vom Liegenden und Hangenden abgrenzen. Bei der Abgrenzung in Auf-

schlüssen bzw. Bohrprofilen treten aber andererseits örtlich Schwierigkeiten auf, da der Wechsel von Mittel- in Grobsandsteine teilweise über eine Wechselfolge und bei verschiedenen Profilen nicht immer in vergleichbarem stratigraphischen Niveau erfolgt. Während die Mächtigkeitsverteilung von Heigenbrücken- und Eckschem Geröllsandstein in Summe gleichmäßig von West nach Ost bzw. von der Odenwald-Schwelle in die Fränkische Senke zunimmt, schwanken die relativen Mächtigkeitsanteile der beiden Einheiten zueinander kleinräumig. Dies und die Vergleichbarkeit mit den Mächtigkeitsverteilungen der Eck-Formation im südlichen Schichtstufenland spricht für eine Verbindung beider Kartiereinheiten in nur einer Formation, deren fazieller Aufbau – geröllarme, dünnsschichtige Sandsteine unten, geröllreichere, in Rinnen abgelagerte Sandsteine oben – ebenfalls vergleichbar, wenn auch im Odenwald distaler erscheint. Für das Landesgebiet von Baden-Württemberg wird daher bis auf Weiteres bei der Einbeziehung des Heigenbrücken-Sandsteins in die Eck-Formation (als deren Subformation) festgehalten.

8.3 Die Grenze Eck- gegen Vogesensandstein-Formation

Der fazielle Übergang von den überwiegend schwach verfestigten Geröllsandsteinen der Eck-Formation in die meist festen Grob- und Mittelsandsteine des Badischen Bausandsteins, die ebenfalls noch Gerölle führen können, erfolgt zwar häufig innerhalb weniger Meter Profil, ist darin aber nicht immer einfach auf eine Schichtfläche einzugrenzen. Bereits Riek (1931) hatte über dem ‚Oberen Eck’schen Konglomerat‘ stärker verfestigte geröllführende ‚Grenzschichten‘ ausgewiesen, deren Geröllbestand keine Feldspat führenden Gesteine mehr aufweist und ähnlich wie die Geröllsandsteine der höheren Vogesensandstein-Formation nur noch Quarz, Quarzit und Hornstein-Gerölle führen. Diese ‚Übergangsschicht‘ (Eissele 1966) kann örtlich fehlen, während sie sich andernorts über mehr als 10 m Profil erstreckt und von Leiber (in unveröff. Bohrprotokollen) als „Rudersberg-Fazies“ (vgl. Anhang 1) bezeichnet wurde. Die Grenze zur liegenden Eck-Formation (mit Grundgebirgs-Geröllen) ist nach dem Geröllbestand meist gut einzugrenzen (auch in Meißelbohrungen) und oft mit einem Farbwechsel von den violettstichigen Farben der Eck-Formation in das Rotbraun des Badischen Bausandsteins verbunden. In Bohrkern- und Aufschlussprofilen wird die Grenze heute an den ersten zusammenhängenden Sandsteinkörper gelegt, der die Abfolge ohne Kristallingerölle einleitet und daher oft an die Dachfläche einer (dann jeweils lokalen) Tonsteinlage. Eine einzelne, über größe-

re Entfernungen durchhaltende „Leitschicht“ lässt sich jedoch nicht belegen. Der Vergleich mit einer Korrelation der vorhandenen Gammalogs zeigt, dass diese lithologische Grenzziehung offenbar um wenige Meter im Profil schwankt und nach Süden geringfügig ansteigt, jedoch ein zumindest ähnliches Niveau einhält.

Regionale Mächtigkeitsunterschiede resultieren dennoch teilweise aus unterschiedlichem stratigraphischem Niveau des Faziesübergangs. Bereits Bräuhäuser & Sauer (1913: 50) stellten fest: „Je weiter man aber nach Norden kommt, desto gerölleärmer werden die oberen, felsbildenden Lagen des Eck'schen Konglomerats, die der Schramberger Schloßberg noch dicht mit Geschieben durchstreut zeigt. Zugleich gewinnen diese Bänke merklich an Festigkeit, wodurch sie sich mehr und mehr als Baustein eignen. Der nämliche Horizont, der 3–4 km südlich bei Aichhalden, OA. Oberndorf, zwar schon geröllearmes, aber noch ziemlich mürbes Gestein zeigt, liefert beim Nachbardorf Rötenbach bereits geröllefreie, brauchbare Werksteine.“

Im südlichen Zentralschwarzwald greifen die Schliffkopf-Geröllsandsteine der Vogesensandstein-Formation diskordant über zunehmend ältere Buntsandstein-Einheiten bis etwa in das Gebiet des Wutachtals, wo die Geröllsandsteine unmittelbar auf dem Grundgebirge liegen. Zwischen Schramberg und Villingen liegen sie unmittelbar mit erosivem Kontakt auf Geröllsandsteinen der Eck-Formation. Die Grenzfläche ist dabei unregelmäßig in Kolken und Rinnen eingeschnitten (Hennig 1923: 56; Riek 1931: 102). Die Schliffkopf-Geröllsandsteine führen hier daher ebenfalls häufig aufgearbeitete Kristallingerölle, was die Unterscheidung erschwert. In Kernbohrungen und Aufschlüssen ist hierbei meist die bessere Verfestigung in der Vogesensandstein-Formation eine Hilfe, Profile aus Meißelbohrungen müssen jedoch allein nach dem Aussetzen der Kristallingerölle gegliedert werden, weshalb die Grenze hier gelegentlich zu hoch liegen kann.

8.4 Geröllführung des Badischen Bausandsteins und der ‚Schapbach-Geröllsandstein‘

Mit der Veröffentlichung eines ersten landesweit gültigen Symbolschlüssels für Baden-Württemberg (GLA 1995) wurden der Badische Bausandstein des Schwarzwalds und die Miltenberg-Formation im Odenwald (heutiger Gliederung) als ‚Bausandstein sus‘ bezeichnet und in drei Ab-

schnitte aufgeteilt, von denen ‚Unterer‘ und ‚Mittlerer Bausandstein‘ zur norddeutschen Calvörde-, ‚Oberer Bausandstein‘ zur Bernburg-Formation gerechnet wurden. Der dabei erstmals namentlich erwähnte ‚Schapbacher Geröllsandstein‘ (nach Schapbach im Wolfachtal) bildet dabei die Basis des Mittleren Bausandsteins. Die Bezeichnung geht auf einen zuerst von John (1990: 31 f) erwähnten „horizontbeständigen Abschnitt“ aus gut gerundeten Grobsandsteinen mit bis 4 cm großen Quarzgeröllen zurück, der in der Umgebung des Glaswaldsees bei Schapbach etwa 25 m über der Basis des Badischen Bausandsteins eingeschaltet sei. Schalch (1895) habe diesen Geröllhorizont auf zwei Buntsandstein-Kuppen nördlich von Schapbach irrtümlich für das dort nicht mehr erhaltene ‚Hauptkonglomerat‘ gehalten. Auch Savas (1990: 27) fand etwa 15 km westlich eine Geröllführung „im basalen Teil des Bausandsteins“, deren Position er später einerseits mit „15–20 m über der Basis“ (Savas 1998: 39) und andererseits mit „10 m über der Basis smb“ (Savas 1998: 49) angibt. Die Gerölllage sei auch in den Gebieten von angrenzenden Diplomkartierungen „gefunden worden“. Ansari (1991) erwähnt hierzu ein grobsandiges ‚Basiskonglomerat der Salmünster-Folge‘ 15 m über der Bausandstein-Basis, während Uhlmann (1989: 44: „selten findet man immer mal wieder ein Quarzgeröll“) zumindest keine besondere Gerölllage anführt. Auch in einer weiteren Diplomkartierung in den Emmendinger Vorbergen wurden etwa 15 m über der Eck-Formation Geröllsandsteine gefunden (Zink 1993), die Savas (1998) mit den Geröllsandsteinen des Zentralschwarzwalds in Verbindung bringt. Den wohl von Leiber in GLA (1995) eingeführten, dort aber nicht näher definierten Namen ‚Schapbacher Geröllsandstein‘ greifen etwas später Schlegel & Brockamp (2003) auf und bezeichnen damit einen ca. 5 m mächtigen geröllführenden Abschnitt bei Pforzheim (ca. 60 km NE Schapbach), der etwa 50 m über der Eck-Formation in der Mitte des dort etwa 100 m mächtigen Bausandsteins liegt. Die Diskrepanz in der Profilverteilung erklären sie mit der Mächtigkeitsreduktion des Badischen Bausandsteins nach Süden. Im Gebiet zwischen Schapbach und Gengenbach ist der Bausandstein unter dem ‚Unteren Geröllsandstein‘ jedoch mit 70–100 m nur unbedeutend weniger mächtig als um Pforzheim, sodass es sich bei den Geröllsandsteinen in der Mitte des Pforzheimer Profils nicht um dasselbe stratigraphische Niveau handeln kann wie bei den Geröllsandsteinen im unteren Drittel des Zentralschwarzwalds.

Das Missverständnis eines durchhaltenen und wiedererkennbaren geröllführenden „Leithorizonts“ dürfte durch die lange übliche Bezeichnung des Badischen Bausandsteins als ‚ge-



röllfreier Hauptbuntsandstein' befördert worden sein, da diese Bezeichnung zwar meist, aber nicht durchgehend zutrifft. Kleinräumig sind eingestreute einzelne Gerölle oder Geröllsandstein-Lagen in unterschiedlicher stratigraphischer Position eingeschaltet, worauf bereits Regelman (1919) ausdrücklich hinwies („Geröllarm aber kann er füglich genannt werden, obgleich man immer wieder auf größere oder kleinere Gerölle stoßen wird“; entsprechend bei Schmidt & Rau 1906, Regelman 1907, 1908, M. Schmidt 1908, Frank 1934). Geröllsandsteine mit deutlicher Geröllführung finden sich besonders unmittelbar an der Basis („Grenzschichten“, „Übergangsschichten“, „Rudersberg-Fazies“, s. Kap. 8.3 und Anhang 1), allerdings nicht überall. Ebenso finden sich Gerölle oder Geröllsandsteine etwas höher im unteren Drittel des Bausandsteins („Schapbacher Geröllsandstein“), in der Mitte (Pforzheim, aber auch in Bohrungen des Nord- und Zentralschwarzwalds), wenn auch nicht überall, und auch, örtlich und nicht überall, im oberen Drittel (z. B. Bohrungen Reichenbach [Waldbronn 1] BO7016-65, Ensingen BO7019-2042), wobei letzteres die Abgrenzung zur Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation „erschwert und manchmal recht unsicher“ macht (Regelman 1919). Auch die von drei Aufschlüssen südlich Pforzheim aus dem „oberen Drittel“ des Badischen Bausandsteins von Brill (1933) als „Zwischenkonglomerat“ angegebene „geröllreiche Zone“ bezieht sich nach den angegebenen Fundorten (80 m unter dem Karneol-Dolomit-Horizont) offenbar nicht auf den „Unteren Geröllsandstein“, sondern auf eine Einlagerung darunter, die Frank (1934) trotz Suche auf dem Nachbarblatt nicht wiederfinden konnte. Die geröllführenden Rinnensandsteine lassen sich auch kaum einmal in benachbarten Bohrungen in derselben Position wiederfinden. Die widersprüchlichen Angaben aus den ersten Erwähnungen der Vorkommen zwischen Schapbach und Gengenbach (25 m, basal, 15–20 m, 10 m über der Eck-Formation) dürften nicht nur auf die Schwierigkeiten der Lesesteinkartierung im Blockschutt der Schwarzwaldhänge zurückzuführen sein, sondern auf tatsächlich unterschiedliche Profillage der jeweils lokalen geröllführenden Rinnensandsteine. Für eine durchgehend geröllführende Leitschicht oder auch nur eine identifizier- und korrelierbare Zyklengrenze von gröberen Sedimenten über feinerkörnigen liegen bislang jedenfalls keine Belege vor. Nach Norden lässt die Geröllführung weiter nach, doch können auch im Odenwald noch vereinzelt Gerölle in der Miltenberg-Formation auftreten (Hase- mann 1928).

8.5 Gliederungen des Badischen Bausandsteins

Für den Badischen Bausandstein wurden in der Literatur unterschiedliche Gliederungen in zwei oder drei Abschnitte vorgeschlagen die zwar meist dieselben Bezeichnungen verwendet haben („Unterer“, „Mittlerer“, „Oberer Bausandstein“), damit aber sehr unterschiedliche Bereiche der Schichtenfolge auswiesen. Diederich (1965: „Neugliederung Schwarzwald“) trennt über der Eck-Formation einen „Unteren Bausandstein“ von 40–65 m Mächtigkeit von einem „Mittleren“ darüber, der von einem „größerkörnig ausgebildeten Schichtglied“ eingeleitet wird, das auch Gerölle enthalte und wegen der darin auftretenden Karbonatkonkretionen „Kugelsandstein“ genannt wird. Diesen „Kugelsandstein“ des Schwarzwalds setzt Diederich (1965) dem „Basis-Sandstein“ der „Salmünster-Folge“ im Odenwald gleich. „Kugelsandstein“ und übriger „Mittlerer Bausandstein“ seien im Nordschwarzwald ca. 50–65 m mächtig. Zuerst folge ein „Oberer Bausandstein“ von 7–27 m Mächtigkeit, der von einem maximal 3 m mächtigen, nicht überall vorhandenen Grobsandstein-Horizont eingeleitet werden und der norddeutschen Volpriehausen-Formation entspreche. Bei Eissele (1966) ist dieser obere Abschnitt bereits als „sm1“ Teil des „Hauptkonglomerats“ und der Bausandstein darunter ungegliedert, wenngleich es unter Verweis auf Diederich heißt, ein Bereich mit Grobsandsteinlagen sei „in den Bohrproben nicht zu übersehen“ – allerdings im oberen Teil (!) des (bei Diederich „Unteren“ bis „Mittleren“) Bausandsteins und somit offenbar nicht als Grenzlage in dessen Mitte. Leiber (in GLA 1995) übernimmt das Konzept einer Dreiteilung, bezieht es aber ganz auf die Sandsteine unter der mutmaßlichen Basis des Mittleren Buntsandsteins und lässt einen „Mittleren Bausandstein“ mit dem „Schapbacher Geröllsandstein“ und erst den „Oberen Bausandstein“ mit dem „Basissandstein“ beginnen, der, wie später ausgeführt (Leiber et al. 2013) erst 70–85 m über der Eck-Formation liegt und damit eher den Eissele'schen Grobsandsteinen als dem „Kugelsandstein“ Diederichs entspricht. Savas (1998) dagegen betrachtet Geröllsandsteine in den untersten 10–20 m des Badischen Bausandsteins (bei ca. 100 m Mächtigkeit) wiederum (unter Bezug auf eine mündl. Mitteilung von J. Leiber) als Basis der „Salmünster-Folge“, während Leiber et al. (2013) diese (wie 1995 unter dem Namen „Schapbach-Geröllsandstein“) als Basis lediglich ihres „Mittleren Bausandsteins“ ausweisen. Diesen Horizont im unteren Abschnitt des badischen Bausandsteins setzt Leiber in Leiber et al. (2013) wiederum mit dem ebenso benannten Geröllsandstein bei Schlegel & Brockamp (2003) in Beziehung, der jedoch

in der Mitte zwischen Eck-Formation und Unterem Geröllsandstein (bei ebenfalls ca. 100 m mächtigem Badischen Bausandstein) liegt und damit wiederum in seiner stratigraphischen Position eher dem Diederich'schen ‚Kugelsandstein‘ nahekommt.

Der Vergleich der nunmehr vorliegenden längeren Bohrprofile, in denen der gesamte Badische Bausandstein erschlossen wurde, zeigt jedoch, dass sich sowohl Grobsandsteine als auch geröllführende Sandsteine über die gesamte Abfolge der Bausandstein-Fazies einschalten können und dies in örtlich ganz unterschiedlicher Position. Selbst in vergleichsweise benachbarten und detailliert aufgenommenen Profilen (z. B. um Gültlingen, Abb. 53) sind die etwas herausstechenden Grobsandsteine und die geröllführenden Lagen auch innerhalb des unteren, des mittleren oder des oberen Drittels der Abfolge nicht in identischer Position zu finden. Dieselbe Schlussfolgerung ergibt sich aus dem Vergleich von Bohrprofilen, die sich aufgrund von Gammalogs korrelieren lassen. Weder besonders grobkörnige Sandsteine noch stärker geröllführende Sandsteine sind innerhalb des Badischen Bausandsteins an eine durchhaltende Schichtfläche gebunden. Die realen Schichtenfolgen bieten demnach keine nachvollziehbare Grundlage für eine lithologische Unterteilung des Badischen Bausandsteins, die sich zwischen verschiedenen Profilen sinnvoll korrelieren ließe.

8.6 Die laterale Grenze Badischer Bausandstein gegen Miltenberg-Formation

Unter dem mittleren Kraichgau geht der grobsandige, vorherrschend rotbraune bis rote, nur in einzelnen Lagen weißgraue Badische Bausandstein nach Norden in die rote und weiße, oft entlang der Schrägschichtung gestreifte, fein- bis mittelsandige Miltenberg-Formation über. Der Übergang dürfte weniger auf eine zunehmende Abrasion der Körner, sondern vorwiegend auf den Wechsel in eine abweichende Sandschüttung aus Südwesten oder Westen zurückzuführen sein. Die Zuordnung zur Miltenberg- oder Vogesensandstein-Formation erfolgt nach den vorherrschenden Korngrößen, wobei es unter dem mittleren Kraichgau nach den Ergebnissen der Bohrungen Steinsfurt und Gemmingen (BO6719-178, BO6819-83) offenbar eine Verzahnung beider Faziestypen gibt.

8.7 Geröllführung und Gliederung der Schliffkopf-Geröll- sandstein-Subformation

Im höheren Abschnitt der Vogesensandstein-Formation sind vermehrt geröllführende Grob- und Mittelsandsteine ausgebildet. Mit dem ersten Auftreten von Geröllsandsteinen über einer längeren Abfolge geröllarmer bis -freier Sandsteine wird, in kleinräumig stark wechselnden Niveaus, jeweils die Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation vom liegenden Badischen Bausandstein abgegrenzt. Die Gerölle finden sich häufig an der Basis einzelner, oft nur einige Meter oder wenige zehn Meter breiter Rinnenfüllungen, gelegentlich auch verstreut innerhalb einzelner Schüttungskörper. Die geröllführenden Niveaus einzelner Profile werden in anderen, selbst in benachbarten Profilen oft von geröllarmen bis -freien Sandsteinen vertreten, wodurch die Grenze vom Badischen Bausandstein zur Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation auf kurze Distanz stark schwanken kann (Abb. 40, 43). Der Anteil gut bis sehr gut gerundeter Grobsandkörner ist in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation meist größer als im Badischen Bausandstein und entspricht annähernd dem in der Eck-Formation (Abb. 32, 39, 41). Da jedoch auch im Badischen Bausandstein sehr gut gerundete Grobsande lagenweise gehäuft auftreten können, ist die Kornrundung kein zuverlässiges Hilfsmittel zur Abgrenzung dieser beiden Subformationen, sondern allenfalls ein Indiz (Abb. 44). Während die summarische Mächtigkeit beider Subformationen zusammen regional paläotektonisch plausible Muster ergibt, schwanken die individuellen Mächtigkeiten jeder einzelnen Subformation aufgrund der unterschiedlichen Niveaus der Grenzziehung an Geröllsandsteinen unregelmäßig und gegenläufig um mehrere zehn Meter.

Frühere Profilkorrelationen, nach denen die untere Abgrenzung der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (als ‚smc2‘ bzw. ‚Hauptkonglomerat‘) scheinbar konsistente, gleichmäßige Mächtigkeitsverteilungen ergibt, ließen sich an den Originalaufnahmen oft nicht anhand der beschriebenen lithologischen Merkmale nachvollziehen. In den Originalbeschreibungen beginnt die ‚Geröllsandstein-Formation‘ teils zwar mit Geröllsandsteinen, teils aber auch mit geröllarmen oder sogar -freien Sandsteinen. Die Abgrenzungen beruhen offenbar auf Interpolationen und angenommenen Mächtigkeiten, nach denen die Grenzen unabhängig von der angetroffenen Korngrößenverteilung – und somit unabhängig von der tatsächlichen Gesteinsabfolge – festgesetzt wurden. Augenfälliges



Beispiel ist die Gliederung der historischen Tiefbohrung Erlenbach (BO6821-64). Während Fraas (1914) – in der einzigen erhaltenen Profilbeschreibung – zwischen dem Oberen Buntsandstein und dem ‚Eck’schen Horizont‘ nur eine einzige Einheit mit nur einem Wort ungegliedert als ‚Hauptbuntsandstein‘ bezeichnet, ist letztere bei Leiber (in Brunner 1986: S. 8 und 188) in vier Untereinheiten aufgeteilt, zu deren Abgrenzung jedoch keine historischen Beschreibungen vorliegen. Auch in anderen, meist unpublizierten, Profigliederungen wurde die Basis der ‚Geröllsandstein-Formation‘ an oftmals eher unauffällige Sandsteine dort gelegt, wo sie den Mächtigkeitsverhältnissen benachbarter Profile entsprechen würde, aber nicht der örtlichen Gesteinsabfolge.

Auch andere Merkmale einzelner Profile wurden zuweilen verallgemeinert und als „Leitschicht“ postuliert, meist Tonsteinlagen oder „Kugelhorizonte“ mit Konkretionen, ohne deren Leitwert mit mehreren konkreten Profilen zu dokumentieren. Entsprechend konnte Storzer (1967: 18) bei der Kartierung dieser Schichtenfolge im Raum Freudenstadt den von Riek (1931) als Grenze zwischen ‚Bausandstein‘ und ‚Hauptkonglomerat‘ angeführten Kugelhorizont gar nicht, eine als Leitschicht angegebene Schiefertonslage nur einmal feststellen: „Die Grenzziehung wird sich daher nach der Geröllführung richten müssen“. Entsprechend stellte schon Eissele (1966: 149) fest: „Die Grenzziehung zwischen geröllfreiem Buntsandstein und Hauptkonglomerat [hier i. S. v. Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation] ist das Unsicherste, was es im Buntsandstein überhaupt gibt. [...] Die stark abweichenden Mächtigkeitsangaben für das Hauptkonglomerat (30–50 m) scheinen eher das Ergebnis verschiedener Auffassungen zu sein, als eine tatsächliche Änderung der Mächtigkeit äquivalenter Schichtfolgen.“

Seit Eissele (1966) wurde für die Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation eine Gliederung in drei Geröllsandstein-Sandstein-Zyklen angenommen, die als ‚Unterer‘, ‚Mittlerer‘ und ‚Oberer Geröllsandstein‘ bezeichnet wurden. Letzterer wurde auch ‚Hauptgeröllhorizont‘ genannt (GLA 1995, LGRB 2011), da dessen Geröllführung im Nord- und Zentralschwarzwald oft stärker ausfalle als diejenige der tieferen Abschnitte der Subformation. In der ursprünglichen Konzeption sollte jeder Zyklus mit geröllreicheren Sandsteinen beginnen und, zumindest bei den beiden unteren Zyklen, nach oben in geröllärmere bis -freie Sandsteine übergehen. Publiziert wurden hierzu meist idealisierte „schematische“ Profile des Buntsandsteins, in denen drei Zyklen abnehmender Geröllführung dargestellt sind (Eissele 1966, Leiber 1991; Abb. 8, 11), zu denen aber kein reales, durchgehend aufgemessenes

Profil vorliegt. In den durchgehenden Bohrprofilen sind im höheren Abschnitt der Vogesensandstein-Formation unterschiedlich viele geröllreiche Abschnitte zu verzeichnen, in manchen nur eines, in anderen fünf oder mehr. Eine Abgrenzung von genau drei „Geröllniveaus“ ist nur in wenigen Profilen möglich und dann meist nicht konsistent in der Korrelation zu Nachbarprofilen (Beil. 2–5). Abgrenzungen dagegen, die vorwiegend auf der Korrelation von Bohrlochmessungen zu anderen, früher gegliederten Profilen vorgenommen wurden, zeigten im lithologischen Profil an der Basis der Einheiten teilweise keine oder eine geringere Geröllführung als die höheren Abschnitte. Tatsächlich hat die Korrelation der Gammalogs aus dem östlichen Odenwald, wo die lithologische Gliederung in Basissandsteine und Wechselfolgen noch möglich ist, in den Kraichgau gezeigt, dass dort (Steinsfurt, Gemmingen, Ensingen) und auch weiter östlich (Bad Cannstatt, Böblingen) die Gliederung in drei „Geröllsandstein“-Abschnitte in jeder Bohrung in anderen Niveaus erfolgt war (Abb. 44). Lediglich die Basis der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation und die Basis der Heidenstein-Subformation ist in den drei Kernbohrungen im Kraichgau offenbar einheitlich an V- bzw. H-Diskordanz ausgewiesen worden, während die relativen Mächtigkeiten von ‚Unterm‘ bis ‚Oberem Geröllsandstein‘ jeweils unterschiedlich ausfielen.

Im südlichen Odenwald unterschieden Backhaus et al. (2002) in der Vogesensandstein-Formation bei Neckargerach, auf Grundlage des Profils in der Margarethenschlucht und einiger benachbarter Aufschlüsse, ‚Volpriehausen‘-, ‚Detfurth‘- und ‚Hardeggen-Formation‘ und postulieren deren Gliederung in „klassische Sohlbankzyklen“, da die Korngrößen jeweils „von unten nach oben von grobsandig nach fein- bis mittelsandig“ abnehmen. Aus den Beschreibungen der einzelnen so unterschiedenen Intervalle geht dies jedoch nicht hervor: Der als ‚Volpriehausen-Sandstein‘ angesprochene Abschnitt wird als grob- bis mittelsandig mit stärker geröllführenden Lagen beschrieben, der Abschnitt der Volpriehausen-Wechselfolge als von fein- bis grobsandigen Mittelsandsteinen mit Grobsandstein- und Kieslagen geprägt, wobei deren oberer Abschnitt „wegen der Geröllführung und der gleichartigen sedimentologischen Ausbildung“ auch schon „dem Detfurth-Sandstein zugerechnet worden“ sei (S. 90). Entsprechend sei für die Detfurth-Formation „die Abgrenzung zum Liegenden nicht exakt zu definieren“ (S. 91). Über einem ‚Detfurth-Sandstein‘ aus Mittel- und Grobsandsteinen mit Kieslagen und Schluffstein-Einschaltungen folge eine ‚Detfurth-Wechselfolge‘ aus mittelkörnigen Sandsteinbänken mit Grobsandlagen, die sich nur durch häufigere Schluffsteinlagen vom Liegenden

unterscheide. In der folgenden ‚Hardeggen-Formation‘ folgen teils geröllführende grobsandige Mittelsandsteine (in der Zeichnung ebenfalls mit Schluffsteinlagen), in denen „eine exakte stratigraphische Gliederung nur schwer möglich“ (S. 95) sei. Auch die sedimentologische Charakterisierung der Schichtungstypen wird für alle Abschnitte ähnlich dargestellt. Vergleicht man die Beschreibungen mit den gezeichneten Profilen der Margaretenschlucht (dort Abb. 3 und 4) und dem früher mitgeteilten Textprofil dazu (Backhaus 1968), fallen weitere Widersprüche auf. So sind die in der Zeichnung als Grobsandsteine ausgewiesenen Bänke, die die Basissandsteine der Formationen bilden sollen, im Textprofil allenfalls als grobsandige Mittelsandsteine, teils jedoch nicht einmal als grobsandig ausgewiesen. Im Textprofil von 1968 sind die Unterschiede zwischen den als Teile der „Sohlbankzyklen“ bezeichneten Profilabschnitten weitaus schwächer als in den Zeichnungen dargestellt. Damit entsteht der Eindruck, dass die Grenzziehungen an nur geringe Variationen der Korngrößen in jene Bereiche gelegt wurden, in denen diese Grenzen nach Mächtigkeitsüberlegungen zu vermuten waren. Die angegebenen Grenzen dürften daher zwar nahe der (allostratigraphischen) Folggengrenzen liegen, entsprechen aber nicht den Anforderungen an eine lithostratigraphische Gliederung, die sich unter der üblichen Aufschlussituation kartieren und mit der sich auch Bohrgut klar gliedern ließe.

Auch Savas (1998) stellte fest, dass die Geröllführung kein zuverlässiges Kriterium für die Abgrenzung und Gliederung des „Hauptkonglomerats“ ist und konzentrierte sich daher auf eine quantitative Erfassung und Auswertung der Kornrundung der Mittel- und Grobsande sowie der Korngrößenverteilung innerhalb der Sandfraktion. Als Ergebnis seiner Messungen sieht er die Abfolge in jeweils drei zyklische Wiederholungen gegliedert, mit den höchsten Anteilen an Grobsanden und der besten Kornrundung jeweils an der Basis der Zyklen. Vergleicht man diese Aussagen jedoch mit den Wertekurven in seinen Abb. 9–12, 21–24 und 29–32 für die drei dort vorgestellten Profile aus Baden-Württemberg, zeigen sich Widersprüche. Im Schwarzwald (Profil Klausenwand, Gemarkung Nordrach) begründet sich die Abgrenzung eines geringmächtigen ‚smc2u‘ durch nur einen niedrigeren Messwert zwischen zwei Maxima, deren Werte dann auch im höheren ‚smc2m‘ wieder erreicht werden, ohne als weitere Zyklenbasis angesprochen zu werden. Die Basis des ‚smc2o‘ ist erst bei einem darüber folgenden Maximum der Grobsandrundung angezeichnet, an der sich die Mittelsand-Rundung jedoch nicht vom unmittelbar Liegenden abhebt – ein ebenfalls hoher Wert der Grobsandrundung ohne Maximum der Mittelsandrundung unterhalb

seiner ‚smc2u‘-Basis wird andererseits nicht herangezogen und zum ‚smb‘ (Bausandstein) gerechnet. In der Bohrung Kraichgau 1002 (BO6819-83 Gemmingen) wird dagegen eine mächtige Abfolge mit fast durchgehend hohen Rundungswerten im Grob- und Mittelsand als ‚smc2u‘ abgegrenzt, ein Minimum der Rundungswerte im unteren Drittel jedoch nicht zur Gliederung herangezogen. Die Grenze zum ‚smc2m‘ ist an einem der obersten Maxima der gut gerundeten Abfolge eingezeichnet, was zwar der Position in dem von Leiber (1992a) gegebenen Kurzprofil entspricht, in der Kurve der Messwerte jedoch keine herausgehobene Position zeigt. Ebenso gut ließen sich die unteren 30 m des ‚smc2u‘ von Gemmingen mit dem 30 m mächtigen gesamten ‚smc2‘ an der Klausenwand vergleichen, da sie ebenfalls drei Maxima in ähnlichen Abständen aufweisen (bei vergleichbarer Probendichte). Im Profil „Alte Hirschhorner Steige“ (Gemarkung Schönbrunn) im Odenwald liegen die höchsten Rundungswerte für Grobsand in der Mitte des ‚smc2u‘ und steigen dabei nach oben sogar leicht an, bevor ein Minimum in einer Abfolge von Fein- bis Mittelsandsteinen zur Abgrenzung des ‚smc2m‘ darüber genutzt wurde. Auch hier zeigt sich im oberen ‚smb‘ ein nicht verwendetes Maximum hoher Grobsandrundung bei schwächerer Mittelsandrundung, während eine gleichartige Kombination weiter oben als Basis des ‚smc2o‘ verwendet wird. Vergleicht man diese drei Messkurven untereinander und mit den weiteren von Savas (1998) mitgeteilten Kurven aus dem Elsass und der Südpfalz, lässt sich die behauptete Zyklik in Kornrundung und Grobsandanteil nicht nachvollziehen. In einigen Fällen liegen die Grenzen der Untereinheiten ‚smc2u – smc2o‘ zwar wie beschrieben an Maxima, über denen bis zur nächsten Grenze nur niedrigere Werte folgen (besonders in Sultz-sous-Forêts), in anderen liegen innerhalb der Einheiten jedoch ähnlich hohe oder sogar höhere Werte vor, teilweise dicht unter der angegebenen Obergrenze. In mehreren Fällen sind im obersten ‚smb‘ ähnliche Werte angegeben wie darüber im ‚smc2‘, womit unklar bleibt, woran die Abgrenzung gebunden ist. Als Fazit lässt sich den Messwerten entnehmen, dass im oberen Abschnitt der Vogesensandstein-Formation gute bis sehr gute Rundungsgrade in der Grobsandfraktion und teilweise in der Mittelsandfraktion häufig sind, aber in unterschiedlichen Niveaus mit Abschnitten geringerer Sandkornrundung abwechseln. Lediglich die Heidenstein-Kristallsandstein-Subformation (‚smk‘) zeigt sich einheitlich – oberhalb eines nicht überall ausgebildeten Basisbereichs mit gut gerundeten Körnern – von weniger gerundeten Sanden geprägt. Dies entspricht auch den Beobachtungen bei der Aufnahme langer Bohrprofile aus Schwarzwald, Kraichgau und angrenzendem Schichtstufenland.



Nach Durchsicht und Korrelation zahlreicher hinreichend langer Einzelprofile vom Main-Tauber-Gebiet – wo die drei Folgen s3 bis s5 noch einigermaßen zuverlässig abgegrenzt werden können – über Odenwald und Kraichgau in den Nordschwarzwald ergibt sich aus dem Vergleich der Gammalogs und der lithologischen Abfolgen, dass die aus der Logkorrelation abgeleiteten Grenzen dieser Folgen zwar teilweise unter geröllführenden Sandsteinen liegen, aber nicht überall, und dass dies zudem nicht die einzigen Geröllniveaus und oft auch nicht die auffälligsten der Profilaufolge sind. Eine Verfolgung aller drei Folgen vom Main bis in den Kraichgau scheint nach der Logkorrelation möglich, entspricht dort aber keiner Sohlbankzyklik mehr. Gegen den Nordschwarzwald ist nach der Logkorrelation ein diskordantes Aussetzen der Folge s5 unter dem Niveau der Heidenstein-Subformation plausibler als eine bloße Mächtigkeitsreduktion. Daher bezeichnet in den bisherigen Profilaufnahmen der Ausdruck ‚Hauptgeröllsandstein‘ im Schwarzwald offenbar den basalen Abschnitt der Folge s4 (Äquivalent des Detfurth-Sandsteins), auf den unmittelbar die Heidenstein-Subformation (als Äquivalent der unteren Solling-Formation) folgt (soweit diese nicht selbst als ‚Hauptkonglomerat‘ angesprochen wurde, insbesondere in älteren Profilaufnahmen). Für eine Diskordanz unter diesem ‚Oberen Geröllsandstein‘, wie sie teilweise postuliert wurde („erosionsdiskordant“: Leiber 1996 und in Keßler & Leiber 1991, 1994), ergeben sich dagegen keine eindeutigen Hinweise; da es sich um die Position der D-Diskordanz in anderen Teilen des Beckens handelt, wäre dies jedoch möglich. Damit dürfte die Dreigliederung nach Eissele (1966) innerhalb der Folge s3 (Äquivalent Volpriehausen-Formation) zwei „Geröllsandsteine“ ausgliedern, die im Vergleich durchgehender Profile jedoch nicht korrelativ sind und nicht den Abschnitten entsprechen, die später im Kraichgau mit denselben Namen bezeichnet wurden. Da die Dreigliederung der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation somit im Typusgebiet keine stratigraphisch einheitliche Einteilung zulässt und selbst im Kraichgau von unterschiedlichen Bearbeitern nicht konsistent angewendet wurde, sollte dieses Schema als obsolet und widerlegt aufgegeben werden.

8.8 Verbreitung und Ausbildung der Leithorizonte smVH1 und smVH2

Die Benennung von Violetter Horizont smVH1 und Karneoldolomit-Horizont smVH2 geht auf die Beiträge von Sandberger (1861) und Ortlam

(1966, 1967) zurück (historische Einzelheiten s. Anhang 1). In ihrer Ausbildung sind beide Horizonte untereinander ähnlich und kleinräumig stark wechselhaft. In vielen Profilen ist von den beiden Leithorizonten nur einer klar erkennbar, meist der smVH2, gelegentlich aber der smVH1, während der andere durch gewöhnliche rotbraune Sedimente vertreten ist oder möglicherweise vor Ablagerung des darüber folgenden Buntsandsteins erodiert wurde. Die Horizonte bestehen oft aus mehreren geringmächtigen Sandstein-Lagen (Grob- bis Feinsandstein) und/oder Feinsedimenten (Schluffsteine, schluffige Tonsteine, Tonsteine), örtlich jedoch nur aus rotbraunen oder bunten Schlufftonsteinen. Örtlich beschränkt sich die Ausbildung auf violette und rotbraune sowie weiße Sandsteine und Feinsedimente ohne Einlagerung von Karbonaten. Insbesondere grauviolette und dunkelviolette Farben sind, sofern sie auftreten, charakteristisch für diese Leithorizonte und erscheinen ansonsten regelmäßig nur in den Violetten Horizonten der Plattensandstein-Formation und seltener innerhalb der Heidenstein-Subformation. Innerhalb der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation sind grauviolette Farben bislang nur aus einer Probe einer Meißelbohrung dokumentiert und somit zumindest äußerst selten. Dagegen können auch unterhalb des smVH1 in Eck- und Vogesensandstein gelegentlich rotviolette oder violettstichig rotbraune Farben auftreten.

Dolomitstein (mikritisch bis mittelkristallin, teilweise sandig, weiß bis grau oder gelb bis braun, örtlich kalkig), erscheint in unregelmäßig geformten Knollen, schlierenartigen Konkretionen oder bis metermächtigen, lateral nicht weit aushaltenden Bänken. Daneben treten Karbonatzemente in Sandsteinen gehäuft auf, während sie außerhalb der Leithorizonte meist auf die „Kugelsandsteine“ beschränkt sind. Karneol-Abscheidungen in Dolomit- oder Sandstein sind nicht selten, aber nicht überall vorhanden, der Anteil am Gesamtgestein wechselt lateral auf wenige hundert Meter.

Aus Aufschlüssen und Kernbohrungen sind Wurzelspuren bekannt. Daneben finden sich Wirbeltierknochen örtlich in linsenartigen Knochenbrekzien (Bonebeds) angereichert, meist in vivianitischer Erhaltung. Beides erscheint erstmals im Violetten Horizont smVH1 und scheint in den älteren Buntsandsteinschichten zu fehlen. Außerhalb der Violetten Horizonte sind Wurzelspuren und Knochenbrekzien jedoch auch in Heidenstein-Subformation und Oberem Buntsandstein vorhanden, jedoch seltener als in den stärker pedogen beeinflussten Horizonten.

Die im Vergleich zur übrigen Schichtfolgen auffallenden Eigenschaften (violette Farben, Karbonatgehalt, Karneol) sind in smVH1 und smVH2 häufig stärker ausgeprägt als in den violetten Horizonten im Hangenden (Plattensandstein-Formation), aber eben nicht immer, und letztere können insbesondere im Zentral- und Südschwarzwald ähnlich intensive Überprägungen erfahren haben. Eine sichere Identifizierung allein aufgrund der Gesteinseigenschaften ist daher nicht möglich, erst die Einordnung in die begleitende Schichtenfolge erlaubt eine zuverlässige Korrelation. Dies gilt, anders als bei Ortlam (1967) dargelegt, auch für das Auftreten von Karneol, der zwar im smVH2 am weitesten verbreitet ist, daneben auch im Violetten Horizont smVH1 des Nordschwarzwalds vorkommt, aber im Südschwarzwald (und möglicherweise darüber hinaus) auch in Violetten Horizonten der Plattensandstein-Formation belegt ist. Hier bildet Karneol örtlich den Zement ganzer Sandsteinbänke (Schalch 1899, 1903, 1912, Meister 1960, Sawatzki 2005).

Die Mächtigkeit des smVH2-Komplexes schwankt im größten Teil des Landes zwischen 1 und 3 m. Mächtigkeiten über 4 m treten meist nur lokal und nur im Südschwarzwald häufiger auf. In diesen Fällen sind offenbar ähnliche Paläoboden-Horizonte der tiefsten Plattensandstein-Formation mit dem eigentlichen smVH2-Horizont zu einer teils mehr als 6 m mächtigen geschlossenen Abfolge von violetten und Karbonat führenden Sandsteinen zusammengeschlossen. Allerdings treten auch innerhalb der Heidenstein-Subformation lokal violette Gesteinsfarben und Karbonat-Konkretionen auf, ebenso Knochenbrekzien. So gehen Mächtigkeitsangaben von bis zu 10 m in den Weitenauer Vorbergen auf violette Lagen unter und über dem eigentlichen smVH2-Horizont zurück, die mit diesem zusammengefasst worden sind.

8.9 Abgrenzung Heidenstein-Subformation gegen Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation

Im Zentral- und in Teilen des Nordschwarzwalds ist zwischen Schliffkopf- und Heidenstein-Subformation der erste Paläoboden-Komplex (Violetter Horizont smVH1) entwickelt, der als Leitschicht eine klare Unterscheidung zwischen den beiden Subformationen erlaubt. Es ist der erste derartige Horizont, in dem pedogene Krustenkarbonate und örtlich Karneol-Abscheidungen anzutreffen sind. Der Violette Horizont smVH1

kann allerdings durch einen teilweise pedogen entschichteten Tonstein-Horizont oder durch schwach karbonatisch gebundene Sandsteine vertreten sein oder ganz ausfallen, weshalb andere Kriterien zur Unterscheidung beider Subformationen wichtig werden. Dies gilt ebenso im Südschwarzwald wie im Kraichgau und Odenwald, wo der smVH1-Horizont häufig flächenhaft fehlt.

Bereits Riek (1931) hat darauf hingewiesen, dass die Kornrundung der Grobsandfraktion in der Heidenstein-Subformation schlechter (vorherrschend mäßig) ist als in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (dort überwiegend gut bis sehr gut). Die Mittelsandfraktion ist in beiden Abschnitten vorherrschend schlecht bis mäßig gerundet, in der Heidenstein-Subformation treten örtlich kantengerundete Mittelsandkörner hinzu, in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation dagegen auch gut gerundete Körner. Der Übergang von Sandsteinen mit durchgehend mäßig gerundeten Grobsanden oben in Sandsteine mit überwiegend gut bis sehr gut gerundeten Grobsanden darunter ist auch im Bohrklein von Meißelbohrungen meist gut auszumachen und vielfach abrupt zwischen zwei Proben festzustellen. Allerdings können im unteren Teil der Heidenstein-Subformation untergeordnet gut bis sehr gut gerundete Grobsandkörner untergemischt sein, die wahrscheinlich aus den liegenden Schichten aufgearbeitet sind. Sie stellen dann aber eine Minderheit in der ansonsten deutlich schlechter gerundeten Kornpopulation derselben Fraktion dar und beschränken sich auf die untersten Rinnensandsteine.

Die Glimmerführung der Sandsteine ist in der Heidenstein-Subformation häufig stärker als in den tieferen Schichten, wo Glimmer gewöhnlich nur lagenweise, nur in Schluff- und Feinsandsteinen verstärkt auftritt. Sie kann in manchen Bänken ähnlich stark ausfallen wie im Oberen Buntsandstein. In anderen Profilen sind dagegen fast keine Glimmer in den Sandsteinen enthalten, weshalb dieses Merkmal alleine nicht zu einer Unterscheidung geeignet ist. Auch die Geröllführung ist kein zuverlässiger Indikator, da in der Heidenstein-Subformation vielfach Fein-, seltener Mittelkies-Gerölle auftreten, die jedoch örtlich auch fehlen können. Andererseits können die obersten Meter der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation örtlich geröllfrei ausfallen. Abgrenzung nach diesem Kriterium ergaben in der Vergangenheit meist starke kleinräumige (scheinbare) Mächtigkeitschwankungen. Eine Abgrenzung aufgrund der vorherrschenden Kornrundung der Grob- und Mittelsandfraktion ergibt bei der Korrelation dagegen auch bei fehlendem Violetten Horizont smVH1 eine konsistente Mächtigkeitsverteilung und erscheint daher als die



zuverlässigste Methode, um die Heidenstein-Subformation vom Liegenden zu unterscheiden. Profilausbildungen, in denen sowohl der oberste Abschnitt der Schliffkopf-Geröllsandstein- wie auch der untere Teil der Heidenstein-Subformation von Mittelsandsteinen geprägt sind und der smVH1-Horizont fehlt, erlauben dagegen häufig nur eine ungefähre Abgrenzung. Die Ausgliederung des Heidenstein-Kristallsandsteins aus der Solling-Formation und Einstufung als Subformation der Vogesensandstein-Formation in deren Verbreitungsgebiet trägt diesen Abgrenzungsschwierigkeiten in einem Teil der Profile Rechnung, durch die eine Formationsgrenze nicht flächendeckend kartiert werden könnte.

Die Unterscheidbarkeit nach der Grobsand-Rundung gilt auch für den südlichen Odenwald, wo die Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation zwar einen geringeren Anteil gut gerundeter Grobsande enthält als im Schwarzwald, diese jedoch ebenfalls noch einen auffälligen Bestandteil der Grobsandfraktion bilden. Dieser Anteil fällt im Heidenstein-Kristallsandstein drastisch zurück und setzt dicht über der Basis aus. Gleiches gilt im Nordosten für die Grenze von Hardeggen-Wechselfolge gegen Felssandstein. Der Wechsel im Rundungsgrad der Quarzsande geht mit einem Wechsel im fluvialen Stil einher, indem die nicht erosiv gekappten Rinnenfüllungen im Kristall- und Felssandstein im oberen Teil über Dezimeter in feinere Körnungen übergehen, während sie im Schliffkopf-Geröllsandstein und Hardeggen-Wechselfolge meist abrupt von Feinsedimenten überlagert werden.

Eine Sonderstellung nimmt die Ausbildung der Heidenstein-Subformation in den Weitenauer Vorbergen ein, wo ihr unterer, geröllführender Abschnitt früher als ‚Hauptkonglomerat‘, der obere geröllfreie Abschnitt als ‚Diagonalschichtige Sandsteine‘ bezeichnet wurde. Die Geröllführung beschränkt sich auf Fein- und Mittelkies und besteht fast ausschließlich aus Quarz. Die Grobsandfraktion weist hier einen besseren Rundungsgrad auf als in den weiter nördlich gelegenen Gebieten und besteht in einzelnen Lagen fast ganz aus kugelig gerundeten, teilweise auch mattierten Körnern. Es dürfte sich um umgelagerte Flugsande vom nahen Beckenrand handeln, die nicht weit in das Beckeninnere transportiert wurden. Eine Korrelation mit der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation des Zentralschwarzwalds, die ähnlich gut gerundete Grobsande aufweist, erscheint jedenfalls wegen der geringen Geröllgrößen als unwahrscheinlich, da die südlichsten sicheren Vorkommen der Schliffkopf-Geröllsandsteine im Wutachgebiet und in den Kanderner Vorbergen noch Grobkies mit einem deutlich breiteren Geröllspektrum aufweisen (Nitsch et al. 2017).

8.10 Korrelation von Heidenstein-Kristallsandstein und Felssandstein mit Hardeggen- oder Solling-Formation

Nachdem Hildebrand (1924) im Odenwald erstmals einen ‚Kristallsandstein‘ von den faziell etwas abweichenden Sandsteinen darunter abgegrenzt hat und Reis (1928) und Schuster (1932) dafür die Bezeichnung ‚Felssandstein‘ eingeführt hatten, wurde der Name ‚Kristallsandstein‘ schließlich von Eissele (1966) aufgegriffen und auf den entsprechenden Abschnitt zwischen Geröllsandsteinen und Plattensandsteinen im Schwarzwald übertragen. Während sich der Felssandstein jedoch im Odenwald durch seine härtere Zementation gut über den mürberen Sandsteinen der Hardeggen-Formation darunter kartieren ließ, hebt sich der Ausstrich des Heidenstein-Kristallsandsteins im Schwarzwald geomorphologisch kaum von den liegenden Schliffkopf-Geröllsandsteinen ab und lässt sich auch in Bohrprofilen nur durch genauere Untersuchung der Sandkornformen klar abgrenzen. Aus praktischen Gründen ist der Heidenstein-Kristallsandstein daher in die Vogesensandstein-Formation eingebunden, wenngleich an der gleichzeitigen Ablagerung mit dem Felssandstein keine Zweifel bestehen.

Den Felssandstein bzw. ‚Oberen oder Haupt-Geröllhorizont‘ (hessischer Nomenklatur) des Odenwalds setzte Backhaus (1960) dem weiter nördlich ausgewiesenen Wilhelmshausener Sandstein gleich und stellte ihn damit ganz in die Solling-Formation. Nach Korrelation von mehr als 100 Profilen zwischen Thüringer Wald, Rhön und Odenwald kommt Backhaus (1968, 1969) zu dem Schluss, dass der Felssandstein des Odenwalds – je nach kartierter unterer Abgrenzung ganz oder dessen oberer Teil – der tieferen Solling-Formation entspricht und der bis Mainfranken ausgebildete Thüringer Chirotheriensandstein nur deren oberen Abschnitt darstellt. Der Karneoldolomit-Horizont (smVH2) liegt damit innerhalb der Solling-Formation bzw. bildet, wo der Thüringer Chirotheriensandstein nach Süden und Westen auskeilt, deren oberstes Schichtglied. Dies wurde auch von Krämer & Kunz (1968) bestätigt, indem sie den ‚Felssandstein‘ zwischen zwei Violetten Horizonten (smVH1 und smVH2) mit der tieferen, den Thüringischen Chirotheriensandstein über dem smVH2 nur mit der oberen Solling-Formation korrelierten. Sie beschrieben für den Odenwald im Niveau des smVH2-Horizonts eine ‚S-Diskordanz‘ innerhalb der Solling-Formation. Diederich (1971) und Diederich & Hickethier (1971) folgten dieser

Deutung aus eigener Kartiererfahrung. Dagegen hatte allerdings Laemmlen (1966) zwar ebenfalls eine ‚Untere‘ und eine ‚Obere Violette Grenzzone‘ ausgewiesen, die im Spessart unter und über dem ‚Solling-Sandstein‘ liegen, postuliert jedoch dessen Auskeilen im südlichen Spessart, wodurch sich beide Violette Horizonte zu einem geschlossenen Karneol-Dolomit-Horizont nach Süden zusammenschließen.

Dagegen erkennt Lepper (1970, 1972) nur einen Horizont der ‚Karneol-Dolomit-Schichten‘ an. Da ein solcher im Odenwald über dem Felssandstein, in der Rhön aber unter der ‚Solling-Folge‘ liege, müsse der ‚Felssandstein‘ eine Sonderfazies der höchsten ‚Hardeggen-Folge‘ sein. Die Existenz einer ‚Oberen Violetten Grenzzone‘ bestreitet Lepper (1970: 100) zunächst ausdrücklich, führt sie jedoch später mit Ortlam (1974) als ‚VH2b‘ auf eine „Aufspaltung“ des smVH2-Horizonts zurück. Nach Süden vereinige sich dieser Violette Horizont nach seiner Vorstellung nach Auskeilen des ‚Solling-Sandsteins‘ mit der ‚VH2a‘-Zone unter diesem. Zugleich nehme der obere Teil der Hardeggen-Wechselagerung im selben Gebiet mit Übergang in eine Felssandstein-Fazies um denselben Betrag an Mächtigkeit zu, den die Solling-Formation dabei verliere (Abb. 10).

Backhaus (1975) weist den Felssandstein schließlich als eigenes Schichtglied zwischen seiner ‚Geiersberg-Formation‘ und der Solling-Formation aus. In die Solling-Formation stellt er dabei eine ‚Basale Grobschüttung‘ und den darüber folgenden Karneoldolomit-Horizont. Die Kornrundung des Grobsandes gibt er für die ‚Geiersberg-Formation‘ als „durchweg gut“ an, im Felssandstein als „angerundet bis gerundet“ und nur nahe der Basis mit gut gerundeten Körnern vermischt. In der ‚Basalen Grobschüttung‘ der Solling-Formation sei sie „gut“, jedoch bei insgesamt gleichen petrographischen Kennwerten wie im Felssandstein. Als einziges Abgrenzungskriterium wird eine rinnenartige Erosionsfläche an der Basis der „Grobschüttung“ genannt, die in die gleichartigen Sandsteine des Felssandsteins einschneide – in einer fluvialen Fazies bleibt dabei offen, was diese Rinnenerosion von anderen Erosionsflächen im Felssandstein unterscheidet. Von Backhaus & Schwarz (2003) wird der Felssandstein schließlich als Untereinheit der Hardeggen-Formation betrachtet.

Die lange unklare Stellung des Felssandsteins dürfte teilweise in der bei den ersten Kartierungen noch eher geomorphologisch vollzogenen Abgrenzung insbesondere der Untergrenze begründet liegen. Harte, felsbildende Sandsteine treten teilweise

auch in der oberen Hardeggen-Formation auf, weshalb diese Sandsteine, wo kein anderes Gesteinsmerkmal zur Unterscheidung herangezogen wurde als die Verwitterungsresistenz, noch zum hangenden Felssandstein hinzugerechnet wurden. Verwendet man zur Grenzziehung die schon von Backhaus (1975) genannten Kriterien geringere Kornrundung und erosive Basis, erhält man eine konsistente Abgrenzung von Sandsteinen der obersten 10 bis 25 m unter dem smVH2-Horizont, die häufig auch in ihrer fluvialen Architektur – wenn auch geringfügig – von den tieferen Sandsteinen des Mittleren Buntsandsteins unterschieden sind. Die erosive Basis dieser Abfolge erklärt auch, warum im südlichen Odenwald und Maingebiet im Allgemeinen kein Violetter Horizont unter dem Felssandstein erhalten ist. Die Korrelation zum Heidenstein-Kristallsandstein (zwischen smVH1 und smVH2) im Schwarzwald und Kraichgau einerseits, zur unteren Solling-Formation (zwischen ‚Unterer‘ und ‚Oberer Violetter Grenzzone‘) andererseits ergibt sowohl bei den Mächtigkeitsverhältnissen als auch paläogeographisch ein schlüssigeres Bild als die Annahme Leppers (1970) von komplementärem Auskeilen von gleich mächtigen Sandstein-Paketen unter und über einer Grenzfläche. Hinzu kommt das Argument, dass die Basis von Fels- und Heidenstein-Kristallsandstein (bzw. der smVH1-Horizont) einen der wichtigsten Fazieswechsel im ansonsten so eintönigen Buntsandstein darstellt: Hier erscheinen erstmals mehr als nur initial entwickelte Paläoböden, verstärkte Fossilführung und ein veränderter fluvialer Ablagerungsstil, während die äolischen Prozesse der Kornformung weithin aussetzen und auf einen schmalen Streifen am Beckenrand (Hochrheingebiet) beschränkt bleiben. Nördlich des Mains ist es die Solling-Formation über der H-Diskordanz, die einen vergleichbar deutlichen Faziesumschwung der sedimentären Architektur und Fossilführung aufweist (Lepper et al. 2013, Backhaus et al. 2013, Tietze & Röhling 2013).

8.11 Folgengrenzen und Diskordanzen

Die Position der in der Beckenfazies definierten Folgengrenzen wurde für die durchgehend grobkörnige Randfazies immer wieder an der Basis von Geröllsandsteinen vermutet, die sich in eine Abfolge von geröllarmen bis -freien Sandsteinen einschalten. Sie sollten, analog zu den aus der Beckenfazies beschriebenen „Sohlbankzyklen“ (dort Sandstein zu Sandstein–Tonstein-Zyklen) zyklische Abfolgen von geröllführend nach geröllfrei abbilden (Eissele 1966; vgl. Kap. 8.7). Die Korrelation nahe gelegener Profile anhand solcher Geröllhorizonte erbrachte jedoch in vielen Fällen mehr als drei Geröllhorizonte in unterschiedlichen



stratigraphischen Niveaus bei gleicher Gesamtmächtigkeit. „Überzählige“ Geröllsandsteine blieben oft unberücksichtigt (z. B. Leiber 1989). In anderen Fällen wurde die Abgrenzung von drei Abschnitten der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation anhand von Bohrlochmessungen aus einem (oft weit entfernten) Referenzprofil abgeleitet, auch wenn die Grenzen dann im lithologischen Profil innerhalb geröllfreier Sandsteine lagen (z. B. Simon et al. 2013).

Bei der Korrelation einer größeren Zahl langer Gammalogs mit Abständen von meist weniger als 30 km hat sich nun gezeigt, dass sich einzelne Logintervalle von meist 10–20 m Profillänge schrittweise über einen großen Teil des Landesgebiets korrelieren lassen und ein Gerüst für die Korrelation auch der lithologischen Profilbeschreibungen geben (Beil. 9–11). Damit wurde einerseits deutlich, dass die bisher publizierten oder in Bohrprotokollen vermerkten Abgrenzungen der drei „Geröllsandstein“-Abschnitte in den verschiedenen Profilen in teils sehr unterschiedlichen Niveaus angegeben sind (Abb. 44), andererseits, dass es unter bestimmten Korrelationslinien zu Schichtausfällen kommt. Diese Schichtausfälle lassen sich auf die Position der bisher nur aus der Beckenfazies bekannten Diskordanzen V bis R zurückführen: Basis Volpriehausen- (V), Detfurth- (D), Solling-Formation (H), sowie Basis Thüringer Chirotheriensandstein (S) und Rötquarzit (R; zur Beckenfazies hierzu Lepper et al. 2013, Tietze & Röhling 2013). Innerhalb des Landesgebiets zeigen sich die vollständigsten Profile im Kraichgau und (soweit Logs vorliegen) im östlichen Odenwald und Maingebiet, während Schichtausfälle in den auch aus der Mächtigkeitsverteilung bekannten Schwellengebieten auftreten: Odenwald-, Nordschwarzwald-, Südschwarzwald-, Ries-Tauber-Schwelle.

Die V-Diskordanz zeigt sich deutlich erst in Annäherung an den Beckenrand im südlichen Zentralschwarzwald und unter der Schwäbischen Alb. Unter Schliffkopf-Geröllsandsteinen der Vogesensandstein-Formation, die sich mit jenen der Folge s3 über den Kraichgau in den Odenwald korrelieren lassen, keilt hier zunächst der Badische Bausandstein, weiter südlich auch die Eck-Formation diskordant aus. Dabei sind in die Obergrenze der Eck-Formation offenbar meter-tiefe Rinnen eingeschnitten, die mit den jüngeren Schliffkopf-Geröllsandsteinen aufgefüllt wurden (vgl. Kap. 8.3). Weiter südlich bis in das Wutachgebiet liegen die Schliffkopf-Geröllsandsteine der Vogesensandstein-Formation unmittelbar auf Zechstein-Randfazies oder Grundgebirge. Unter der Schwäbischen Alb ist dadurch die Eck-Formation weniger weit nach Südosten verbreitet als die

Kirnbach-Formation der Zechstein-Randfazies, die in mehreren Bohrungen (BO7323-2 Albershausen, BO7422-79 Urach-3) durch pedogene Krustenkarbonate unmittelbar unter den Schliffkopf-Geröllsandsteinen nachgewiesen wurde (Franz et al. 2014).

Im Kraichgau und Odenwald sind jedoch an der Grenze s2-s3 offenbar keine größeren Schichtausfälle zu lokalisieren, zumindest gegenüber den Profilen im östlichen Odenwald. Ob Teile der höheren Folge s2 fehlen, lässt sich aus den Profilen innerhalb des Landesgebiets nicht entscheiden. Insgesamt nehmen Kornrundung der Grobsande und Häufigkeit von Gerölleinschaltungen jedoch über der Grenze s2-s3 zu. Dabei nimmt die Geröllführung im Vergleich mit dem tieferen Badischen Bausandstein – in dem lokal und meist schwach ebenfalls Gerölle auftreten (Kap. 8.4) – nur in wenigen Fällen sogleich an der Korrelationsfläche zur V-Diskordanz (Basis Mittlerer Buntsandstein der Beckenfazies) zu. In der Mehrzahl der Fälle treten die ersten eigentlichen Geröllsandsteine erst innerhalb der Folge s3 oder sogar darüber auf (Beil. 3, 5). Erst nach Korrelation zahlreicher Profile mit geringem Profilabstand zeigt sich eine gemeinsame Untergrenze der stärkeren Geröllführung, die sich zwischen den Profilen mit dem tiefsten Einsatz der Geröllsandsteine korrelieren lässt und der Folgengrenze nahekommen dürfte. In den meisten Profilen setzen die Geröllsandsteine jedoch höher ein, weshalb die Folgengrenze dort (also in der Mehrzahl der Profile!) nicht aus der Lithologie des Einzelprofils erschließen lässt. Dass es sich bei den Höhenunterschieden der ersten Geröllführung nicht um ein Paläorelief handeln kann, zeigen eng benachbarte Profile mit stark unterschiedlicher stratigraphischer Verteilung der Geröllsandstein-Fazies (Abb. 40, 41). An der Grenze s3-s4 (Position der D-Diskordanz) lassen sich keine größeren Schichtausfälle aus dem Profilvergleich innerhalb des Landesgebiets erkennen, der Befund bleibt hier jedoch unsicher. Hinweise auf kleinere Ausfälle im Südschwarzwald (Beil. 11: Kollmarsreute, Freiburg) scheinen nach dem derzeitigen Datenbestand möglich, jedoch nicht gesichert. Sie entsprechen der von Leiber (1996) als „erosionsdiskordant“ beschriebenen Basis des (Badischen) „Hauptkonglomerats“, das hier damit dem Detfurth-Basissandstein Norddeutschlands entsprechen würde.

Die markanteste Diskordanz findet sich an der Basis der Heidenstein-Subformation, die mit geringen Mächtigkeitschwankungen nach Süden auf immer tieferen Korrelationsintervallen liegt und schließlich auf Perm und Grundgebirge übergreift. Sie ist an das Niveau des (nicht überall erhaltenen bzw. aus-

gebildeten) smVH1-Horizont gebunden und kaum anders als mit der H-Diskordanz der Beckenfazies zu verbinden. Nach Korrelation der verfügbaren Gammalogs entsprechen zwar die im Kraichgau als ‚Oberer Geröllsandstein‘ bzw. ‚Hauptgeröllsandstein‘ ausgewiesenen Abschnitte unmittelbar unter der Heidenstein-Subformation annähernd (je nach ausgewiesener Untergrenze), wie bisher vermutet, offenbar der Folge s5 (Äquivalent Hardeggen-Formation), im Schwarzwald aber überwiegend der Folge s4 (Äquivalent Detfurth-Formation, erosiv gekappt), im Südschwarzwald auch Folge s3 (Äquivalent Volpriehausen-Formation). Die Basis der Heidenstein-Subformation zeigt dabei offenbar ein geringes Paläorelief von wenigen Metern Höhenunterschied, was auf lokal tiefer eingeschnittene Rinnen zurückzuführen sein dürfte.

Dagegen ist mit dem fast überall erkennbaren smVH2-Horizont südlich des Mains möglicherweise kein weiterer Schichtausfall verbunden, sondern lediglich die Kondensation des am Main darüber noch ausgebildeten Thüringischen Chirotheriensandstein in die geringmächtige pedogen geprägte Fazies eines „Violetten Horizonts“. Der Horizont dürfte der S-Diskordanz (Krämer & Kunz 1969) entsprechen, an der nördlich des Mains Teile der unteren Solling-Formation (Karlshafen- und Trendelburg-Schichten und Äquivalente) ausfallen. Ob die Mächtigkeitsreduktion der Heidenstein-Kristallsandsteine unter der Schwäbischen Alb (Beil. 9, 10) als Diskordanz oder als Kondensation aufzufassen ist, kann aus den bisherigen Daten (Bohrklein, Gammalog) noch nicht zuverlässig bestimmt werden.

Die R-Diskordanz lässt sich nur in den Gammalogs verfolgen, da das Niveau des Rötquarzits innerhalb der Plattensandstein-Fazies in Kraichgau und Schwarzwald lithologisch nicht eindeutig hervorgehoben ist. In einzelnen Profilen stellen sich im vermuteten Niveau der Diskordanz Mittelsandsteine über Feinsandsteinen ein, in anderen ist darunter ein „Violetter Horizont“ bzw. eine dolomitische Lage ausgebildet, doch unterscheiden sich diese Schichten jeweils nicht von anderen in höheren oder tieferen Niveaus. Die gezeigten Korrelationslinien in Beil. 1 bis 7 sind daher südlich des Odenwalds lediglich begründbare Interpolationen aus den wenigen Gammalogs. Die Diskordanz ist an Odenwald- und Nordschwarzwald-Schwelle mit geringen Schichtausfällen innerhalb des Plattensandsteins verbunden. An der Südschwarzwald-Schwelle scheinen dagegen weitere Teile des tieferen Plattensandsteins auszufallen (Beil. 11). Der Abschnitt oberhalb der Diskordanz (Subfolge 7.4) nimmt hier annähernd die Hälfte des Oberen Buntsandsteins ein, wie dies bereits von Ortlam (1974)

angedeutet wurde. Südlich dieser Schwelle steigen die Mächtigkeiten oberhalb der H-Diskordanz in den Weitenauer Vorbergen und am Hochrhein/südlichsten Oberrhein gegen das Burgundische Becken hin wieder etwas an. Da ältere Buntsandstein-Ablagerungen hier fehlen und die R-Diskordanz in Profilabfolgen ohne Gammalog nicht zu lokalisieren ist, lässt sich meist nicht feststellen, ob die Abfolgen hier wieder etwas vollständiger ausgebildet sind als auf der Schwelle oder nur mächtiger. Die wenigen Logs aus dieser Region legen ersteres nahe (Beil. 11).

8.12 Gliederungen der Plattensandstein-Formation

Es hat mehrere Versuche gegeben, die Plattensandstein-Formation in mehrere Untereinheiten zu gliedern. Im Odenwald wurden zeitweise ‚Untere Plattensandsteine‘ als ‚Stufe der Bausandsteine‘ unter den Unteren Röttonen (Karsdorf-Subfm.) unterschieden von ‚Oberen Plattensandsteinen‘, über bzw. im oberen Abschnitt der Unteren Röttonen (z. B. Hildebrand 1924, Erb 1928, Günzburger 1936). Später wurden insbesondere die pedogen überprägten Horizonte und ihre Aufarbeitungslagen (‚Dolomithorizonte‘, ‚Violette Horizonte‘, ‚Dolomitbröckelbänke‘) als vermeintliche Leithorizonte angesprochen. Bereits A. Sauer (1898) hatte die jeweils oberste „Bank mit Dolomitknollen“ als Leitschicht angesehen und daraus Mächtigkeitsvergleiche abgeleitet. Später benannte Lodemann (1956) zwei in den Steinbrüchen von Nußloch aufgeschlossene Dolomithorizonte als ‚Alpha‘ und ‚Beta‘, während Gehenn (1962) hier sogar vier Dolomit-Horizonte ‚Alpha‘ bis ‚Delta‘ unterschied, von denen der oberste noch über dem (heutigen) Oberen Dolomithorizont (so3D) liegt, nämlich zwischen Rötquarzit und Epfenbach-Sandstein. Gehenn rechnete allerdings die gesamte etwa 14 m mächtige Abfolge mit Dolomithorizonten zu seinen ‚Chirotherienschiefern‘ und nur die (von ihm nicht mehr bearbeiteten) Sandsteine darunter zum ‚Plattensandstein‘.

Andererseits hatten bereits Schmidt & Rau (1910) darauf hingewiesen, dass „diese fleckig-dolomitischen Lagen [...] nicht gleichmäßig durch[gehen, sie] halten auch nicht immer dasselbe Niveau“ und belegen dies mit Beobachtungen innerhalb eines größeren Steinbruchs. Auch Brill (1929) wies auf die „große Anzahl“ dieser Horizonte hin, die häufig über kurze Distanz auskeilen. Der hier vorgelegte Profilvergleich ergab, dass Violette Horizonte und Bröckelbänke über die gesamte Abfolge der Plattensandstein-Formation bis dicht unter die Röttonen ausgebildet sein können, aber nicht in allen



Profilen in gleicher Zahl oder Position. In manchen Profilen fehlen sie ganz. Im unteren bis mittleren Teil der Formation erscheinen die pedogenen Horizonte regelmäßiger, treten aber auch im oberen Teil auf und sind in manchen Profilen gleichmäßig über die Profilabfolge verteilt. Eine stratigraphisch sinnvolle Unterscheidung von ‚Unteren Roten‘ und ‚Oberen Hellen Plattensandsteinen‘, wie sie in Teilen Bayerns angewendet wird (Freudenberger et al. 2013), ist im westlichen Teil der süddeutschen Randfazies somit nicht anwendbar, helle wie rote Sandsteine treten in allen Abschnitten der Plattensandstein-Formation auf.

Im Oberrhein- und Wutachgebiet sind allerdings im unteren Teil der Plattensandstein-Formation teils Feinkies führende Grobsandsteine ausgebildet, die heute als Schattenmühle-Grobsandstein angesprochen werden (LGRB 2011; „grobkörnigeröllführender Schwemmfächer“ bei Ortlam 1967; Abb. 52). Der Übergang in die Mittel- bis Feinsandsteine der höheren Plattensandstein-Formation ist meist scharf, liegt jedoch ebenfalls in unterschiedlichem stratigraphischen Niveau, weshalb es sich bei der Einheit lediglich um einen gesonderten Faziesbereich handelt und nicht um einen echten Leithorizont. In sehr randnahen Profilen kann die grobsandige Fazies die gesamte Formation ausmachen. Ausläufer dieser Fazies schalten sich örtlich auch in den höheren Teil der Plattensandsteine in dann meist geringer Mächtigkeit ein (Abb. 62).

Auch die stratigraphische Position der R-Diskordanz bzw. von Äquivalenten des Rötquarzits lässt sich in den lithologischen Profilen aus Schwarzwald und südlichem Kraichgau nicht nachvollziehbar belegen (vgl. Kap. 8.11). Zwar kann aus den Gammalogs eine flache Diskordanz im höheren Oberen Buntsandstein abgeleitet werden, doch zeigt sich in den entsprechenden Profilen kein auffälliger lithologischer Wechsel, der sich mit anderen Profilen korrelieren ließe. In der Vergangenheit wurden mehrfach stark verkieselte Sandsteinbänke oder etwas größere Lagen, oder die Oberfläche eines Violetten Horizont in „passender“ Profilhöhe an Einzelprofilen als ‚Rötquarzit‘ angesprochen. In der Zusammenschau bilden diese Lagen jedoch keine korrelierende Leitschicht, sondern jeweils lokale Einzelercheinungen in leicht unterschiedlichen Niveaus, die in anderen Profilen so nicht ausgebildet sind.

8.13 Abgrenzung der Rötton-Formation

Gutberlet (1847: 406) führte den Namen ‚Röth‘ für „das bunte Mergel-Gebilde zwischen dem Bunten Sandstein und dem Muschelkalke“ ein. Die Be-

zeichnung wurde seither im Schwarzwald, Kraichgau und südlichen Odenwald meist im Sinne Gutberlets nur für die Tonfazies über den Sandsteinen verwendet (seit Alberti 1864, so bei Andreae 1893, Schalch 1904, Thürach 1912, Schnarrenberger 1914, Brill 1929, Regelmann 1934, Groschopf & Schreiner 1980), teils jedoch für den gesamten oberen Abschnitt des Oberen Buntsandsteins über dem Oberen Dolomithorizont (Sand- und Tonsteine; z. B. Laemmle 1962, Ortlam 1967) und teils für den Oberen Buntsandstein insgesamt (einschließlich der Sandstein-Fazies). Die Subkommission Perm-Trias hat zunächst (Januar 1998) beschlossen, den Röt als Röt-Formation lithostratigraphisch zu definieren, dies dann aber (Mai 2002) widerrufen um den Ausdruck nur als allostratigraphische Röt-Folge für alle Altersäquivalente des Oberen Buntsandsteins zu verwenden. Eine formale Definition für eine ‚Röt-Formation‘ steht noch aus, auch Lepper et al. (2013) verwenden diesen Namen nur informell im Text, ohne eine Definition zu geben. In Baden-Württemberg wird seit GLA (1995) für die Tonfazies über den Plattensandsteinen die Bezeichnung Rötton-Formation (vormals ‚Röttone‘) verwendet. Der Name schließt an den in Süddeutschland lange gebräuchlichen Namen der Kartiereinheit an (z. B. Schuster 1933: ‚Röt-Tone‘) und bezieht sich unzweifelhaft nur auf die Tonfazies über der Plattensandstein-Formation. Wegen der weiterhin bestehenden Mehrdeutigkeit der Bezeichnung ‚Röt‘ einerseits für die allostratigraphische Folge (unabhängig von fazieller Ausbildung) und andererseits für eine lithostratigraphische Einheit (aus vorherrschenden Tonsteinen) wird hier der besser definierte Begriff Rötton-Formation für die lithostratigraphische Verwendung bevorzugt.

Da sich die ‚Röttone‘ faziell eng an die nördlich anschließende Tonfazies anschließen, steht einer Einbeziehung des tonigen Oberen Buntsandsteins Süddeutschlands in eine überregionale Röt- oder Rötton-Formation nichts Grundsätzliches entgegen. Die Formationsgrenze gegen die liegende Plattensandstein-Formation wäre dann für diese Region wie bislang die Abgrenzung zwischen den Kartiereinheiten Plattensandstein gegen Röttone mit dem Wechsel von vorherrschenden Sandsteinen in vorherrschende Tongesteine zu ziehen – der für alle technischen Fragen wichtigsten Grenze im gesamten hiesigen Buntsandstein (Grundwassergeringleiter über Grundwasserleiter, rutschgefährdeter Untergrund über standfestem, Keramikrohstoff über Werksteinvorkommen, Tonböden über Sandböden). Der Rötquarzit wäre entsprechend seiner meist nur wenige Meter messenden Mächtigkeit als Einlagerung in die und damit Teil der Rötton-Formation anzusehen. Das entsprechende stratigraphische Niveau geht

damit erst dort nach Südwesten in der Plattensandstein-Formation auf, wo sich die Abgrenzung eines Rötquarzits gegen liegende Sandsteine nicht mehr klar durchführen lässt, d. h. im mittleren und nordwestlichen Kraichgau, wo die Tonfazies erst über dem Niveau des Epfenbach-Horizonts einsetzt.

8.14 Sonderfazies der Grafenwöhr-Formation

Die Grafenwöhr-Formation wurde ursprünglich als extreme Randfazies des Mittleren bis Oberen Muschelkalks und Unteren Keupers in der Oberpfalz definiert und kann in der Typusregion bis 200 m Mächtigkeit erreichen (Friedlein & Geyer 2020). Vergleichbare grobkörnige alluviale Arkosen und Grobsandsteine vertreten dicht am Beckenrand jedoch auch tiefere Einheiten (Unterer Muschelkalk, Buntsandstein).

Südwestlich der Landshut-Neuöttinger Hochscholle sind ähnliche grobe Rotsedimente aus dem Untergrund von Oberschwaben und aus dem Südschwarzwald bekannt und bilden hier meist nur wenige Meter mächtige Ablagerungen aus rotgefärbtem Grundgebirgsschutt an der Triasbasis. Die Vorkommen in Oberschwaben gehen häufig in die sandige Randfazies des Muschelkalks über und können als terrestrische Randfazies des transgredierenden Muschelkalks aufgefasst werden. Dies gilt besonders, wenn darüber sogleich höherer Unterer oder Mittlerer Muschelkalk in zunächst sandig-mariner, dann karbonatischer oder evaporitischer Fazies folgen (Nitsch & Simon 2020).

Im Südschwarzwald, insbesondere im Hotzenwald, schalten sich Arkosen aus schlecht gerundetem Sand und Kies, die nach ihrer Fazies ebenfalls der Grafenwöhr-Formation zuzuordnen sind, lokal zwischen Grundgebirge und Oberem Buntsandstein ein. Das Alter kann in diesen Fällen durch ihre Lage zwischen Grundgebirge und Oberem Buntsandstein auf Perm bis frühe Trias eingeeengt werden. Nach ihrer Fazies wurden diese lokalen Schuttsedimente traditionell als ‚Rotliegend‘ kartiert (Sawatzki 2005), doch scheint eine Einstufung in die Frühe Trias plausibler als eine Deutung als permische Sedimente unter einer dann etliche Millionen Jahre dauernden Sedimentationslücke. Auch das Auftreten von Karneolbruchstücken im Kornbestand weist auf einen Ablagerungszeitraum nach der Bildung zumindest der ältesten Karneoldolomite der Region hin, d. h. jener der Zechstein-Randfazies (Nitsch & Zedler 2009).

Die bis zu 15 m mächtigen Arkosefanglomerate füllen lokale Senken im Paläorelief des kristallinen Untergrunds aus. Örtlich ist der kantige Granitgrus dabei bereits mit gut gerundeten Sandkörnern vermischt, was bereits für Meister (1960) eine Zuordnung zum Buntsandstein nahelegte. Zwischen diesen Paläo-Senken liegt Oberer Buntsandstein unmittelbar auf kristallinem Grundgebirge, das pedogen vergrust und in den obersten Dezimetern mit Karneoldolomit-Krusten imprägniert sein kann. Die Fanglomerate führen bis 10 cm große kantige bis angerundete Quarzstücke und Kristallingrus aus der unmittelbaren Umgebung (Sawatzki 2005). Sie werden von gut sortierten Quarzsandsteinen der Plattensandstein-Formation überlagert, die im unteren Teil oft mittel- bis grobkörnig ausgebildet sind und gerundete Quarzgerölle führen können (vgl. Kap. 6.6.1).

Die Grafenwöhr-Formation stellt in Baden-Württemberg damit ebenfalls die extreme Randfazies sowohl von Buntsandstein als auch von Muschelkalk dar. Allerdings sind keine mächtigen Profile ausgebildet, sondern nur lokale, geringmächtige Vorkommen, die offenbar nicht an tektonische Senkungsbereiche, sondern lediglich an Senken im Paläorelief der prä- bis frühtriassischen Grundgebirgsoberfläche gebunden sind.



9 Ausblick

„Solange Geologen sich um die Einstufung von Schichtenkomplexen bemühen, werden Fragen nach der richtigen stratigraphischen Einordnung mit im Vordergrund stehen.“ (Backhaus 1968: 1)

Die intensive Bohrtätigkeit der vergangenen Jahrzehnte hat durch die Vielzahl zusammenhängender Profilaufnahmen der gesamten oder eines Großteils der Buntsandstein-Schichtenfolge einen tieferen Einblick in Aufbau und Gliederung des baden-württembergischen Buntsandsteins ermöglicht, als dies noch in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts möglich gewesen war. Dennoch bleiben für verschiedene Regionen, aus denen bisher erst wenige detailliert aufgenommene Profile vorliegen, Unsicherheiten bestehen. Weitere sorgfältige Profilaufnahmen können daher auch für den scheinbar so eintönigen südwestdeutschen Buntsandstein in Zukunft noch wichtige Einsichten bieten, insbesondere hinsichtlich der Verbreitung von Diskordanzen und Schichtausfällen im Vergleich der Senken- und Schwellenbereiche im Sedimentationsraum. Die Kornrundung der Mittel- und Grobsand-Fractionen kann dabei in künftigen Profilaufnahmen insbesondere im Zentral- und Nordschwarzwald als wichtige Hilfe bei der stratigraphischen Gliederung betrachtet werden.

Nähere petrographische Untersuchungen, z.B. zu Schwermineralspektrum, Quarzkornfarben, Tonmineralogie und Diagenesegeschichte, versprechen detailliertere Erkenntnisse über die Herkunft und Transportwege der Sedimente und deren diagenetische Veränderungen nach der Ablagerung. Sedimentologische und insbesondere paläopedologische Untersuchungen zum Ablagerungsmilieu liegen bislang erst für wenige kleinräumige Bereiche und Teile der Schichtenfolge vor und versprechen gerade im Randbereich des Beckens interessante neue Ergebnisse. Hier ist aus sequenzstratigraphischer Sicht ein Onlap (Übergreifen) eines rein fluvialen Ablagerungssystems auf ältere Sedimente (Rotliegend, Zechstein-Randfazies) und Grundgebirge nicht nur durch Bohraufschlüsse, sondern auch im Ausstrich der Untersuchung zugänglich.

Die Auswertung des vorhandenen Sammlungsmaterials und zukünftiger Fossilfunde aus dem Buntsandstein dürfte einerseits die biostratigraphische Einordnung der einzelnen Schichtglieder (insbesondere durch Conchostraken oder Palynomorphen), andererseits die Deutung der Ablagerungsmilieus (durch palökologische Untersuchungen der spärlichen Faunen und Floren

und petrographische und paläopedologische Untersuchungen zur Frühdiagenese) weiter voranbringen. Kombinierte palökologisch-taphonomisch-sedimentologische Untersuchungen der fossilführenden Schichten stehen im Buntsandstein des Schwarzwalds, Kraichgaus und südlichem Odenwalds noch weitgehend aus. Dies gilt z.B. für die Taphonomie und Frühdiagenese der vivianitisch erhaltenen „Knochenbetten“ im Mittleren oder die Palökologie und Erhaltung der Einzellagen mit verzweigten Kümmerformen mariner Herkunft im Oberen Buntsandstein. Denn bereits Eissele (1966: 144) stellte fest: „Der Buntsandstein ist zwar arm an Fossilien, aber reich an lithologischen Erscheinungsformen“ – deren Entschlüsselung ist noch keineswegs abgeschlossen.

10 Dank

Mein Dank gilt der Schwarzwaldsprudel Wildberg GmbH, namentlich Herrn Roland Steidle, für die Überlassung des Bohrkerns von BO7318-2809 Effringen (Typusprofil Eck-Formation) sowie weiterer Bohrproben und der Freigabe der Ergebnisse zur Publikation. Ebenfalls danke ich der Peters-taler Mineralquellen GmbH, hier namentlich Herrn Wolfgang Sum, für die Überlassung von Bohrproben aus drei Bohrungen und die Freigabe der stratigraphischen Bohrergebnisse zur Veröffentlichung.

Für die Durchsicht des Manuskripts und sachkundige Anmerkungen gilt mein besonderer Dank Helmut Bock (LGRB). Die Darstellung profitierte von vielfachen Diskussionen mit Kollegen der Stratigraphischen Subkommission Perm-Trias über allgemeine und spezielle Fragen der Buntsandstein-Stratigraphie, insbesondere mit Doris Dittrich, Volker Friedlein, Nicola Hug-Diegel, Gerd Geyer, Karl-Christian Käding, Heinz-Gerd Röhling und Thomas Voigt. Hilmar von Eynatten (Göttingen), Johannes Miocic (Freiburg) und Valerian Bachtadse (München) stellten freundlicherweise Manuskripte von Diplom- und Masterarbeiten über Themen im Buntsandstein von Baden-Württemberg zur Verfügung.

11 Bibliographie und weitere zitierte Literatur

- Abdullah aus Kabul (1936): Das Schichtgebirge bei Walldürn südöstlich des Odenwalds. – Bad. Geol. Abh., 8: 3–45; Karlsruhe.
- Ahrens, H.J. (1987): Beobachtungen und Überlegungen zur Morphologie und Entstehung der "Scheinkristalle" aus dem Mittleren Buntsandstein der Heidelberger Umgebung. – Aufschluss, 35: 407–421; Heidelberg.
- Aichholzer, C., Düringer, P., Orciani S. & Genter, A. (2016): New stratigraphic interpretation of the Soultz-sous-Forêts 30-year-old geothermal wells calibrated on the recent one from Rittershoffen (Upper Rhine Graben, France). – Geothermal Energy, 4 (13): 26 p.; Berlin.
- Aigner, T. & Bachmann, G.H. (1992): Sequence stratigraphic framework of the German Triassic. – Sedim. Geol., 80: 115–135; Amsterdam.
- Aigner, T., Hornung, J., Junghans, W.-D. & Pöppelreiter, M. (1999): Baselevel cycles in the Triassic of the South-German Basin: a short progress report. – Zbl. Geol. Paläont. I, 1998: 537–544; Stuttgart.
- Alberti, F.A. v. (1826): Die Gebirge des Königreichs Württemberg in besonderer Beziehung auf Halurgie. – 326 S.; Tübingen u. Stuttgart (Cotta).
- Alberti, F.A. v. (1834): Beitrag zu einer Monographie des Bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers und die Verbindung dieser Gebilde zu einer Formation. – 366 S.; Tübingen (Cotta). – [Nachdruck 1998]
- Alberti, F.A. v. (1864): Überblick über die Trias mit Berücksichtigung ihres Vorkommens in den Alpen. – 353 S.; Stuttgart (Cotta).
- Albiez, G. (1931): Die Tektonik des östlichen Dinkelberges und der Eichener See. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 31: 211–272, 2 Kt.; Freiburg i. Br.
- Andreae, A. (1893): Normalprofil des Buntsandsteins bei Heidelberg, nach den Aufnahmen auf Sektion Heidelberg und Neckargemünd. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 2 (1893): 347–357, Taf. XIV; Heidelberg.
- Andreae, A. & Osann, A. (1893): Beiträge zur Geologie des Blattes Heidelberg. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 2 (1893): 345–388, Taf. XIV–XV; Heidelberg.
- Andreae, A. & Osann, A. (1896): Erläuterungen zu Blatt Heidelberg (Nr. 23). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 23: 60 S.; Heidelberg. – [6518, 1. Aufl.]
- Andrée, K. (1927): Bedeutung und zeitliche Verbreitung von *Arenicolides* Blanckenhorn und verwandten Formen. – Paläont. Z., 8: 120–128; Stuttgart.
- Anonymus „A.“ (1753): Ferneres Sendschreiben, worinnen besonders von dem Kirchheimer Marmor Nachricht ertheilet wird. – Selecta physico-oeconomica, 2: 411–415; Stuttgart (Erhardt). – [erwähnt Karneol (als „Achat“) von Freudenstadt]
- Ansari, M. (1991): Lithostratigraphie des Buntsandsteins und Tektonik des Deckgebirges zwischen Bad Rippoldsau und Bad Griesbach (mittlerer Schwarzwald). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 70 S., 2 Taf., 1 Beil. – [unveröff.].
- Arakel, A.V., Jacobson, G., Salehi, M. & Hill, C. (1989): Silicification of calcrete in palaeo-drainage basins of the Australian arid zone. – Australian J. Earth Sci., 36: 73–89; Melbourne.
- Arbeitsausschuss Buntsandstein der Geologischen Landesämter (1974): Richtlinien zur Gliederung des westdeutschen Buntsandsteins. – Geol. Jb., A 25: 123–125; Hannover.
- Arnsperger, K. (1853): Der bunte Sandstein im Grossherzogthum Baden. – Leonhardt, G. (Hrsg.): Beiträge zur Mineralogischen und geognostischen Kenntniss des Grossherzogthums Baden, 1: 33–51; Stuttgart (Schweizerbart).
- Atikzada, K.Z. (1985): Geologie und Tektonik des Moosgebiets nordöstlich von Gengenbach (Mittl. Schwarzwald). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg, 67 S. – [unveröff.].
- Attah, A.A.O. (2019): Sedimentology, petrography and hydrogeological properties of the Buntsandstein in the Gaimühle 4 drill core (1m – 123m depth). – Masterarb. Univ. Freiburg i. Br.: 90 p. – [unveröff.].
- Bach, H. (1869): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Calw mit den Umgebungen von Herrenberg, Nagold, Wildberg und Teinach. – 41 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- Bachmann, G.H. & Kozur, H. (2004): The Germanic Triassic: correlations with the international chronostratigraphic scale, numerical ages and Milankovitch cyclicity. – Hallesches Jb. Geowiss. B, 26: 17–62; Halle.
- Bachmann, G.H. & Kozur, H. (2008): Updated correlations of the Germanic Triassic with the Tethyan scale and assigned numeric ages. – Ber. Geol. Bundesanst., 76: 53–58; Bad Godesberg.
- Backhaus, E. (1960): Zur Neugliederung des Odenwälder Buntsandsteins und ein Vergleich mit Nordhessen und Thüringen. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1960: 292–313; Stuttgart.
- Backhaus, E. (1967): Zur Genese des Buntsandsteins im Spessart. – Jber. Mitt. oberrh. 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, 14 Taf.; Karlsruhe.
- Backhaus, E. (1969a): Die Altersstellung der süd-deutschen Karneol-Dolomit-Horizonte (Oberer Buntsandstein). – Z. dt. geol. Ges., 118: 237; Hannover.
- Backhaus, E. (1969b): Die Solling-Folge (Oberer Buntsandstein) zwischen oberer Fulda und Neck-



- ar. – Z. Dt. Geol. Ges., 118; 193–206; Hannover.
- Backhaus, E. (1971): Red beds of the „Buntsandstein“ (Lower Triassic) in the Odenwald and Pfalz-Vosges areas. – In: Müller, G. (ed.): Sedimentology of parts of Central Europe. Guidebook to excursions, VIII Int. Sedim. Congr. 1971 in Heidelberg, Germany: 105–124; Frankfurt (Kramer).
- Backhaus, E. (1974): Limnische und fluviatile Sedimentation im südwestdeutschen Buntsandstein. – Geol. Rdsch., 63: 925–942; Stuttgart.
- Backhaus, E. (1975): Der Buntsandstein im Odenwald. – Aufschluss, Sonderh. 27: 299–320; Heidelberg.
- Backhaus, E. (1979): Zur Sedimentologie und Sedimentpetrographie des Buntsandsteins und Unteren Muschelkalks im Odenwald (DMG-Tagung 1979, Exkursion V1). – Fortschr. Mineral., 57 (Beih. 2): 3–22; Stuttgart.
- Backhaus, E. (1980): Zu Fragen der Nomenklatur und der Gliederung nach Formationen im Rotliegenden, Zechstein und Buntsandstein. – Newsl. Stratigr., 9: 105–113; Berlin.
- Backhaus, E. (1981): Der marin-brackische Einfluß im Oberen Röt Süddeutschlands. – Z. Dt. Geol. Ges., 132: 361–382; Hannover.
- Backhaus, E. (1994): Der Einfluss der Tektonik und des skythisch-anisichen Meeresspiegelanstiegs auf die Faziesgliederung des Oberen Buntsandsteins im Germanischen Triasbecken. – Z. dt. geol. Ges., 145: 325–342; Hannover.
- Backhaus, E. (1996): Eine biostratigraphische Bewertung der Faunen im Buntsandstein des germanischen Beckens. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. 78: 257–279; Stuttgart.
- Backhaus, E. & Bähr, R. (1987): Faziesmodelle für den Unteren Buntsandstein Südwestdeutschlands. – Facies, 17: 1–18; Erlangen.
- Backhaus, E. & Schwarz, S. (2003): Ein Sammelprofil des Buntsandsteins und Zechsteins im mittleren Odenwald anhand von Bohrungen und Gamma-Logs. – Geol. Jb. Hessen, 130: 91–107; Wiesbaden.
- Backhaus, E. & Stolba, R. (1967): Junge Bruchscholentektonik im unteren Maintal zwischen Rüdenau und Trennfurt (Obernburger Graben). – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. 49: 147–156; 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.
- Backhaus, E., Hagdorn, H., Heunisch, C. & Schulz, E. (2013): Biostratigraphische Gliederungsmöglichkeiten des Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 151–164; Hannover.
- Bailer, G. (1951): Der Mauracher Berg bei Denzlingen i. Br. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 78 S., 1 Beil. – [unveröff.].
- Bangert, V. (1991) mit Beitr. v. Etzold, A., Sawatzki, G. & Schreiner, A.: Erläuterungen zu Blatt 8115 Lenzkirch. – Erl. Geol. Kt. Baden-Württemberg 1 : 25 000, Bl. 8115: 132 S., 5 Taf., 3 Beil.; Stuttgart.
- Bashkuev, A., Sell, J., Aristov, D., Ponomarenko, A., Sinitshenkova, N. & Mahler, H. (2012): Insects from the Buntsandstein of Lower Franconia and Thuringia. – Paläontol. Z., 86:175–185; Berlin. – [DOI 10.1007/s12542-011-0119-8]
- Basting, R. (1974): Die Vorbergzone zwischen Müllheim und Auggen aufgrund einer geologischen Kartierung 1 : 10 000 und die Auswertung der Thermalwasserbohrungen Badenweiler II und III. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Heidelberg: 204 S. – [unveröff.].
- Basting, R. (1977): Geologie und Hydrogeologie der Thermalwässer von Badenweiler. – Diss. Univ. Heidelberg: 95 S.
- Bausch, W. & Schober, T. (1997) mit Beitr. V. Joachim, H. & Plum, H.: Erläuterungen zum Blatt 8316/8416 Klettgau / Hohentengen am Hochrhein. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Erl. Bl. 8316 & 8416: 287 S.; Freiburg i. Br.
- Becker, F. (1995): Die Forschungsbohrung Ühlingen 2: Buntsandstein und Muschelkalk am Südostrand des Schwarzwaldes zwischen Schlücht und Steina (Kreis Waldshut-Tiengen, SW-Deutschland). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 69 S., 35 S. Anh., 3 Beil. – [unveröff.].
- Becker, I. (1985): Geologisch-petrographische Untersuchungen im Grund- und Deckgebirge des mittleren Steina- und Schlüchtals, Südschwarzwald. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Tübingen: 331 S., 4 Beil. – [unveröff.].
- Becksmann, E. (1962): Probleme bei der Neugliederung der Buntsandstein-Formation. – Z. dt. geol. Ges., 103: 102–105; Hannover.
- Belz, G. (1986): Geologische Kartierung des Gebiets südöstlich von Ettlingen (Blatt Ettlingen, Baden). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Heidelberg: 34 S., 2 Kt. – [unveröff.].
- Benecke, E.W. & Cohen, E. (1881): Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg, zugleich als Erläuterungen zur geognostischen Karte der Umgegend von Heidelberg (Sectionen Heidelberg und Sinsheim). – 622 S.; Straßburg (Trübner).
- Benn, N.E. (2007): Erläuterungen zur Geologie zwischen der Kandern-Müllheimer Vorbergzone und dem Kristallinen Grundgebirge im Südschwarzwald. – Diplomkart. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 57 S., 1 Kt. – [unveröff.].
- Berg, D. (1958): Stratigraphie und Lagerungsverhältnisse der Sedimentschollen am südwestlichen Schwarzwaldrand zwischen Haus Baden (bei Badenweiler) und Kandern, Blatt Wies (8212) 1 : 10 000 NW, SW. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 126 S., 3 Taf. – [unveröff.].
- Berg, D. (1961): Geologie des Schwarzwaldrandes zwischen Badenweiler und Kandern. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 51: 5–40, 1 Kt.; Freiburg i. Br.
- Berner, R.A. (2006): GEOCARBSULF: A combined model for Phanerozoic atmospheric O₂ and CO₂.

- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 70: 5653–5664; New York, NY.
- Beyer, A. (1794): *Geognostische und bergmännische Bemerkungen auf einer im Jahre 1788 gemachten Reise, aus dem Curfürstl. Saechs. Erzgebirge in die Hochfürstl. Markgräfl. Badenschen Lande*. – In: Beyer, A. (Hrsg.): *Beiträge zur Bergbaukunde*: 1–78; Dresden (Walther).
- Bilharz, A. (1934) unter Mitw. v. Hasemann, W.: *Erläuterungen zu Blatt Baden (Nr. 67)*. – *Erl. Geol. Spezialkt. Baden*, Bl. 67: 144 S., 2 Beil.; Freiburg i. Br. – [Nachdruck 1985, 1992: *Geol. Kt.* 1: 25 000 Baden-Württ., Bl. 7215 Baden-Baden; Stuttgart].
- Bilstein-Strohm, E. & Mitzel, S. (1987): *Geologie und Hydrogeologie des östlichen Röttlers (Weitenauer Vorberge / Südbaden)*. – *Diplomarbeit Geol. Paläont. Inst. Univ. Freiburg i. Br.*: 118 S., 3 Anl. – [unveröff.]
- Bindig, M. & Backhaus, E. (1995): *Rekonstruktion der Paläoenvironments aus den fluviatilen Sedimentkörpern der Röt-Sandsteinfazies (Oberer Buntsandstein) Südwestdeutschlands*. – *Geol. Jb. Hessen*, 123: 69–105; Wiesbaden.
- Blanck, E. (1907): *Ein Beitrag zur Chemie und Physik der Tongallen im Buntsandstein*. – *Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ.*, 63: 355–366; Stuttgart.
- Blanck, E. (1910/1911): *Ueber die petrographischen und Bodenverhältnisse der Buntsandsteinformation Deutschlands*. – *Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ.*, 66: 408–506, 67: 1–77; Stuttgart.
- Blanckenhorn, M. (1902): *Drei interessante geologische Erscheinungen in der Gegend von Mellrichstadt und Ostheim vor der Rhön*. – *Z. dt. geol. Ges.*, 54: 102–106; Berlin.
- Blanckenhorn, M. (1907): *Der Hauptbuntsandstein ist keine echte Wüstenbildung*. – *Z. dt. geol. Ges.*, 59: 297–315; Berlin.
- Blanckenhorn, M. (1917): *Organische Reste im mittleren Buntsandstein Hessens*. – *Sber. Ges. Beförderung d. gesamten Naturwiss.*, 1916: 21–43; Marburg.
- Blanckenhorn, M. (1925): *Über Fossil- und Fährtenhorizonte im Buntsandstein Deutschlands*. – *Z. dt. geol. Ges. Mber.*, 76: 269–278; Berlin.
- Bleich, K.E., Hädrich, F., Hummel, P., Müller, S., Ortlam, D. & Werner, J. (1982): *Paläoböden in Baden-Württemberg*. – *Geol. Jb.*, F 14: 63–100; Hannover.
- Blum, R. (1867): *Bunter Sandstein in Formen von Kalkspath*. – *N. Jb. Mineral. Geol. Palaeont.*, 1867: 320–324, 839; Stuttgart.
- Blümel, W.D. (2013): *Wüsten: Entstehung, Kennzeichen, Lebensraum*. – 327 S.; Stuttgart (Ulmer).
- Bock, H., Freudenberger, W., Lepper, J., Schmitt, P. & Weber, J. (2005): *Der Buntsandstein in Main-Tauberfranken (Exkursion B am 31. März 2005)*. – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N. F. 87: 65–96; Stuttgart.
- Böckh, E. (1957): *Sedimentation und Krustenbewegungen im Oberen Buntsandstein zwischen Neckar und Main*. – *Diss. Univ. Heidelberg*: 86 S., 24 Abb. – [unveröff.]
- Boigk, H. (1956): *Vorläufige Mitteilung über eine neue Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Raume Südhannover*. – *Geol. Jb.*, 72: 325–340; Hannover.
- Boigk, H. (1981): *Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland*. – 330 S.; Stuttgart (Enke).
- Boigk, H. & Schöneich, H. (1970): *Die Tiefenlage der Permbasis im nördlichen Teil des Oberrheingrabens*. – In: Illies, J.H. & Mueller, S. (eds.): *Graben Problems*: 45–55; Stuttgart (Schweizerbart).
- 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. (Hrsg.), *Approaches to Taphogenesis*. – *IUCG Sci. Rep.*, 8: 60–71; Stuttgart.
- Bokhari, R.K. (1973): *Erläuterungen zu einer geologischen Kartierung auf den Blättern Wertheim, 6223, und Helmstadt der topogr. Karte 1 : 25 000*. – *Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Würzburg*. – [unveröff.]
- Bolton, W. (1893): *Die Prüfung klastischer Gesteine auf ihre Verwitterbarkeit*. – *Dinglers polytechn. J.*, 289: 43–48; Berlin.
- Bornemann, J.G. (1890): *Ueber 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 (1889): 1–62; Jena (G. Fischer).
- Boudot, J.-P., Geissert, F., Leiber, J., Ménillet, F. & Schwoerer, P. (1987): *Notice explicative de la feuille Benfeld à 1/50 000*. – 74 p.; Orléans (BRGM). – [Leiber, J.: *Précolines de la Forêt Noire*: 19–33, Buntsandstein: 20–22]
- Boué, A. (1822): *Mémoire géologique sur l'Allemagne*. – [Extrait du] *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts*, 96: 145 p.; Paris. – [Bestätigt 3. Sandsteinformation über dem Muschelkalk]
- Boué, A. (1824): *Mémoire géologique sur les terrains anciens et secondaires du sud-ouest de l'Allemagne, au nord du Danube*. – *Ann. Sci. Nat.*, 2: 173–203, 1 pl.; Paris. – [Sonderdr. 31 p.]
- Boué, A. (1829): *Geognostisches Gemälde von Deutschland. Mit Rücksicht auf die Gebirgs-Beschaffenheit nachbarlicher Staaten*, Übers. von C. C. v. Leonhard. – 623 S.; Frankfurt a.M. (J.C. Herrmann).
- Bourquin, S., Guillocheau, F. & Péron, S. (2009): *Braided rivers within an arid alluvial plain (example from the Lower Triassic, western German Basin): recognition criteria and expression of stratigraphic cycles*. – *Sedimentology*, 56: 2235–2264; Amsterdam.
- Bräuhäuser, M. (1907): *Über Vorkommen von Phosphorsäure im Buntsandstein und Wellengebirge des östlichen Schwarzwalds*. – *Mitt. Geol. Abt. kgl. Württ. Stat. Landesamt*, 4: 22 S.; Stuttgart (Grüninger). – [Bespr. durch Plieninger, N. *Jb. Mineral. Geol. Paläont.* 1910: 417–418]



- Bräuhäuser, M. (1907): Verbreitung der Phosphorsäure im Buntsandstein und Wellengebirge des östl. Schwarzwalds. – Ber. Vers. Oberrh. Geol. Ver., 40: 19–21; Stuttgart.
- Bräuhäuser, M. (1909) mit Beitr. v. Sauer, A.: Erläuterungen zu Blatt Schramberg (Nr. 129). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 129: 130 S.; Stuttgart. – [1. Aufl., Nachdruck 1971: Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7716 Schramberg; Stuttgart].
- Bräuhäuser, M. (1910a): Über Fährtenplatten im oberen Buntsandstein des Württembergischen Schwarzwaldes. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont., 1910: 123–130; Stuttgart.
- Bräuhäuser, M. (1910b): Beiträge zur Kenntnis des Rotliegenden an der oberen Kinzig. – Mitt. Geol. Abt. kgl. Württ. Stat. Landesamt, 7: 36 S., 1 Tab.; Stuttgart (Grüniger).
- Bräuhäuser, M. (1933): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Württemberg, Blatt Schramberg (Nr. 129). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 129: 147 S.; Stuttgart. – [2. Aufl., Nachdruck 1978: Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7716 Schramberg; Stuttgart].
- Bräuhäuser, M. (1937): Erläuterungen zu Blatt Simmersfeld (Nr. 79) [2. Aufl.]. – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 79: 80 S.; Stuttgart. – [7317 Neuweiler]
- Bräuhäuser, M. (1996) mit Nachtr. v. Groschopf, M., Kilger, B.M., Leiber, J. & Münzing, K.: Erläuterungen zu Blatt 7717 Oberndorf a.N. [3. erg. Aufl.]. – Geol. Kt. 1:25.000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7717: 112 S., 1 Beil.; Freiburg.
- Bräuhäuser, M. & Sauer, A. (1911): Geologischer Überblick über das Obere, besonders das württembergische Kinziggebiet. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 1: 5–40; Stuttgart.
- Bräuhäuser, M. & Sauer, A. (1913): Erläuterungen zu Blatt Alpirsbach (Nr. 117). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 117: 134 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1971: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7616 Alpirsbach; Stuttgart].
- Bräuhäuser, M. & Sauer, A. (1926): Erläuterungen zu Blatt Alpirsbach (Nr. 117) [2. erg. Aufl.]. – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 117: 125 S.; Stuttgart.
- Bräuhäuser, M. & Schmidt, A. (1908) unter Mitw. v. Sauer, A.: Erläuterungen zu Blatt Simmersfeld (Nr. 79). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 79: 64 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1970: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7317 Neuweiler; Stuttgart]
- Breyer, F. (1956): Ergebnisse seismischer Messungen auf der süddeutschen Großscholle, besonders in Hinblick auf die Oberfläche des Varistikums. – Z. dt. geol. Ges., 108: 21–35, Hannover.
- Brignon, A. (2021): L'histoire de la paléontologie des vertébrés dans le Trias alsacien jusqu'au début du XXe siècle. – Bulletin de la Société d'Histoire naturelle et d'Ethnographie de Colmar, 77 (8): 70–136; Colmar.
- Brill, R. (1929): Erläuterungen zu Blatt Bauschlott (Nr. 59), württembergisch Ötisheim (Nr. 41). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 59: 58 S., 2 Taf.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7018 Pforzheim-Nord; Stuttgart].
- Brill, R. (1931): Erläuterungen zu Blatt Ettlingen (Nr. 57). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 57: 66 S., 2 Taf.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7016 Karlsruhe-Süd; Stuttgart]
- Brill, R. (1933a): Die Tektonik an der Haupttheintalverwerfung am Lorettoberg bei Freiburg i.Br. – Geol. Rundsch., 23a (Festschrift Wilhelm Salomon-Calvi): 38–51, Taf. I; Berlin.
- Brill, R. (1933b): Erläuterungen zu Blatt Pforzheim (Nr. 64). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 64: 80 S., 3 Taf.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7118 Pforzheim-Süd; Stuttgart].
- Brill, R. (1934): Die geologischen Ergebnisse des Tunnelbaus durch den Lorettoberg bei Freiburg i.Br. – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. 23: 88–106; Stuttgart.
- Brinkmann, R. (1933): Über Kreuzschichtung im deutschen Buntsandsteinbecken. – Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., IV 32: 1–12; Göttingen.
- Brinkmann, W., Romano, C., Bucher, H., Ware, D. & Jenks, J. (2010): Palaeobiogeography and stratigraphy of advanced Gnathostomian fishes (Chondrichthyes and Osteichthyes) in the Early Triassic and from selected Anisian localities (Report 1863–2009). – Zbl. Geol. Paläont. II, 2009: 765–812; Stuttgart.
- Brockamp, O., Schlegel, A. & Clauer, M. (2011): Mesozoic hydrothermal impact on Rotliegende and Bunter immature sandstones of the High Rhine trough and its adjacent eastern area (southern Black Forest, Germany). – Sedim. Geol., 234: 76–88; Amsterdam.
- Brombach, F. (1903): Beiträge zur Kenntnis der Trias am südwestlichen Schwarzwald. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 4 (1903): 429–484; Heidelberg.
- Bronn, H.G. (1827): Versuch einer geognostischen Darstellung der untern Neckargegenden bei Heidelberg. – Badisches Archiv zur Vaterlandskunde in allseitiger Hinsicht, 2: 1–122; Karlsruhe.
- Bronn, H.G. (1830): Gaea heidelbergensis oder geognostische Beschreibung Heidelbergs. – 237 S., 1 Kt.; Heidelberg (Groos).
- Bronn, H.G. (1835–38): Lethaea Geognostica, oder Abbildungen und Beschreibungen der für die Gebirgs-Formationen bezeichnenden Versteinerungen. – 1346+IV S.; Stuttgart (Schweizerbart). – [2 Bände]
- Brugman, W.A. (1986): A palynological characterization of the Upper Scythian and Anisian of the Transdanubian Central Range (Hungary) and the Vincentian Alps (Italy). – PhD Thesis, Univ. Utrecht: 95 p. – [unveröff.]
- Brunner, H. (1986): Buntsandstein. – In: Erläuterungen zu Blatt 7320 Böblingen. – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 6320: 11; Stuttgart.

- Brunner, H. (1995): Buntsandstein. – In: Erläuterungen zu Blatt 6821 Heilbronn. – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 6821: 7–9; Stuttgart. – [Nachdruck 1995]
- Brunner, H. (1998), mit Beitr. von Bruder, J., Franz, M., Kobler, H.-U., Müller, S., Plum, H., Prestel, R., Reiff, W., Rogowski, E., Schober, T., Simon, T., Schloz, W. & Wurm, F.: Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 50 000, Erläuterungen zu Blatt Stuttgart und Umgebung. – 298 S., 4 Beil.; Freiburg i. Br. – [6. Aufl.]
- Brunner, H. & Hinkelbein, K. (2000), mit Beitr. von Kelber, K.-P., Kösel, M., Rausch, R., Simon, T., Swoboda, D., Wagenplast, P. & Werner, W.: Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 50 000, Erläuterungen zu Blatt Heilbronn und Umgebung. – 292 S., 11 Beil.; Freiburg (LGRB).
- Brunner H., Etzold, A., Hagdorn, H., Schröder, B., Schwarz, H.-U., Simon, T., Wurm, F. & Zimmermann, E. (1981): Schichtenfolge und geologische Bedeutung der Thermalwasserbohrung Aalen 1. – Jh. Ges. Naturk. Württ., 136: 45–104; Stuttgart.
- Bubnoff, S. v. (1912a): Zur Tektonik des südlichen Schwarzwaldes. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont., 1912: 147–156; Stuttgart.
- Bubnoff, S. v. (1912b): Die Tektonik der Dinkelberge bei Basel, I. Teil. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 6 (1912): 521–634, Taf. XXVII–XXVIII; Heidelberg.
- Bubnoff, S. v. & Wilser, J. (1912): Das Gebiet der Dinkelberge zwischen Wiese und Rhein. – Jber. Mitt. Oberrh. geol. Ver., N. F. 2 (2): 3–16, 1 Beil.; Stuttgart.
- Buch, L. v. (1826): Geognostische Karte von Deutschland und den umliegenden Staaten in 42 Blättern, nach den vorzüglichsten mitgetheilten Materialien herausgegeben. – 42 Bl.; Berlin (Schropp). – [Nachdrucke 1833, 1834]
- Budwill, H. (1957): Geologie der Emmendinger Vorberge Südteil. Kartierung 1 : 25 000. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 84 S., 2 Taf., 1 Kt. – [unveröff.].
- Burek, P. (1970): Magnetic reversals: Their application to stratigraphic problems. – AAPG Bull., 54: 1120–1139; Tulsa, OK – [3 Probenpunkte im südl. Odenwald]
- Burgess, S.D. & Bowring, S.A. (2015): High-precision geochronology confirms voluminous magmatism before, during, and after Earth's most severe extinction. – Science Advances, 1:e1500470: 14 p.; Washington, DC. – [doi: 10.1126/sciadv.1500470]
- Burgmeier, G. & Schöttle, M. (2002): Geotope im Regierungsbezirk Stuttgart. – 348 S.; Karlsruhe (LUBW).
- Carlé, W. (1950a): Erläuterungen zur Geotektonischen Übersichtskarte der Südwestdeutschen Großscholle. – 31 S., 7 Abb.; Stuttgart (Geol. Abt. Württ. Stat. Landesamt).
- Carlé, W. (1950b): Geologie und Hydrologie der Heilwässer von Bad Mergentheim. – Geol. Jb., 64 (1943–1948): 267–330; Hannover. – [= Mitt. Geol. Abt. Württ. Stat. Landesamt, 21]
- Carlé, W. (1955a): Bau und Entwicklung der Südwestdeutschen Großscholle. – Beih. Geol. Jb., 16: 272 S., 4 Taf.; Hannover.
- Carlé, W. (1955b): Eine neue Deutung des Profils der Tiefbohrung Ingelfingen mit Hilfe der Tiefbohrung Bad Mergentheim. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 37: 112–119; Stuttgart.
- Carlé, W. (1956a): Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Tiefbohrung in Bad Mergentheim (Buntsandstein, Zechstein, Mineralwasser). – Jb. Stat. Landesk. Baden-Württ., 1956: 229–260, 7 Taf.; Stuttgart.
- Carlé, W. (1956b): Neue Beobachtungen und Erkenntnisse über den Bröckelschiefer des unteren Buntsandsteins. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1956: 282–289; Stuttgart.
- Carlé, W. (1961) mit Beitr. v. Müller, S.: Erläuterungen zu Blatt 6524 Mergentheim. – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 6524: 75 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1990]
- Carlé, W. (1962) mit Beitr. v. Müller, S.: Erläuterungen zu Blatt 6424 Lauda. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6424: 75 S., 1 Beil.; Stuttgart. – [Nachdruck 1994: Geol. Kt. 1:25000 Baden-Württ., Bl. 6424 Lauda-Königshofen; Stuttgart]
- Carlé, W. (1970): Die Schichtenfolge der Tiefbohrung Allmersbach am Weinberg, Landkreis Backnang, Baden-Württemberg. – Jh. Ges. Naturk. Württ., 125: 61–69; Stuttgart.
- Carlé, W. (1971): Die Tiefbohrungen auf mineralisiertes Thermalwasser in Bad Überkingen, Landkreis Göppingen, Baden-Württemberg. – Jh. Ges. Naturk. Württ., 126: 36–87; Stuttgart.
- Carlé, W. (1972): Geologie und Hydrogeologie der Mineral- und Thermalwässer von Bad Überkingen, Landkreis Göppingen, Baden-Württemberg. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 14: 69–143, Taf. 5–7; Freiburg i. Br.
- Carlé, W. (1975a): Die Mineralwässer im Kochertal und seiner näheren Umgebung, vor allem diejenigen von Ingelfingen, Hohenlohekreis, Baden-Württemberg. – Oberrhein. Geol. Abh., 24: 1–32; Karlsruhe.
- Carlé, W. (1975b): Die Thermalwasser-Bohrung von Stuttgart-Bad-Cannstadt. – Jh. Ges. Naturk. Württ., 130: 87–155; Stuttgart.
- Carlé, W. (1975c): Geologie und Hydrogeologie der Thermalwässer von Bonlanden, Stadt Filderstadt, Landkreis Eßlingen, Baden-Württemberg. – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. 57: 21–41; Stuttgart.
- Carlé, W. (1982): Geologie und Hydrogeologie der Mineral- und Thermalwässer von Bad Überkingen, Landkreis Göppingen, Baden-Württemberg (II). – Geol. Jb., C 31: 3–72; Hannover.
- Carlé, W. & Wurm, F. (1971): Die Wissenschaftlichen Ergebnisse der Tiefbohrung Allmersbach am Weinberg, Landkreis Backnang, Baden-Württemberg (Stratigraphie, Petrographie, Paläogeographie, Hydrologie). – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 13: 171–221; Freiburg i. Br.



- Carlé, W. & Wurm, F. (1982): Vorkommen und Genese der Mineral-Säuerlinge und des Thermalwassers von Bad Teinach, Stadt Bad Teinach-Zavelstein, Landkreis Calw, Baden-Württemberg. – *Geol. Jb.*, C 31: 73–225; Hannover.
- Catt, J.A. (ed.) (1991): *Paleopedology manual*, by members of INQUA & ISSS. – *Quaternary international*, 6: 1–95; Oxford.
- Chelius, C. (1901): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Großherzogtums Hessen im Maßstabe 1 : 25 000, Blatt Lindenfels. – 41 S.; Darmstadt.
- Chen, X.Y., Lintern, M.J. & Roach, I.C. (2002): *Calcrete: characteristics, distribution and use in mineral exploration*. – 160 p.; Kensington (CSIRO).
- Cohen, E. (1871): Die zur Dyas gehörigen Gesteine des südlichen Odenwalds – nebst einer geologischen Karte und einem Blatte mit Gebirgsprofilen. – Diss. Univ. Heidelberg: 133 S.; Heidelberg (Winter).
- Cohen, E. (1903): Über die Pseudomorphosen im mittleren Buntsandstein der Gegend von Heidelberg. – *Z. Krystallogr. Mineral.*, 37: 610–611; Leipzig.
- Dachroth, W.R. (2009): *Violette Horizonte – eine Literaturschau*. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 54: 79–108; Hannover.
- Dachroth, W.R. (2013a): Paläoböden im Buntsandstein und deren stratigraphische Bedeutung. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 223–231; Hannover.
- Dachroth, W.R. (2013b): Der Buntsandstein der Lothringen-Pfalz-Senke. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 487–513; Hannover.
- Damiani, R.J. (2001): A systematic revision and phylogenetic analysis of Triassic mastodonsauroids (Temnospondyli: Stereospondyli). – *Zool. J. Linnean Soc.*, 133: 379–482; London.
- Daub, H. (1852): Über den Bunten Sandstein bei Staufen im badischen Oberlande. – *N. Jb. Mineral. Geogn. Geol. Petrefaktenk.*, 1852: 536–550, Stuttgart.
- Deecke, W. (1889): Über Fische aus verschiedenen Horizonten der Trias. – *Palaeontographica*, 35: 97–138, Taf. 6–7; Stuttgart.
- Deecke, W. (1916–18): *Geologie von Baden I–III*. – 1408 S.; Berlin (Borntraeger).
- Deecke, W. (1926): Über die Triasfische. – *Paläont. Z.*, 8: 184–198; Stuttgart.
- Degens, E., Knetsch, G. & Reuter, H. (1961): Ein geochemisches Buntsandsteinprofil vom Schwarzwald bis zur Rhön. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 111: 181–233; Stuttgart.
- Demathieu, G.R. (1982): Archosaurier-Fährtenfaunen der Trias: Die Bedeutung ihrer Ähnlichkeiten und ihrer Verschiedenheiten und ihre mögliche Verwendung im Rahmen der Stratigraphie der Trias. – *Kurzf. 72. Jahrestagung Geol. Ver., Würzburg*: 35; Würzburg (Geol. Ver.).
- Demathieu, G. & Haubold, H. (1972): Stratigraphische Aussagen der Tetrapodenfährten aus der terrestrischen Trias Europas. – *Geologie*, 21: 802–836; Berlin.
- Deutsches Weininstitut (Hrsg.) (1999): *Deutscher Weinatlas. Anbauggebiete, Bereiche, Lagen, Rebsorten, Qualitäten*. – 101 S.; Mainz.
- Diederich, G. (1964): Die Beckenfazies des Unteren Buntsandstein (su, Trias) in Hessen und den südlichen Nachbargebieten. – Diss. Univ. Frankfurt a. M.: 266 S. – [unveröff.]
- Diederich, G., Laemmle, M. & Villwock, R. (1964): Das obere Biebertal im Nordspessart. Neugliederung des Unteren Buntsandsteins, Exkursionsführer und Geologische Karte. – *Abh. Hess. Landesamt Bodenforsch.*, 48: 34 S., 4 Taf., 1 Kt.; Wiesbaden.
- Diederich, G. (1965): Stratigraphie des Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. – *Notizbl. Hess. Landesamt Bodenforsch.*, 93: 141–146; Wiesbaden.
- Diederich, G. (1966a): Zur Stratigraphie des Unteren Buntsandstein im deutschen Buntsandsteinbecken. – *Z. dt. geol. Ges.*, 116 (1964): 875–890, Hannover.
- Diederich, G. (1966b): Fazies, Paläogeographie und Genese des Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. – *Notizbl. Hess. Landesamt Bodenforsch.*, 94: 132–157; Wiesbaden.
- Diederich, G. (1971): Die Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein. – *Notizbl. Hess. Landesamt Bodenforsch.*, 99: 124–141; Wiesbaden.
- Diederich, G. & Hickethier, H. (1971): Obere und Untere Violette Zone im Nordspessart. – *Notizbl. Hess. Landesamt Bodenforsch.*, 99: 193–199; Wiesbaden.
- Dietrich, H.-G. (1982): Geological results of the Urach 3 borehole and the correlation with other boreholes. – In: Haenel, R. (ed.): *The Urach geothermal project (Swabian Alb, Germany)*: 49–58; Stuttgart (Schweizerbart).
- Dimas, J.G.D. (1999a): Das permische und triassische Deckgebirge nordwestlich von Alpirsbach (Mittlerer Schwarzwald). – *Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i.Br.*: 75+40 S., 2 Beil. – [unveröff.].
- Dimas, J.G.D. (1999b): Profile des Thüringiums aus dem Mittleren Schwarzwald. – *Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg i.Br.*, 88/89: 223–248; Freiburg.
- Disler, C. (1912): Geologische Skizze von Rheinfeldern. – *Jber. Mitt. Oberrh. geol. Ver.*, N. F. 2 (2): 19–34; Stuttgart.
- Disler, C. (1914): Stratigraphie und Tektonik des Rotliegenden und der Trias beiderseits des Rheines zwischen Rheinfeldern und Augst. – *Verh. naturforsch. Ges. Basel*, 25: 96 S., 2 Taf.; Basel.
- Dittrich, D. (2017): Marine Signale im Buntsandstein der Trier-Luxemburger Bucht? Teil I: Auffällige Horizonte und besondere Faziesmerkmale. – *Mainzer Geowiss. Mitt.*, 45: 7–92; Mainz.
- Dittrich, D. (2020): Marine Signale im Buntsandstein der Trier-Luxemburger Bucht? Teil IV: Sequenz-

- stratigraphische Gesamtausdeutung. – Mainzer Geowiss. Mitt., 48: 85–184; Mainz.
- Dohrenwend, J.C. & Parsons, A.J. (2009): Pediments in Arid Environments. – In: Parsons, A.J. & Abrahams, A.D. (eds.): *Geomorphology of Desert Environments*: 377–411; Berlin (Springer).
- Doubinger, J. & Bühhmann, D. (1981): Röt bei Borken und bei Schlüchtern (Hessen, Deutschland), Palynologie und Tonmineralogie. – *Z. dt. geol. Ges.*, 132: 421–449; Hannover.
- Drach, V. v. (1973): Das Rotmurgtal. – Dipl.-Kart. Geol. Inst. Univ. Heidelberg: 52 S., 4 Taf., 1 Kt. – [unveröff.] (Bl. 7415)
- DSK (2013): Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein*. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 657 S.; Hannover.
- Durand, M. (1978): Paléocourants et reconstitution paléogéographique. L'exemple du Buntsandstein des Vosges méridionales (Trias inférieur et moyen continental). – *Sci. de la Terre*, 22: 301–390; Nancy.
- Durand, M. (2013): Der Buntsandstein in Nordost-Frankreich. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 635–646; Hannover.
- Durand, M. & Meyer, R. (1982): Silifications (silcrêtes) et évaporites dans la zone-limite violette du Trias inférieur lorrain. Comparaison avec le Buntsandstein de Provence et le Permien des Vosges. – *Sci. Géol. Bull.*, 35: 17–39; Strasbourg.
- Düringer, P., Aichholzer, C., Orciani, S. & Genter, A. (2019): The complete lithostratigraphic section of the geothermal wells in Rittershoffen (Upper Rhine Graben, eastern France): a key for future geothermal wells. – *BSGF - Earth Sciences Bulletin*, 190 (E13): 23 p.; Internet (<https://www.bsgf.fr>). – [doi: 10.1051/bsgf/2019012]
- Eberle, J., Eitel, B., Blümel, W.D. & Wittmann, P. (2007): Deutschlands Süden vom Erdmittelalter zur Gegenwart. – 188 S.; Berlin (Springer).
- Eck, H. (1875): Über die Umgebung von Oppenau. – *Jb. Mineral. Geol. Paläont.*, 1875: 70–72; Stuttgart.
- Eck, H. (1882a): Geognostische Karte der Umgebung von Lahr 1:25 000. – 1 Kt.; Lahr (Schauenburg).
- Eck, H. (1882b): [Briefl. Mitt. über diskordante Auflagerung von Buntsandstein auf Rotliegendem]. – *N. Jb. Mineral. Geol. Palaeont.*, 1882: 100; Stuttgart.
- Eck, H. (1883): Vorläufige Notiz über die den Theilnehmern an der 16. Versammlung des Oberrheinischen Geologischen Vereins vom Gemeinderath der Stadt Lahr dargebotene geognostische Karte der Gegend von Lahr mit Profilen. – *Ber. Vers. Oberrh. Geol. Ver.*, 16: 17–31; Stuttgart.
- Eck, H. (1884a): Geognostische Karte der Umgebung von Lahr [1:25 000] mit Profilen und Erläuterungen. – 113 S., 1 Beil., 1 Kt.; Lahr (Schauenburg). – [Karte und Profiltafel von 1882]
- Eck, H. (1884b): Zur Gliederung des Buntsandsteins im Odenwalde. – *Z. dt. geol. Ges.*, 36: 161–168; Berlin.
- Eck, H. (1884c): Geognostische Karte der weiteren Umgebung der Schwarzwaldbahn (Gegenden von Haslach, Wolfach, Schiltach, Schramberg, Königsfeld, St. Georgen, Triberg, Hornberg, Elzach) 1:50 000. – 1 Kt.; Lahr (Schauenburg).
- Eck, H. (1885a): Geognostische Karte der weiteren Umgebungen der Renchbäder (Gegenden von Oberkirch, Oppenau, Allerheiligen, Antogast, Griesbach, Petersthal, Rippoldsau, Schapbach, Gengenbach, Offenburg) 1:50 000. – 1 Kt.; Lahr (Schauenburg).
- Eck, H. (1885b): Geognostische Karte der Gegend von Ottenhöfen (Umgebungen von Bühlertal, Erlenbad, Ottenhöfen, der Hornsgrinde u.s.w.) 1 : 50 000. – 1 Kt.; Lahr (Schauenburg).
- Eck, H. (1886/87): Geognostische Übersichtskarte des Schwarzwalds 1 : 200 000. – 2 Bl.; Lahr (Schauenburg).
- Eck, H. (1890): Verzeichnis der mineralogischen, geognostischen, urgeschichtlichen und balneographischen Literatur von Baden, Württemberg, Hohenzollern und einigen angrenzenden Gegenden. – *Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst.*, 1: 1288 S.; Heidelberg.
- Eck, H. (1892): Geognostische Beschreibung der Gegend von Baden-Baden, Rothenfels, Gernsbach und Herrenalb. – *Abh. Kgl. Preuss. Geol. Landesanst.*, N. F. 6: 686 S., 1 Kt.; Berlin.
- Eck, H. (1893): Verzeichnis der mineralogischen, geognostischen, ur-(vor-)geschichtlichen und balneographischen Literatur von Baden, Württemberg, Hohenzollern und einigen angrenzenden Gegenden, Nachträge und 1ste Fortsetzung. – *Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst.*, 1 (1. Ergänzung): 303 S.; Heidelberg.
- Eck, H. (1898): Verzeichnis der mineralogischen, geognostischen, ur-(vor-)geschichtlichen und balneographischen Literatur von Baden, Württemberg, Hohenzollern und einigen angrenzenden Gegenden, Nachträge und 2te Fortsetzung. – *Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst.*, 1 (2. Ergänzung): 452 S.; Heidelberg.
- Eck, H. (1901): Verzeichnis der mineralogischen, geognostischen, ur-(vor-)geschichtlichen und balneographischen Literatur von Baden, Württemberg, Hohenzollern und einigen angrenzenden Gegenden, 3. Ergänzung zum 1. Bande. – *Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst.*, 1 (3. Ergänzung): 141 S.; Heidelberg.
- Edel, J.-B. & Schneider, J.L. (1995): The Late Carboniferous to Early Triassic geodynamic evolution of Variscan Europe in the light of magnetic overprints in Early Permian rhyolites from the northern Vosges (France) and central Black Forest (Germany). – *Geophys. J. Int.*, 122: 858–876; Oxford.
- Edinger, T. (1937): *Capitosaurus*-Gaumen und Unterkiefer aus süddeutschem Haupt-Buntsandstein. – *Senckenbergiana*, 19: 181–192; Frankfurt a. M.



- Eisbacher, G.H. & Fielitz, W. (2010): Karlsruhe und seine Region: Nordschwarzwald, Kraichgau, Neckartal, Oberrhein-Graben, Pfälzerwald und westliche Schwäbische Alb. – Slg. Geol. Führer, 103: 342 p.; Stuttgart (Borntraeger).
- Eisenlohr, H. (2004): Sedimentstrukturen im Buntsandstein des Schwarzwaldes und der Vogesen und deren Deutung. – Aufschluss, 55: 129–140; Heidelberg.
- Eisenlohr, H. (2007): Der Fund eines Schachtelhalmes im Buntsandstein der Lahr-Emmendinger Vorbergzone des Schwarzwaldes. – Aufschluss, 58: 21–25; Heidelberg.
- Eisenlohr, H. (2010): Fossile Windkanter aus dem Buntsandstein des Schwarzwaldes und der Vogesen. – Aufschluss, 61: 139–146; Heidelberg.
- Eissele, K. (1955): Sedimentpetrographische Untersuchungen am Buntsandstein des Nordschwarzwaldes. – Diss. TH Stuttgart: 89 S., 14 Tab., 21 Abb. – [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.
- Eissele, K. (1967): Zur Hydrogeologie der Buntsandstein-Tiefenwässer am Schwarzwald-Ostrand. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 9: 69–67; Freiburg i. Br.
- Eissele, K. & Link, G. (1968): Schichtdeformationen im Buntsandstein des nördlichen Schwarzwaldes. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 10: 157–173, Taf. 6; Freiburg i. Br.
- Eissele, K. & Link, G. (1981): Gebirgsdurchlässigkeit im Nordschwarzwälder Buntsandstein und ihre Verminderung durch Injektionen, dargestellt am Beispiel der Nagoldtalsperre Erzgrube. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 22: 59–97, Taf. 1; Freiburg i. Br.
- Eitel, B. (1989): Morphogenese im südlichen Kraichgau unter besonderer Berücksichtigung tertiärer und pleistozäner Decksedimente. – Stuttgarter geograph. Schriften, 111: 205 S., 5 Kt.; Stuttgart.
- Elie de Beaumont, L. (1827/1828): Observations géologiques sur les différentes formations qui, dans le système des Vosges, séparent la formation houillère de celle du Lias (Terrains secondaires du système des Vosges), I / II. – Annales des Mines, (2) 1: 393–468; (2) 4: 3–82; Paris. – [Titel als Sonderdruck: Mémoire sur les différentes formations qui, dans les Vosges, séparent la formation houillère de celle des Lias]
- Eltgen, H. (1965): Zur Kenntnis des Röt und Wellengebirges im Raume Ingelfingen (Hohenlohe). – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 7: 97–122; Freiburg i. Br.
- Engel, T. (1883): Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. – 326 S., 6 Taf., 1 Kt.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Engel, T. (1891): [Notiz über ‚Wellenschläge‘]. – Aus der Heimat, 4 (2): 33–34; Öhringen. – [Bezug auf Abbildung auf 3. Umschlagseite in Heft 1: Wellenrippen im Buntsandstein von Freudenstadt]
- Engel, T. (1896): Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. – 468 S., 6 Taf., 1 Kt.; Stuttgart (Schweizerbart). – [2. Aufl.]
- Engel, T. (1908): Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. – 645 S., 6 Taf., 1 Kt., 5 Beil.; Stuttgart (Schweizerbart). – [3. Aufl.]
- Engel, T. (1911): Geologischer Exkursionsführer durch Württemberg. – 182 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Erb, L. (1928) mit Beitr. v. Schnarrenberger, C., Reis, O.M. & Schuster, M.: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Baden, Blatt Nassig (Nr. 2) und Blatt Wertheim (Nr. 3). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 2 & 3: 46 S.; Freiburg i. Br. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6222 Stadtprozelten und 6223 Wertheim; Stuttgart]
- Ewald, R. (1920): Über eine triadische Schichtenstörung bei Eberbach. – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. 9: 18–19; Stuttgart.
- Ewald, R. (1920): Schichtung und Bankung des Buntsandsteins in ihrer Bedeutung für seine Stratigraphie und Palaeogeographie. – Der Steinbruch, 15: 114ff; Berlin.
- Falkenstein, F. (1991): Saurier beim Waldhaus. Über die ältesten Fossilien im Landkreis Waldshut. – Heimat am Hochrhein (Jb. Landkrs. Waldshut), 16: 70–78.; Waldshut.
- Falkenstein, F. (1994): Ein sensationeller Saurierfund. – Heimat am Hochrhein (Jb. Landkrs. Waldshut), 19: 104–109; Waldshut.
- Falkenstein, F. (2001): Ganz schön bunt, der Buntsandstein in der Umgebung von Waldshut am südöstlichen Schwarzwaldrand. – Aufschluss, 50: 227–242; Heidelberg.
- Falkenstein, F. (2010): Ein bislang unbekanntes Mineral- und Fossilvorkommen im Porphy-Steinbruch bei Detzeln, im südöstlichen Schwarzwald. – Aufschluss, 61: 157–174; Heidelberg.
- Falkenstein, F. & Koerner, U. (1989): Hanggrutschrisiken, Buntsandsteinstratigraphie und alter Mühlsteinbergbau bei Waldshut (Exkursion A am 28. März 1989). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 71: 19–26; Stuttgart.
- Falkenstein, F. & Krämer, F. (1990): Radiometrische Profilaufnahmen von Buntsandsteinaufschlüssen im Raum Waldshut, Südschwarzwald. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. 72, 291–302; Stuttgart.
- FAO (1998): World reference base of soil resources. – 88 p.; Rom (FAO/UN).
- Federer, O. (1969): Beitrag zur Morphologie und Tektonik des unteren Kinzigtales. – Diss. Univ. Freiburg i. Br.: 283 S. – [unveröff.].
- Feist-Burkhardt, S., Götz, A.E., Szulc, J., Borkhartaria, R., Geluk, M., Haas, J., Hornung, J., Jordan, P., Kempf, O., Michalík, J., Mawrocki, 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: 749–821; London (Geol. Soc.).
- Feldhoff, R.A. (1994): Beiheft zu Blatt 7414 Oberkirch (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 7414: 14 S.; Freiburg i.Br.
- Feldhoff, R.A. & Fleck, W. (1995): Beiheft zu Blatt 7314 Bühl (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 7314: 25 S.; Freiburg i.Br.
- Feldhoff, R.A., Fleck, W. & Hummel, P. (1993): Beiheft zu Blatt 7115 Rastatt (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 7115: 25 S.; Freiburg i.Br.
- Fels, A., Brunner, H., Engesser, W. & Simon, T. (2003): Steinsalz im Oberen Rötton des Baulands. – Jh. Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau, 39: 7–23; Freiburg i.Br.
- Filomena, C.M. (2012): High-Resolution Ultrasonic Logging of Sandstones: Applications to stratigraphy, reservoir characterization, and dimension stone quality evaluation. – Diss. Univ. Erlangen-Nürnberg: 119 S.
- Filomena, C.M. & Stollhofen, H. (2008): Paleosols of the German Permo-Triassic: petrographic changes across unconformities. – Poster Geo2008, Aachen Sept. 29 – Oct. 2, Abstr. in Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 60: 254; Stuttgart.
- Filomena, C.M. & Stollhofen, H. (2011): Ultrasonic logging across unconformities – outcrop and core logger sonic patterns of the Early Triassic Middle Buntsandstein Hardegsen unconformity, southern Germany. – Sedim. Geol., 236:185–196; Amsterdam.
- Fischer, H. (1857): *Sclerosaurus armatus* Myr., eine neue Saurier-Gattung aus dem Bunten Sandstein bei Warmbach gegenüber Rheinfelden. – N. Jb. Mineral. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1857: 136–140; Stuttgart.
- Fleck, W. & Kessler, G. (2000): Beiheft zu Blatt 7513 Offenburg (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 7513: 98 S.; Freiburg i.Br.
- Flick, H. & Simon, W. (1978): Trockenrisse im Mittleren Buntsandstein bei Hirschhorn am Neckar. – Aufschluss, 29: 397–400; Heidelberg.
- Flick, H. & Schweizer, V. (1980): Beobachtungen an Lebensspuren aus dem Buntsandstein des Neckartales. – Aufschluss, 31: 229–234; Heidelberg.
- Flum, W. (1933): Bau und Stratigraphie der Vorberge zwischen Lahr und Ettenheim. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br., 32: 145–207; Freiburg i.Br.
- Forche, F. (1935): Stratigraphie und Paläogeographie des Buntsandsteins im Umkreis der Vogesen. – Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, 15: 15–55; Hamburg.
- Förster, R. (1967): Die reptanten Dekapoden der Trias. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 128: 136–194; Stuttgart.
- Fraas, E. (1889): Labyrinthodonten aus der schwäbischen Trias. – Palaeontographica, 36: 158 S.; Stuttgart.
- Fraas, E. (1894): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Freudenstadt mit den Umgebungen von Freudenstadt, Dornstetten, Dornhan, Sulz und Alpirsbach (2. Aufl.). – 39 S.; Stuttgart (Kgl. Stat. Landesamt).
- Fraas, E. (1892a): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblätter Neckarsulm, Öhringen und Ober-Kessach. Kgl. Stat. – 25 S., 1 Taf.; Stuttgart (Kgl. Stat. Landesamt).
- Fraas, E. (1892b): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblätter Mergentheim, Niederstetten, Künzelsau und Kirchberg. – 27 S.; Stuttgart (Kgl. Stat. Landesamt).
- Fraas, E. (1897): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Liebenzell mit den Umgebungen von Liebenzell, Hirschau, Weil der Stadt, Heimsheim, Mönsheim und Pforzheim (2. Aufl.). – 30 S.; Stuttgart (Kgl. Stat. Landesamt).
- Fraas, E. (1899): Die Bildung der germanischen Trias, eine petrogenetische Studie. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 55: 36–100; Stuttgart.
- Fraas, E. (1901): Labyrinthodonten aus dem Buntsandstein von Teinach. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 57: 318–320; Stuttgart.
- Fraas, E. (1904): *Ceratodus priscus* E. Fraas aus dem Hauptbuntsandstein. – Ber. Vers. oberrhein. geol. Ver., 37: 30–32; Stuttgart.
- Fraas, E. (1910): Der Petrefaktensammler. – 249 S.; Stuttgart (Lutz).
- Fraas, E. (1913): Neue Labyrinthodonten aus der schwäbischen Trias. – Palaeontographica, 60: 275–294; Stuttgart.
- Fraas, E. (1914): Das Bohrloch von Erlenbach bei Heilbronn. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 70: 37–42; Stuttgart.
- Fraas, O. (1859): Vergleichendes Schichtenprofil in den Bohrlöchern Dürrmenz-Mühlacker und Ingelfingen. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 15: 329–345; Stuttgart.
- Fraas, O. (1860): Die nutzbaren Minerale Württembergs. – 208 S.; Stuttgart (Ebner & Seubert).
- Fraas, O. (1863): Geognostische Beschreibung des Landes. – In: Kgl. Stat.-Topogr. Bureau (Hrsg.): Das Königreich Württemberg. Eine Beschreibung von Land, Volk und Staat: 215–258; Stuttgart (Nitzschke).
- Fraas, O. (1882a): Geognostische Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern. – XX-XIV+217 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Fraas, O. (1882b): Geognostische Beschreibung des Landes. – In: Königlich statistisch-topographisches Bureau (Hrsg.): Das Königreich Württemberg. Eine Beschreibung von Land, Volk und Staat, Erster Band: 353–442; Stuttgart (Kohlhammer).
- Fraas, O. (1883): Die geognostische Profilierung der württembergischen Eisenbahnlinien. Erste Lief-



- rung: I. Die Hauptbahn von Stuttgart nach Ulm.
 II. Die Schwarzwaldbahn von Zuffenhausen nach
 Calw. – 16 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bu-
 reau).
- Frank, M. (1929): Über die Verwandtschaftsverhält-
 nisse der germanischen Triasmyophorien. – Cbl.
 Mineral. Geol. Paläont., B 1929: 558–577; Stutt-
 gart.
- Frank, M. (1930): Begleitworte zur geognostischen
 Spezialkarte von Württemberg, Atlasblatt Künzel-
 sau mit der Umgebung von Niedernhall, Ingelfin-
 gen, Geislingen a. K., Waldenburg und Kupferzell
 (2. Aufl.). – 70 S.; Stuttgart (Württ. Stat. Landes-
 amt).
- Frank, M. (1931): Marine Straßen und Faunenwan-
 derwege in Süddeutschland zur Triaszeit. – Geol.
 Rdsch., 22: 1–11; Stuttgart.
- Frank, M. (1934): Erläuterungen zu Blatt Neuenbürg
 (Nr. 53). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 53: 154
 S., 1 Beil.; Stuttgart. – [Nachdruck 1963, 1982:
 Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7117 Bir-
 kenfeld; Stuttgart].
- Frank, M. (1936a): Erläuterungen zu Blatt Loffenau
 (Nr. 65). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 65: 162
 S., 1 Beil.; Stuttgart. – [Nachdruck 1967, 1982,
 1994: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7216
 Gernsbach; Stuttgart].
- Frank, M. (1936b): Der Faziescharakter der Schicht-
 grenzen der süddeutschen und kalkalpinen Trias.
 – Zbl. Mineral. Geol. Paläont., B 1936: 475–502;
 Stuttgart. – [Mitt. Mineral.-Geol. Inst. TH Stuttgart
 29]
- Frank, M. (1936c): Die Bedeutung der Nordschwarz-
 wälder Granitmasse für die Paläogeographie und
 die Landschaftsgeschichte des Gebietes. – Jber.
 Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. 25: 57–75, 1 Beil.;
 Stuttgart. – [Mitt. Mineral.-Geol. Inst. TH Stuttgart
 Nr. 27]
- Frank, M. (1937a): Paläogeographischer Atlas von
 Südwestdeutschland. – Mitt. Geol. Abt. Württ.
 Stat. Landesamt, 17: 111 S.; Stuttgart (Klett).
- Frank, M. (1937b): Ergebnisse neuer Untersu-
 chungen über Fazies und Bildung von Trias und
 Jura in Südwest-Deutschland, I Trias. – Geol.
 Rdsch., 28: 465–498; Stuttgart. – [Mitt. Mineral.-
 Geol. Inst. TH Stuttgart 32]
- Frank, M. (1938): Die hydrologischen Verhältnisse
 im Eyachtal zwischen Wildbad und Herrenalb. –
 Mitt. Geol. Abt. Württ. Stat. Landesamt, 18: 64 S.,
 1 Beil.; Stuttgart (Klett).
- Frank, M. (1940): Die älteste geognostische Karte
 Württembergs (Zur Geschichte der württember-
 gischen Landesaufnahme). – Württ. Jb. Stat.
 Landesamt, 1938/39: 53–59; Stuttgart.
- Frank, M. (1941a): Die Liebenzeller Thermen im
 württembergischen Schwarzwald (Hydrologie
 und Chemismus). – Mitt. Reichsst. Bodenforsch.
 Zweigst. Stuttgart (ehem. Mitt. Geol. Abt. Württ.
 Stat. Landesamt), 19: 53 S., 2 Beil.; Stuttgart
 (Klett).
- Frank, M. (1941b): Die Teinacher Mineralquellen im
 württembergischen Schwarzwald (Hydrologie
 und Chemismus). – Mitt. Reichsst. Bodenforsch.
 Zweigst. Stuttgart (ehem. Mitt. Geol. Abt. Württ.
 Stat. Landesamt), 20: 51 S., 5 Beil.; Stuttgart
 (Klett).
- Frank, M. (1951): Der Wasserschatz im Gesteins-
 körper Württembergs. – 252 S., 2 Beil.; Stuttgart
 (Schweizerbart).
- Frank, M. (1952): Die Mineralwässer von Bad Ingel-
 fingen im Kochertal (Hydrologie und Chemis-
 mus). – Jh. Geol. Abt. Württ. Stat. Landesamtes,
 2: 39–66; Stuttgart. [mit Bohrprofil]
- Frantzen, W. (1883): Ueber Chirotherium-Sandstein
 und die carneolführenden Schichten des Bunt-
 sandsteins. – Jb. kgl. preuß. geol. Landesanst. u.
 Bergakad., 4 (1883): 347–382; Berlin.
- Frantzen, W. (1893): Untersuchungen über die Dia-
 gonalstruktur verschiedener Schichten mit Rück-
 sicht auf die Entstehung derselben im Bunt-
 sandstein und über die Bewegungen zwischen
 Landfeste und Meer zur Zeit der Ablagerung
 des Buntsandsteins und des Muschelkalks in
 Deutschland. – Jb. kgl. preuß. geol. Landesanst.,
 13 (1892): 138–176; Berlin.
- Franz, M. (2023): Die Trias des Wutachgebiets zwi-
 schen Schattenmühle und Wutachmühle (Ex-
 kursion H am 15. September 2023). – Jber. Mitt.
 oberrhein. geol. Ver., N. F. 105: 169–190; Stutt-
 gart.
- Franz, M. & Bock, H. (2005): Die Schichtenfolge des
 Buntsandsteins in der Bohrung GWM 7 Biswurm
 bei Villingen-Schwenningen. – LGRB-Informatio-
 nen, 17: 125–135; Freiburg i. Br.
- Franz, M. & Münzing, K. (2004): Erläuterungen zum
 Blatt 7917 Villingen-Schwenningen Ost (6. Aufl.).
 – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 7917:
 199 S.; Freiburg i. Br.
- Franz, M., Nitsch, E. & Simon, T. (2014): Das meso-
 zoische Deckgebirge der Geothermiebohrungen
 Urach 1, 3 und 4 (Baden-Württemberg). – LGRB-
 Informationen, 29: 11–47; Freiburg i. Br.
- Franzen, J. (1963): Geologie der Umgebung von
 Mariazell (Nordost-Abschnitt von Blatt 7816 Kö-
 nigsfeld/Baden). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ.
 Freiburg i. Br.: 100 S., 2 Beil. – [unveröff.].
- Fraser, N. C. & Rieppel, O. (2006): A new protorosaur
 (Diapsida) from the Upper Buntsandstein of the
 Black Forest, Germany. – J. Vertebrate Paleont.,
 26: 866–871; Philadelphia, PA.
- Frech, F. (Hrsg., 1903–1908): Trias. – Lethaea geo-
 gnostica, Teil 2: Das Mesozoicum, Band 1: 623
 S., 68 Taf., 1 Kt.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Freising, H. (1952): Schrifttum zur Mineralogie, Ge-
 ologie und Paläontologie der ehemaligen Länder
 Württemberg und Hohenzollern 1945–1950. – Jh.
 Geol. Abt. Württ. Stat. Landesamt, 2: 180–219;
 Stuttgart.
- Frentzen, K. (1914): Die Flora des Buntsandsteins in
 Baden. – Mitt. Bad. Geol. Landesanst., 8 (1920):
 63–162, Taf. X–XXIII; Freiburg i. Br.
- Frentzen, K. (1924): *Ceratodus palaeoruncinatus* n.
 sp. aus dem oberen Buntsandstein der Gegend

- von Durlach in Baden. Centralbl. Mineral. Geol. Paläont., 1924: 216–220; Stuttgart.
- Frentzen, K. (1930/31): Die wichtigsten Fundstellen fossiler Pflanzen in Baden und die Entstehung ihrer pflanzenführenden Schichten. – Bad. Geol. Abh., 2: 73–82, 97–109; 3: 41–65; Karlsruhe.
- Frentzen, K. (1931): Die Bildungsgeschichte des oberen Buntsandsteins Südwestdeutschlands im Lichte der Paläontologie. – Z. dt. geol. Ges., 83: 517–541; Berlin.
- Frentzen, K. & Hoffmann, K. (1937): Paläontologische Notizen aus den badischen Landessammlungen für Naturkunde, Karlsruhe i.B. – Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschland, 2: 100–120, Taf. 8; Karlsruhe.
- Freudenberger, W. (1981): Erläuterungen zu einer geologischen Kartierung auf dem Blatt 6223 Wertheim der topographischen Karte 1 : 25 000. – Diplomarb. Univ. Würzburg: 192 S., 2 Kt. – [unveröff.]
- Freudenberger, W. (1990) mit Beitr. v. Müller, S.: Erläuterungen zu Blatt 6223 Wertheim [3. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6223: 147 S., 8 Taf., 7 Beil.; Stuttgart.
- Freudenberger, W. (1996): Trias. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500.000 (4. Aufl.): 65–89; München (Bayer. Geol. LA).
- Freudenberger, W., Friedlein, V. & Schulze, M. (2016): Die Forschungsbohrung Neuenbuch 1 bei Stadtprozelten / Unterfranken. – Geol. Bavarica, 114: 9–40; München.
- Freudenberger, W., Geyer, G. & Schröder, B. (2013): Der Buntsandstein im nördlichen Bayern (nordwestliches Franken, Bruchschollenland und Randfazies im Untergrund). – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 547–582; Hannover.
- Frey, E., Giersch, S. & Munk, W. (2009): *Durlachia striata* gen. nov., spec. nov., a new beetle (Coleoptera) from the Upper Buntsandstein (German Lower Triassic) from Karlsruhe. – Caroleinea, 67: 5–12; Karlsruhe.
- Fryberger, S., Schenk, C.J. & Krystinik, L.F. (1988): Stokes surfaces and the effects of near-surface groundwater-table on Aeolian deposition. – Sedimentology, 35: 21–41; Oxford.
- Freytet, P. & Plaziat, J.-C. (1982): Continental carbonate sedimentation and pedogenesis – Late Cretaceous and Early Tertiary of southern France. – Contr. Sedim., 12: 213 p.; Stuttgart.
- Friedlein, V. (2016): Kleinzyklengliederung und Formationsgrenzen der Forschungsbohrung Neuenbuch 1. – Geol. Bavarica, 114: 41–57; München.
- Friedlein, V. & Geyer, G. (2020): Lithostratigraphie der Grafenwöhr-Formation. – Schriftenr. Dt. Geol. Ges., 91: 606–620; Stuttgart.
- Füchtbauer, H. (1967): Der Einfluss des Ablagerungsmilieus auf die Sandstein-Diagenese im Mittleren Buntsandstein. – Sedim. Geol., 1: 159–179; Amsterdam.
- Füchtbauer, H. (1974): Zur Diagenese fluviatiler Sandsteine. – Geol. Rdsch., 63: 904–925; Stuttgart.
- Füchtbauer, H. (1988): Sandsteine. – In: Füchtbauer, H. (Hrsg.): Sediment und Sedimentgesteine [4. Aufl.]: 97–184; Stuttgart (Schweizerbart).
- Gall, J.-C. (1971): Faunes et paysages du Grès à Voltzia du Nord des Vosges: Essai paléoécologique sur le Buntsandstein supérieur. – Mém. Serv. Carte Géol. d'Alsace et de Lorraine, 34:318p.; Strasbourg.
- Gardener, R.A.M. (1981): Reddening of dune sands – Evidence from southeast India. – Earth Surface Processes and Landforms, 6: 459–468; Oxford.
- Gardener, R. (1983): Reddening of tropical coastal dune sands. – In: Wilson, R.C.L. (ed.): Residual Deposits: Surface Related Weathering Processes and Materials. – Spec. Publ. Geol. Soc. London, 11: 103–115; Oxford (Blackwell).
- Gebhardt, U. (2014): Das Permokarbon der Bohrung Urach 3 (Baden-Württemberg). – LGRB-Informationen, 29: 49–111; Freiburg i.Br.
- Gehenn, R. (1959): Bemerkenswerte und reiche Fisch- und Arthropodenfunde im Oberen Buntsandstein Süddeutschlands (rechtsrheinisch). – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1959: 521–522; Stuttgart.
- Gehenn, R. (1962): Feinstratigraphische Untersuchungen im Oberen Buntsandstein der Kraichgau-Umrandung. – Diss. Univ. Heidelberg: Bd. 1: 99 S., Bd. 2 (Anhang): 123 S.; Heidelberg. – [unveröff.]
- Gehlig, R. (2002): Zur Geologie und Erdgeschichte von Niefern-Öschelbronn: die Polarität von Kiesel und Kalk. – 127 S.; Niefern-Öschelbronn (Tycho-Brahe-Verl.). – [ISBN: 3-926347-24-4]
- Genser, H. (1959): Stratigraphie und Tektonik der Vorbergzone am südwestlichen Schwarzwaldrand zwischen Staufen und Badenweiler. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br., 49: 59–112, 1 Taf.; Freiburg i.Br.
- GeORG-Projektteam (2013): Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben, Fachlich-Technischer Abschlussbericht des Interreg-Projekts GeORG, Teil 1: Ziele und Ergebnisse des Projekts (Zusammenfassung). – LGRB-Informationen, 28: 103 S.; Freiburg i.Br. – Internet (<https://www.geopotenziale.eu>).
- Geothermische Synthese (1979): Walgenwitz, F., Maiget, P., Tietze, R. & Neeb, I. (Bearb.): Synthèse Géothermique du Fossé Rhénan Supérieur/Geothermische Synthese des Oberrheingrabens (Bestandsaufnahme). – 51 S., 23 Beil.; Strasbourg (BRGM) & Freiburg (GLA Baden-Württ.).
- Geothermische Synthese (1981): Nägele, R. & Tietze, R. (Bearb.): Geothermische Synthese des Oberrheingrabens zwischen Karlsruhe und Mannheim (Anteil Baden-Württemberg). – 150 S., 14 Beil.; Freiburg (GLA Baden-Württ.).
- Geyer, G. (2002): Geologie von Unterfranken und angrenzenden Regionen. – 588 S.; Stuttgart (Klett-Perthes).
- Geyer, M., Nitsch, E. & Simon, T. (2023): Geologie von Baden-Württemberg [6. Aufl.]. – 638 S.; Stuttgart (Schweizerbart).



- Geyer, O.F., Schober, T. & Geyer, M. (2003): Die Hochrhein-Regionen zwischen Bodensee und Basel. – Slg. geol. Führer, 94: XI+526 S.; Stuttgart (Borntraeger).
- Gianolla, P. & Jacquin, T. (1998): Triassic sequence stratigraphic framework of Western European Basins. – SEPM Spec. Publ., 60: 643–650; Tulsa, OK.
- Giebel, C. G. A. (1848): Gaea excursoria germanica. Deutschlands Geologie, Geognosie und Paläontologie als unentbehrlicher Leitfaden auf Excursionen und beim Selbststudium. – 510 S., 24 Taf.; Leipzig (Kummer).
- Giebel, C. G. A. (1856): Die Versteinerungen im Muschelkalk von Lieskau bei Halle. – Abh. Naturwiss. Ver. Prov. Sachsen u. Thüringen in Halle, 1: 55–123, 1 Tab., 7 Taf.; Berlin. – [S. 62: angebl. *Ostrea decemcostata* im Buntsandstein von Teinach]
- GLA (1995): Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.) (1995): Symbolschlüssel Geologie (Teil 1) und Bodenkunde Baden-Württemberg (1995). – GLA-Informationen, 5: 68 S.; Freiburg i. Br.
- Glaser, J. (1912): Geologische Untersuchung der Emmendinger Vorberge. Südlicher Teil. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 7 (1914): 85–146, Taf. V; Heidelberg. – [Sonderdr. 1912, Gesamtband 1914]
- Gleiter, M. (1992): Versteinerte Fährten auf dem Hollmuth. – Neckargemünder Jb., 4: 60–67, Neckargemünd.
- Göhringer, A. (1925): Geologische Exkursionen in der näheren und weiteren Umgebung von Karlsruhe. – 262 S.; Karlsruhe (Boltze).
- Göhringer, A. (1936): Heimatkundlich-geologische Beobachtungen auf dem Schwarzwaldhöhenweg-West (I) von Pforzheim bis Basel, mit einer Einführung in die Geologie der drei Höhenwege. – In: Schneiderhöhn, H. (Hrsg.): Geologisch-geographische Wanderungen im Schwarzwald, 2: 202 S.; Bühl (Konkordia).
- Golonka, J. & Ford, D. (2000): Pangean (Late Carboniferous – Middle Jurassic) paleoenvironment and lithofacies. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 161: 1–34; Amsterdam.
- Golonka, J., Ross, M.I. & Scotese, C.R. (1994): Phanerozoic paleogeographic and paleoclimatic modeling maps. – Canadian Soc. Petrol. Geol. Mem., 17: 1–14; Calgary.
- Goerttler, K. (2002): Über Kugelsandstein. Vorkommen, Entstehung und Herkunft. – Aufschluss, 53: 103–108; Heidelberg.
- Graeff, F. (1889): Die Mineralien der Drusenräume in dem Buntsandstein von Waldshut (Baden). – Z. Krystallogr. Mineral., 15: 376–386; Leipzig.
- Grauvogel-Stamm, L. & Ash, S.R. (2005): Recovery of the Triassic land flora from the end-Permian life crisis. – C.R. Palevol, 4: 593–608; Amsterdam.
- Griese, H. (1986): Geologische Kartierung am Dinkelberg / Hochrhein, Bl. 8312 Schopfheim (SW-Quadrant). – Diplomkartierung Geol. Paläont. Inst. Univ. Heidelberg: 68 S., 4 Anl. – [unveröff.]
- Groschopf, R. & Feldhoff, R.A. (1997a): Beiheft zu Blatt 8314 Görwihl (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8314: 14 S.; Freiburg i. Br.
- Groschopf, R. & Feldhoff, R.A. (1997b): Beiheft zu Blatt 8414 Laufenburg Baden (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8414: 24 S.; Freiburg i. Br.
- Groschopf, R. & Schreiner, A. (1996) mit Beitr. v. Kilger, B.M. & Wirsing, G.: Erläuterungen zu Blatt 7913 Freiburg i.Br.-NO [2. erg. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7913: 130 S., 4 Taf., 5 Beil.; Stuttgart. – [1. Aufl. 1980]
- Groschopf, R., Kessler, G., Leiber, J., Maus, H., Ohmert, W., Schreiner, A. & Wimmenauer, W. (1996) mit Beitr. v. Albiez, G., Hüttner, R. & Wendt, O.: Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 50 000, Erläuterungen zum Blatt Freiburg i.Br. und Umgebung. – 364 S., 7 Taf., 1 Beil.; Freiburg (GLA). – [3. Aufl.]
- Grupe, O. (1926): Voltziensandstein, Chirotherien-sandstein und Bausandstein und ihre stratigraphische Stellung innerhalb der Buntsandsteinformation. – Cbl. Mineral. Geol. Paläont., B 1926: 129–145; Stuttgart.
- Grupe, O. (1927): Der „fränkische Chirotheriensandstein“ und die Frage der Abgrenzung von Oberem und mittlerem Buntsandstein. – Z. dt. geol. Ges., Mber., 79: 156–163; Berlin.
- Guenther, E. (1935): Der geologische Aufbau der Freiburger Bucht. – Bad. Geol. Abh., 7: 10–64; Karlsruhe.
- Guenther, E. (1938): Der geologische Bau der Vorbergzone im Breisgau zwischen Staufen und dem Schönberg. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br., 36: 59–81; Freiburg.
- Guenther, E.W. (1949): Tektonik und Morphologie des Rheintalabbruches südlich von Freiburg i.Br. – Mitteilungsbl. Bad. Geol. Landesanst., 1949: 66–68; Freiburg i.Br.
- Gümbel, C.W. (1866): Die geognostischen Verhältnisse des fränkischen Triasgebiets. – Bavaria. Landes- und Volkskunde des Königreichs Bayern, 4 (1): 3–77; München (Straub).
- Gümbel, C.W. (1867): Die geognostischen Verhältnisse [der Rheinpfalz]. – Bavaria. Landes- und Volkskunde des Königreichs Bayern, 4 (2): 3–61; München (Straub).
- Günther, D. (2010): Der Schwarzwald und seine Umgebung. Geologie – Mineralogie – Bergbau – Umwelt und Geotourismus. – Slg. Geol. Führer, 102: 306 S.; Stuttgart (Borntraeger).
- Günzburger, O. (1936): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Baden, Blatt Hardheim (Nr. 8). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 8: 44 S., 1 Beil.; Freiburg i.Br. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6322 Hardheim; Stuttgart]

- Gunzert, G. (1958): Die einheitliche Gliederung des deutschen Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies. – Abh. Hess. Landesamt Bodenforsch., 24: 61 S.; Wiesbaden.
- Gutberlet, W.C.J. (1847): Über die Pseudomorphosen nach Steinsalz zunächst in mineralogischer, petrographischer und kristallographischer Beziehung. – N. Jb. Mineral. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1847: 405–438; Stuttgart.
- Gwinner, M.P. (1955): Beitrag zur Entstehung und Paläogeographie des südwestdeutschen Buntsandsteins. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. 37: 12–28; Stuttgart.
- Gwinner, M.P. (1959): Die Geologie des Blattes Urach (Nr. 7522) 1 : 25 000 (Schwäbische Alb). – Arb. Geol. Paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F. 24: 126 S., 7 Taf.; Stuttgart.
- Haderer, F.-O., Demathieu, G.R. & Böttcher, R. (1995): Wirbeltier-Fährten aus dem Rötquarzit (Oberer Buntsandstein, Mittlere Trias) von Hardheim bei Wertheim/Main (Süddeutschland). – Stuttgarter Beitr. Naturk. B, 230: 31 S., 3Taf.; Stuttgart.
- Haenel, R. (Hrsg.) (1982): The Urach geothermal project (Swabian Alb, Germany). – VIII+419 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Hagdorn, H. (2004): Muschelkalkmuseum Ingelfingen. – 88 S.; Heilbronn (Lattner).
- Hagdorn, H. & Nitsch, E. (2009), with contr. by Simon, T. & Aigner, T.: Triassic of Southwest Germany – 175th Anniversary of the Foundation of the Triassic System by Friedrich von Alberti. – Field Guide, 6th International Triassic Field Workshop (Pan-European Correlation of the Triassic), September 7–11, 2009, Tübingen and Ingelfingen: 72 p.; Internet (https://www.stratigraphie.de/perm-trias/Triassic_workshop_2009_guide.pdf).
- Hagdorn, H. & Nitsch, E. (2021): Die »Trias« – Ein geschichtlicher Abriss. – In: Hauschke, N., Franz, M. & Bachmann, G.H. (Hrsg.): Trias – Aufbruch in das Erdmittelalter: 13–18; München (Pfeil). – [1. Aufl. 1999]
- Hagdorn, H. & Simon, T. (1988): Geologie und Landschaft des Hohenloher Landes. – Forsch. aus Württ. Franken, 28: 192 S., 3 Beil.; Sigmaringen (Thorbecke). – [2. Aufl.; 1. Aufl. 1985: 186 S.]
- Hagdorn, H. & Simon, T. (2020): Die Muschelkalk-Gruppe – Definition und Grenzziehungen. – Schriftenr. Dt. Geol. Ges., 91: 433–450; Stuttgart.
- Hamm, F. (1923): Geologische Untersuchungen am Südostrande des Odenwaldes und im angrenzenden badischen Bauland. – Geol. Arch., 1: 121–165; Königsberg.
- Hansch, W. (1998): Friedrich von Alberti (4. 9. 1795 – 12. 9. 1878). – In: Alberti, F. v.: Beitrag zu einer Monographie des Bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers und die Verbindung dieser Gebilde zu einer Formation, Reprographischer Nachdruck der Ausgabe Stuttgart (Cotta) 1834 [im Anhang]: 47 S.; Ingelfingen (Friedrich-von-Alberti-Stiftung).
- Harder, H. & Flehmig, W. (1970): Quarzsynthese bei tiefen Temperaturen. – Geochim. Cosmochim. Acta, 34: 295–300; Amsterdam. – [doi: 10.1016/0016-7037(70)90107-9]
- Hasemann, W. (1928a): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Baden, Blatt Eberbach (Nr. 24). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 24: 62 S., 2 Taf.; Freiburg i.Br. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6519 Eberbach; Stuttgart]
- Hasemann, W. (1928b): Geologie und Tektonik der Umgebung von Eberbach im Odenwald. – Mitt. Bad. Geol. Landesanst., 10 (1929): 95–111; Freiburg i.Br.
- Hasemann, W. (1930): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Baden, Blatt Zwingenberg (Nr. 25). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 25: 58 S., 3 Taf.; Freiburg i.Br. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6520 Waldbrunn; Stuttgart]
- Hasemann, W. (1934): Erläuterungen zu Blatt Malsch (Nr. 62). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 62: 69 S.; Freiburg i.Br. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7116 Malsch; Stuttgart]
- Hasemann, W. (1950): Über das Vorkommen kleiner Quarzgerölle im nördlichen Schönberggebiet. – Mitteilungsbl. Bad. Geol. Landesanst., 1950: 39–40; Freiburg i.Br.
- Hasemann, W. & Teike, M. (1937): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Baden, Blatt Buchen (Nr. 17) und Blatt Oberschefflenz (Nr. 26). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 17 & 26: 50 S.; Freiburg i.Br. – [Nachdruck 1984, 1995: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6421 Buchen und 6521 Limbach; Freiburg]
- Hasemann, W., Hahn, W. & Paul, W. (1971): Erd- und Landschaftsgeschichte des Wutachgebiets. – In: Sauer, K. & Schnetter, M. (Hrsg.): Die Wutach. – Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, 6: 31–194; Freiburg i.Br.
- Haubold, H. (1971): Die Tetrapodenfährten des Buntsandsteins in der Deutschen Demokratischen Republik und in Westdeutschland und ihre Äquivalente in der gesamten Trias. – Paläont. Abh., A 4 (3): 395–548; Berlin.
- Haubold, H. (1999): Tracks of Dinosauromorpha from the Lower Triassic. – Zbl. Geol. Paläont. I, 1998: 783–795; Stuttgart.
- Hauck, M. (1987): Zur Geologie der „Frischglückgrube“ bei Neuenbürg im Nordschwarzwald. – Aufschluss, 38: 69–76; Heidelberg.
- Haunschild, H. & Ott, W.-D. (1982), mit Beitr. v. Hagdorn, H., Simon, T., Schwarz, H.-U. & Risch, H.: Profilbeschreibung, Stratigraphie und Paläogeographie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. – Geol. Bavarica, 83: 5–55; München.
- Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.) (1999): Trias, eine ganz andere Welt: Europa im frühen Erdmittelalter. – 647 S.; München (Pfeil).
- Hauschke, N. & Wilde, V. (2008): Limuliden aus dem Oberen Buntsandstein von Süddeutschland. – Hallesches Jb. Geowiss., 30: 21–26; Halle.



- Hauschke, N., Kozur, H.W., Rust, J., Schulz, M., Schweigert, G., Seegis, D., Wappler, T. & Wilde, V. (2021): Arthropoden der Germanischen Trias. – In: Hauschke, N., Franz, M. & Bachmann, G.H. (Hrsg.): Trias – Aufbruch in das Erdmittelalter: 283–296; München (Pfeil).
- Hausmann, J.F.L. (1845): Geologische Bemerkungen über die Gegend von Baden bei Rastadt. – Abh. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen, 2: 3–42; Göttingen. – [Sonderabdruck 1844]
- Hehl, J.C.L. (1821): Uebersicht der einfachen Fossilien Württembergs. – Mineral. Tb. 15 (1821): 675–705; Frankfurt a.M.
- Hehl, J.C.L. (1823): Beiträge zur geognostischen Kenntniß von Württemberg. Entworfen im Jahre 1822. Mit Anmerkungen von S. – Correspondenzbl. würtemb. landwirthschaftl. Ver., 3: 69–94, 125–149; Stuttgart. – [Anm. von Gustav Schübler]
- Hehl, J.C.L. (1824): Beiträge zur geognostischen Kenntniß von Württemberg. Entworfen im Jahre 1822 (Fortsetzung). – Correspondenzbl. würtemb. landwirthschaftl. Ver., 5: 3–23, 129–154; Stuttgart.
- Hehl, J.C.L. (1825): Beiträge zur geognostischen Kenntniß von Württemberg. Entworfen im Jahre 1822 (Fortsetzung). – Correspondenzbl. würtemb. landwirthschaftl. Ver., 8: 75–100; Stuttgart.
- Hehl, J.C.L. (1828): Beiträge zur geognostischen Kenntniß von Württemberg (Fortsetzung). – Correspondenzbl. kgl. würtemb. landwirthschaftl. Ver., 14: 69–87; Stuttgart.
- Hehl, J.C.L. (1850): Die geognostischen Verhältnisse Württembergs. – 316 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Heim, D. (1971): Über die Feldspäte im Germanischen Buntsandstein, ihre Korngrößenabhängigkeit Verbreitung und paläogeographische Bedeutung. – Geol. Rdsch., 63: 943–970; Stuttgart.
- Heizmann, G. (1960): Geologie des Heidburggebietes nördlich Elzach. Kartierung 1 : 10 000. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i.Br.: 42 S., 2 Kt. – [unveröff.].
- Hennig, E. (1923): Geologie von Württemberg nebst Hohenzollern. – 383 S.; Berlin (Borntraeger).
- Herrgesell, G. (1996): Beiheft zu Blatt 8211 Kandern (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8211: 37 S.; Freiburg i.Br.
- Herrgesell, G. (1997): Beiheft zu Blatt 6422 Walldürn (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 6422: 19 S.; Freiburg i.Br.
- Herrgesell, G. (1997): Beiheft zu Blatt 6522 Adelsheim (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 6522: 27 S.; Freiburg i.Br.
- Herrgesell, G. & Fleck, W. (1996a): Beiheft zu Blatt 8012 Freiburg im Breisgau SW (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8012: 57 S.; Freiburg i.Br.
- Herrgesell, G. & Fleck, W. (1996b): Beiheft zu Blatt 7712 Ettenheim (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 7712: 46 S.; Freiburg i.Br.
- Herrmann, A. (1962): Epirogene Bewegungen im germanischen Buntsandsteinbecken und deren Bedeutung für lithostratigraphische Parallelisierungen zwischen Nord- und Süddeutschland. – Geol. Jb., 81: 11–72, 3 Taf.; Hannover.
- Hildebrand, E. (1924): Geologie und Morphologie der Umgebung von Wertheim a. M. – Diss. Univ. Freiburg i.Br.: 79 S., 1 Kt., 13 Beil.; Freiburg (Henn).
- Hildebrand, E. (1929): Die stratigraphische Stellung des Karneolhorizontes. – Cbl. Mineral. Geol. Paläont., B 1929: 41–49; Stuttgart.
- Hoppe, W. (1926): Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandsteins im Odenwald. I. Stratigraphie und Fossilführung. – Notizbl. Ver. Erdk. u. d. Hessischen Geol. Landesanst. zu Darmstadt, V 8: 7–114, Taf. 1–5; Darmstadt.
- Hoppe, W. (1927): Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandsteins im Odenwald. II. Petrographie. 1. Die Struktur des Buntsandsteins und ihre Beziehungen zur Einkieselung und Bleichung. – Notizbl. Ver. Erdk. u. d. Hessischen Geol. Landesanst. zu Darmstadt, V 9: 79–103, Taf. 6; Darmstadt.
- Hoppe, W. (1928): Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandsteins im Odenwald. II. Petrographie. 2. Die Gemengteile des Buntsandsteins und die Gesteine der einzelnen Buntsandsteinstufen. – Notizbl. Ver. Erdk. u. d. Hessischen Geol. Landesanst. zu Darmstadt, V 10: 54–105, Taf. 4–6; Darmstadt.
- Hornung, J. (1994): Sedimentologie und quantitative Fazies-Analyse in Bohrungen des unteren und mittleren Buntsandsteins von Bad Teinach. – Diplomarb. Geowiss. Fak. Univ. Tübingen: 160 S., 1 Anl. – [unveröff.]
- Huene, F. v. (1902): Übersicht über die Reptilien der Trias. – Geol. Paläont. Abh., N. F. 6: 1–84, 9 Taf.; Jena.
- Huene, F. v. (1917): Eine interessante Wirbeltierfauna im Buntsandstein des Schwarzwaldes. – Cbl. Mineral. Geol. Paläont., 1917: 89–94; Stuttgart.
- Huene, F. v. (1958): Ein Pseudosuchier aus dem Buntsandstein des Schwarzwaldes. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 113: 111–112, Stuttgart.
- Hug, L. (1853): Kurze Beschreibung der geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Kandern. – In: Leonhard, G. (Hrsg.): Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntniss des Grossherzogthums Baden, 1: 1–25; Stuttgart (Schweizerbart).
- Hundeshagen, J.C. (1821): Beiträge zur Kenntnis der Gebirge Schwabens. – Mineral. Taschenb., 15: 807–844; Frankfurt a. M.
- Huth, T. (2002): Erlebnis Geologie – Streifzüge über und unter Tage. Besucherbergwerke, Höhlen, Museen und Lehrpfade in Baden-Württemberg. – 470 S.; Freiburg (LGRB Baden-Württ.).
- Huth, T. & Nitsch, E. (2019): Wasserfälle, Steinbrüche und Bergbau – Fahrt durch den Mittleren Schwarzwald. – In: Huth, T. & Röhling, H.-G. (Hrsg.): GeoTop 2019. Geotope und Geotouris-

- mus im digitalen Zeitalter. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 94: 193–216; Hannover.
- Hüttner, R. & Wimmenauer, W. (1967): Erläuterungen zu Blatt 8013 Freiburg i.Br. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 8013: 159 S., 3 Beil.; Stuttgart. – [Nachdruck 1972, 1990]
- Hüttner, R., Maus, H., Otto, J., Prier, H., Sauer, K. & Sittig, E. (1969): Exkursion C: Schwarzwald. – In Prier, H. & Sauer, K. (Red.): Führer 121. Exk. Hauptvers. Dt. Geol. Ges.: 32–55; Freiburg (DGG).
- Ivanov, A.V., He, H., Yan, L., Ryabov, V.V., Shevko, A.Y., Paleskii, S.V. & Nikolaeva, I.V. (2013): Siberian Traps large igneous province: Evidence for two flood basalt pulses around the Permian-Triassic boundary and in the Middle Triassic, and contemporaneous granitic magmatism. – Earth-Science Reviews, 122: 58–76; Amsterdam. – [doi: 10.1016/j.earscirev.2013.04.001]
- Jahn, R., Stahr, K. & Zauner, G. (1992): Natürliche Schwermetallgehalte in Gesteinen und Böden der süddeutschen Schichtstufenlandschaft. – Ber. 3. Statuskolloquium, Projekt Wasser-Abfall-Boden, 18./19. 02. 1992 in Karlsruhe: 27–40; Karlsruhe.
- Jayangondaperumal, R., Murari, M.K., Sivasubramanian, P., Chandrasekar, N. & Singhvi, A.K. (2012): Luminescence dating of fluvial and coastal red sediments in the SE coast, India, and implications for paleoenvironmental changes and dune reddening. – Quaternary Res., 77: 468–481; Amsterdam.
- Jenkner, B. (1983): Oberer Buntsandstein und Unterer Muschelkalk bei Freudensstadt (Nördlicher Schwarzwald). – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br., 73: 5–23; Freiburg i.Br. – [aus: unveröff. Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i.Br.: 45 S., 2 Kt.]
- Jentsch, H. & Franz, M. (1999) mit Beitr. v. Leiber, J., Müller, S., Selg, M., Villinger, E. & Werner, W.: Erläuterungen zu Blatt 7621 Trochtelfingen. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7621: VI+126 S., 4 Beil.; Freiburg i.Br.
- John, I. (1990): Der Buntsandstein rund um den Glaswaldsee (mittlerer Schwarzwald). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i.Br.: 68 S., 4 S. Anh., 3 Kt.; – [unveröff.]
- Jonischkeit, A. (1997): Beiheft zu Blatt 6723 Öhringen (1. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 6723: 31 S.; Freiburg i.Br.
- Jordan, P., Naef, H., Schürch, P., Schwarz, M., Ibele, T., Felber, R. & Gysi, M. (2021): TBO Bülach-1-1: Data Report, Dossier III, Lithostratigraphy. – NAGRA Arbeitsber. NAB, 20-08: 64 p.; Wettingen.
- Jörg, E. (1969): Eine Fischfauna aus dem Oberen Buntsandstein (Unter-Trias) von Karlsruhe-Durlach (Nordbaden). – Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschland, 28: 87–102, Taf. I–IV; Karlsruhe.
- Jörg, E. (1970): Fischfunde im Oberen Buntsandstein (Untertrias) von Karlsruhe-Durlach. – Z. dt. geol. Ges., 121: 105–110; Hannover.
- Junghans, W.-D. (2003): Fazies, Zyklizität, Petrophysik und Paläomagnetik im Buntsandstein der Bohrung Kraichgau 1002 (SW-Deutschland). – Tübinger Geowiss. Arb., A 69: 171 S., 1 Beil.; Tübingen. – [Diss. Univ. Tübingen 2003]
- Junghans, W.-D., Rösler, W., Aigner, T. & Appel, E. (2002): Magnetostratigraphie an der Perm/Trias-Grenze der Bohrung Kraichgau 1002 (SW-Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 2002: 92–106; Stuttgart.
- Käding, K.-C. (1978): Die Grenze Zechstein-Buntsandstein in Hessen, Nordbayern und Baden-Württemberg. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 60: 223–252; Stuttgart.
- Kaiser, M. (1999): Feuersteinbergbau in Südbaden. Früher Bergbau im südlichen Schwarzwald. – Archäol. Informationen Baden-Württ., 41: 15–20; Stuttgart.
- Kaiser, M.J. (2013): Werkzeug – Feuerzeug – Edelstein. Die Silices des südöstlichen Oberrheingebiets und ihre Nutzung von den Anfängen bis zur Gegenwart. – Materialh. Archäol. Baden-Württ., 95: 400 S., 28 Taf.; Stuttgart.
- Kamphausen, D. (1989): Der Schädel von *Eocyclosaurus woschmidtii* Ortlam (Amphibia, Stegocephalia) aus dem Oberen Buntsandstein (Trias) des Schwarzwaldes (SW-Deutschland). – Stuttgarter Beitr. Naturk. B, 149: 65 S.; Stuttgart.
- Kamphausen, D. & Keller, T. (1986): Ein Stegocephalen-Schädelrest aus dem Mittleren Buntsandstein des Spessarts. – Geol. Jb. Hessen, 114: 61–67; Wiesbaden.
- Kamphausen, D. & Ortlam, D. (1993): Heptasaurus cappelenensis (Wepfer, Stegocephalia) aus dem Oberen Buntsandstein (Trias) des Schwarzwaldes. – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. 75: 217–226; Stuttgart.
- Käss, W. (1967): Zur Geochemie einiger neuerschlossener Buntsandstein-Mineralwässer am Schwarzwald-Ostrand. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 9: 81–104; Freiburg i.Br.
- Keferstein, C. (1821): General-Charte von Teutschland, auf der von Hauptmann Weiland gezeichneten Charte geognostisch begränzt. – In: Keferstein, C. (1821): Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt und mit Charten und Durchschnittszeichnungen erläutert, 1: 1 Kt.; Weimar (Landes-Industrie-Comptoir).
- Keferstein, C. (1822): Charte von dem Königreiche Württemberg und dem Grossherzogthume Baden. – In: Keferstein, C. (Hrsg.): Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt und mit Charten und Durchschnittszeichnungen erläutert, 2: 1 Kt.; Weimar (Landes-Industrie-Comptoir).
- Keferstein, C. (1825): Tabellen über die vergleichende Geognosie. – 60 S.; Halle (Hemmerde & Schwetschke).
- Keferstein, C. (1828): Charte von dem Königreiche Württemberg, dem Grossherzogthume Baden und den Ländern der Fürsten von Hohenzollern. – In: Keferstein, C. (Hrsg.): Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt und mit Charten und Durchschnittszeichnungen erläutert, 5: 1 Kt.; Weimar (Landes-Industrie-Comptoir).



- Keferstein, C. (1831): Rhapsodische Bemerkungen über die Gebirgsverhältnisse in Württemberg in Beziehung auf das Vorkommen von Steinkohlenflözen und deren etwaige Aufsuchung. – Correspondenzbl. kgl. würtemb. landwirthschaftl. Ver. 19: 93–125; Stuttgart.
- Keferstein, C. (1840): Geschichte und Litteratur der Geognosie. – 281 S.; Halle (Lippert).
- Kessler, G. (2010) mit Beitr. v. Keck, O., Nitsch, E. & Werner, W.: Erläuterungen zum Blatt 7713 Schutertal. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7713: 288 S., 1 Beil.; Freiburg i. Br.
- Keßler, G. & Leiber, J. (1991) mit Beitr. v. Käss, W.: Erläuterungen zu Blatt 7813 Emmendingen [2. erg. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7813: 155 S., 3 Taf., 2 Beil.; Stuttgart. – [1. Aufl. 1980]
- Kessler, G. & Leiber, J. (1994) mit Beitr. v. Käss, W., Münzing, K. & Ohmert, W.: Erläuterungen zu Blatt 7631 Lahr / Schw.-Ost. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7613: 305 S., 5 Beil.; Freiburg i. Br.
- Kettner, W. F. v. (1843): Beschreibung des badischen Murg- und Oostales oder des Forstamtsbezirkes von Gernsbach mit besonderer Rücksicht auf die für Forstwirtschaft wichtigen Verhältnisse. – 179 S., 1 Beil.; Frankfurt (Sauerländer).
- Khan, M. I. (2019): Sedimentology, petrography and hydrogeological properties of the Buntsandstein in the Gaimühle drill core (123 m - 244 m). – Masterarb. Univ. Freiburg i. Br.: 105 p. – [unveröff.]
- Kim, J. Y. & Paik, I. S. (1997): Nonmarine *Diplocraterion luniforme* (Blanckenhorn 1916) from the Hasandong Formation (Cretaceous) of the Jinju area, Korea. – Ichnos, 5: 131–138; Philadelphia, PA.
- Kirchheimer, F. (1973): Weitere Mitteilungen über das Vorkommen radioaktiver Substanzen in Süddeutschland. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 15: 33–125; Freiburg i. Br.
- Kirchheimer, F. (1982): Uranvorkommen in Baden-Württemberg. – In: Baden-Württemberg als Bergbauland, Int. Industriebibl., 117-2: 64–66; München (Länderdienst-Verl.).
- Kirchner, H. (1926): Zur Stratigraphie der sog. Chirotherienschiefer in Franken. – Z. dt. geol. Ges. Mber., 78: 184–192; Berlin.
- Kirchner, H. (1927): Über die Tierfährten im Oberen Buntsandstein Frankens. – Paläont. Z., 9: 112–122; Stuttgart.
- Kleine-Borgmann, U. (1999): Kartierung und Profilaufnahme im Buntsandstein des Mittleren Schwarzwaldes bei Alpirsbach. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 124 S., 14 Anl., Anh. – [unveröff.]
- Klemm, G. (1900): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Großherzogtums Hessen im Maßstabe 1 : 25 000, Blatt Beersfelden. – 24 S.; Darmstadt. – [6419]
- Klemm, G. (1929): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen im Maßstabe 1 : 25 000, Blatt Birkenau (Weinheim) [2. Aufl.]. – 75 S.; Darmstadt. – [6418, Erstaufl. 1905, Nachdruck 1994].
- Klemm, G. (1933): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen im Maßstabe 1 : 25 000, Blatt Lindenfels [2. Aufl.]. – 56 S.; Darmstadt. – [6318, Nachdruck 1994]
- Klemm, G. & Chelius, C. (1894): Zur Gliederung des Buntsandsteins im Odenwald und Spessart. – Notizbl. Ver. Erdk. u. d. Großherzogl. Geol. Landesanst. zu Darmstadt, V 15: 50–51; Darmstadt.
- Klipstein, A. (1827): Geognostische Karte von dem Odenwald und einigen angrenzenden Gegenden [1 hess. Meile der Zoll, ca. 1 : 283 000]. – 1 Bl. 2° – [handkoloriert, ohne Erscheinungsort]
- Klipstein, A. (1829): Gedrängte Uebersicht der Ergebnisse einer geognostischen Erforschung des Odenwalds und einiger angrenzenden Gegenden mit besonderer Rücksicht auf Andeutung der Verbreitungsgebiete der Formationen. – 18 S., 1 Kt.; Darmstadt (Leske). – [Vorlesung 21.9.1829 Vers. Dt. Naturf. In Heidelberg]
- Klocke, F. (1869): Ueber das Vorkommen der Pseudomorphosen von Buntsandstein nach Kalkspath in den Umgebungen von Heidelberg. – N. Jb. Mineral. Geol. Palaeont., 1869: 714–720; Stuttgart.
- Knop, A. (1879): Uebersicht über die geologischen Verhältnisse von Baden-Baden. – 38 S., 1 Kt.; Karlsruhe (Braun).
- Koch, C. (1853): Die Trias am badischen Neckar. – Leonhardt, G. (Hrsg.): Beiträge zur Mineralogischen und geognostischen Kenntniss des Grossherzogthums Baden, 2: 1–20; Stuttgart (Schweizerbart).
- Koenen, A. v. (1904): Ueber die Buntsandsteinwüste. – Cb. Miner. Geol. Paläont., 1904: 107; Stuttgart – [Replik auf Walther 1904]
- Konrad, H. J. (1975): Diskussionsbeitrag zu: „Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa“ von D. Ortlam. – Geol. Rdsch., 64: 993–998; Stuttgart.
- Kontny, A., Busch, B., Schenk, J. & Khasanov, I. (2023): Characterization of pore space in Permian-Triassic sandstone from SW-Germany using the anisotropy of magnetic susceptibility. – Int. J. Earth Sci., [online]: 24 p.; Berlin. – [doi: 10.1007/s00531-023-02352-z]
- Körner, K. (1934): Ein Labyrinthodontenrest aus dem Hauptkonglomerat von Heidelberg. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. 23: 78–80; Stuttgart.
- Kozur, H. (1972): Vorläufige Mitteilung zur Parallelisierung der germanischen und tethyalen Trias sowie einige Bemerkungen zur Stufen- und Unterstufengliederung der Trias. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 21: 361–412; Innsbruck.
- Kozur, H. (1974a): Biostratigraphie der Germanischen Mitteltrias, Teil I & II. – Freiburger Forschungsh., C 280: 56+71 S.; Freiburg.
- Kozur, H. (1974b): Probleme der Triasgliederung und Parallelisierung der germanischen und tethyalen Trias. Teil I: Abgrenzung und Gliederung der Trias. – Freiburger Forschungsh., C 298: 139–197; Freiburg.
- Kozur, H. (1975): Probleme der Triasgliederung und Parallelisierung der germanischen und tethyalen

- Gliederung. Teil II: Anschluß der Germanischen Trias an die internationale Triasgliederung. – Freiburger Forschungsh., C 304: 51–77; Freiburg.
- Kozur, H.W. (1993a): Annotated correlation tables of the Germanic Buntsandstein and Keuper. – New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull., 3: 243–248; Albuquerque, NM.
- Kozur, H.W. (1993b): Range charts of conchostracans in the Germanic Buntsandstein. – New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull., 3: 249–258; Albuquerque, NM.
- Kozur, H. (1999a): The correlation of the Germanic Buntsandstein and Muschelkalk with the Tethyan scale. – Zbl. Geol. Paläont., I 1998: 701–725; Stuttgart.
- Kozur, H. (1999b): Aspekte der Wende Perm/Trias. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.): Trias, eine ganz andere Welt: Europa im frühen Erdmittelalter: 23–36; München (Pfeil).
- Kozur, H. & Bachmann, G.H. (2003): Remarks on the numerical age of Triassic stages. – In: Triassic geochronology and cyclostratigraphy – a field symposium (St. Christina, Italy, Sept. 2003), Programme & Abstracts: 41–42; Zürich (ETH).
- Kozur, H. & Bachmann, G.H. (2005): Correlation of the Germanic Triassic with the international scale. – Albertiana, 32: 21–35; Utrecht.
- Kozur, H. & Seidel, G. (1983a): Revision der Conchostraken-Faunen des unteren und mittleren Buntsandsteins, Teil I. – Z. Geol. Wiss., 11: 295–423; Berlin.
- Kozur, H. & Seidel, G. (1983b): Die Biostratigraphie des unteren und mittleren Buntsandsteins unter besonderer Berücksichtigung der Conchostraken. – Z. Geol. Wiss., 11: 429–464; Berlin.
- Kozur, H.W. & Weems, R.E. (2006): The importance of conchostracans for biostratigraphic subdivision and correlation of Triassic continental deposits. – NGF Abstr. Proc., 2006 (3): 84–89; Trondheim (Norsk Geol. Forens.).
- Kozur, H.W. & Weems, R.E. (2010): The biostratigraphic importance of conchostracans in the continental Triassic of the northern hemisphere. – Geol. Soc. London Spec. Publ., 334: 315–417; London.
- Kozur, H., Mahler, H. & Sell, J. (1993): Stratigraphic and paleobiogeographic importance of the latest Olenekian and early Anisian conchostracans of middle Europe. – New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull., 3: 255–259; Albuquerque.
- Krämer, F. & Kunz, H. (1968): Zur Sedimentation des höheren Buntsandsteins in Osthessen und Südniedersachsen. – Oberrh. Geol. Abh., 17: 193–249; Karlsruhe.
- Krämer, F. & Kunz, H. (1969): Wege und Ziele der Buntsandstein-Gliederung. – Aufschluss, 20: 141–152; Heidelberg.
- Kranz, W. (1906): Zur Entstehung des Buntsandsteins. Erwägungen über das nördliche Alpenvorland, Vulkanismus und Geotektonik. – Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württ., 62: 104–112; Stuttgart.
- Kranz, W. (1923): Erläuterungen zu Blatt Weissach (Nr. 55). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 55: 171 S., 5 Taf.; Stuttgart. – [Nachdruck 1962, 1990: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7119 Weissach; Stuttgart].
- Kremians, R. (1973): Erläuterungen zur geologischen Kartierung auf dem NE-Quadranten des Blattes Wertheim, 6223, der topogr. Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 25 000. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Würzburg. – [unveröff.]
- Kunz, H. (1965): Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen im höheren Buntsandstein Osthessens. – Diss. Univ. Frankfurt a. M.: 232 S., 20 Taf. – [Selbstverl.]
- Kupfahl, H.-G. (1958): Die Abfolge des Buntsandsteins im östlichen Meißner-Gebirge. – Notizbl. Hess. Landesamt Bodenforsch., 86: 202–214; Wiesbaden.
- Kürschner, W.M. & Herngreen, G.F.W. (2010): Triassic palynology of central and northwestern Europe: a review of palynofloral diversity patterns and biostratigraphic subdivisions. – Geol. Soc. London Spec. Publ., 334: 263–283; London.
- Küster, E. (1891): Die deutschen Buntsandsteingebiete, ihre Oberflächengestaltung und anthropogeographischen Verhältnisse. – Forsch. dt. Landes- u. Volksk., 5: 167–208; Stuttgart. – [Diss. Univ. Marburg]
- Laemmlen, M. (1966): Der Mittlere Buntsandstein und die Solling-Folge in Südhessen und in den südlich angrenzenden Nachbargebieten. – Z. dt. geol. Ges., 116 (1964): 908–949; Stuttgart.
- Laske, R. & Sawatzki, C. (2000a) mit Beitr. v. Eichhorn, F.: Beiheft zu Blatt 8312 Schopfheim (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8312: 38 S.; Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- Laske, R. & Sawatzki, G. (2000b): Beiheft zu Blatt 8412 Rheinfelden (Baden) (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8412: 8 S.; Freiburg i. Br.
- LBEG (2010): Symbolschlüssel Geologie. Symbole für die Dokumentation und Verarbeitung geologischer Feld- und Aufschlussesdaten, digitale Fassung überarbeitet und zusammengestellt von H. Preuss aus der Master-Datenbank des LBEG mit Ergänzungen der staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands. – PDF-Dokument, 202 S., und PHP-Anwendung im Internet; Hannover (LBEG). – [<https://www.lbeg.niedersachsen.de>]
- Leggiewie, R., Füchtbauer, H. & El-Najjar, R. (1977): Zur Bilanz des Buntsandsteinbeckens (Korngrößenverteilung und Gesteinsbruchstücke). – Geol. Rdsch., 66: 551–577; Stuttgart.
- Leiber in Boudot et al. (1987): s. dort
- Leiber in Kessler & Leiber (1991): s. dort
- Leiber in Regelman (1991): s. dort
- Leiber, J. (1964): Geologie der Umgebung von Schweighausen bei Lahr (Hünersedel-Massiv, Mittlerer Schwarzwald). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 78 S., 3 Taf., 1 Kt. – [unveröff.]



- 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. Univ. Freiburg i.Br.: 246 S., 6 Taf. – [unveröff.].
- Leiber, J. (1970b): Zur Sedimentologie und Paläogeographie des Unteren Buntsandsteins (Tigersandstein, su) und des Eck'schen Konglomerates (smc1) im Schwarzwald. – Z. dt. geol. Ges., 121: 93–97; Hannover.
- Leiber, J. (1971): Zur Gliederung des „Tigersandsteins“ (Unterer Buntsandstein, Trias) im Schwarzwald. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1971: 461–167; Stuttgart.
- Leiber, J. (1972): Das Deckgebirge im Bereich des oberen Schuttertales zwischen Dörlinbach und Schweighausen (Lahr-Emmendinger Vorberge, Schwarzwald). – Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg i.Br., 61/62: 59–75; Freiburg.
- Leiber, J. (1977a): Ein Labyrinthodontenrest aus dem Buntsandstein der Lahr-Emmendinger Vorbergzone (Schwarzwald). – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br., 67: 153–159; Freiburg i.Br.
- Leiber, J. (1977b): Trias. – In: Groschopf, R., Kessler, G., Leiber, J., Maus, H., Ohmert, W., Schreiner, A. & Wimmenauer, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Freiburg im Breisgau und Umgebung 1 : 50 000 (1. Aufl.): 76–108; Freiburg (GLA).
- Leiber, J. (1982a): The Buntsandstein (Lower Triassic) of the Urach 3 Borehole. – In: Hänel, R. (Hrsg.): The Urach Geothermal Project, 37–39; Stuttgart (Schweizerbart).
- Leiber, J. (1982b): Ergänzungen der Schichtenfolge aufgrund von Bohrungen (Grundgebirge, Perm, Buntsandstein). – In: Erläuterungen zu Blatt 7817 Rottweil (4. Aufl.): 106–111; Stuttgart (GLA & Landesvermessungsamt Baden-Württ.).
- Leiber, J. (1987): Kraichgau 1001. – Tätigkeitsber. Niedersächs. Landesanst. Bodenk., 1986: 50–51; Hannover (NLFb).
- Leiber, J. (1989): Nachtrag Buntsandstein und Bohrungen. – In: Erläuterungen zu Blatt 7418 Nagold (4. Aufl.): 86–92, 115–134, 1 Beil.; Stuttgart (GLA & Landesvermessungsamt Baden-Württ.).
- Leiber, J. (1991): Nachträge zum Buntsandstein und Bohrungen. – In: Erläuterungen zu Blatt 7218 Calw (3. Aufl.): 219–224, 248–267; Stuttgart (GLA & Landesvermessungsamt Baden-Württ.).
- Leiber, J. (1992a): Kurzprofil der Kernbohrung Kraichgau 1002. – Protokoll ArGr. Buntsandstein der DUGW-Subkommission Perm-Trias. 04.08.1992: 1 S.; – [unveröff.; Bohrarchiv LGRB: BO6819-83]
- Leiber, J. (1992b): Buntsandstein. – In: Erläuterungen zu Blatt 7319 Gärtringen (4. Aufl.): 9–12; Stuttgart (GLA & Landesvermessungsamt Baden-Württ.).
- Leiber, J. (1996): Nachträge Buntsandstein. – In: Erläuterungen zu Blatt 7717 Oberndorf a.N. (3. Aufl.): 87–88; Stuttgart (GLA & Landesvermessungsamt Baden-Württ.).
- Leiber, J. (1999): Buntsandstein. – In: Erläuterungen zu Blatt 7621 Trochtelfingen: 8; Freiburg i.Br. (LGRB).
- Leiber, J. & Münzing, K. (1979): Perm und Buntsandstein zwischen Schramberg und Königsfeld (Mittlerer Schwarzwald). – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 21: 107–136; Freiburg i.Br.
- Leiber, J. & Münzing, K. (1985): Geologische Ergebnisse einiger Buntsandsteinbohrungen bei Königsfeld (Mittlerer Schwarzwald). – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 27: 25–40; Freiburg i.Br.
- Leiber, J. & Simon, T. (2004): Ergebnisse der Tiefbohrung Waldenburg (Hohenlohe, Süddeutschland). – Hallesches Jb. Geowiss., Reihe B, Beih., 18: 99–107; Halle.
- Leiber, J., Bock, H. & Nitsch, E. (2013): Der Buntsandstein in der Kraichgau-Senke und der südwestdeutschen Randfazies (Baden-Württemberg). Nachtrag zur stratigraphischen Nomenklatur des Buntsandsteins in Baden-Württemberg, Stand 2011. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 525–546; Hannover.
- Lemcke, K. (1975): Molasse und vortertiärer Untergrund im Westteil des süddeutschen Alpenvorlandes. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 57: 87–115; Stuttgart.
- Lemcke, K. & Wagner, R. (1961): Zur Kenntnis des vortertiären Untergrundes im Bodenseegebiet. – Bull. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 27 (73): 9–14; Basel.
- Leonhard, G. (1846): Geognostische Skizze des Großherzogthums Baden. – 112 S., 1 Kt.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Leonhard, G. (1861): Geognostische Skizze des Großherzogthums Baden [2. Aufl.]. – 168 S., 1 Kt.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Leonhard, G. (1874): Grundzüge der Geognosie und Geologie (3. Aufl.). – 564 S.; Heidelberg (Winter).
- Leonhard, K.C. v. (1835): Lehrbuch der Geognosie und Geologie. – Naturgeschichte der drei Reiche, 3: 869 S., 5 Taf.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Leonhard, K.C. v. (1840): Geologie oder Naturgeschichte der Erde, auf allgemein faßliche Weise abgehandelt. Dritter Band. – 628 S., 30 Taf.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Lepper, J. (1967): Die lithologische Untergliederung des Mittleren und Oberen Buntsandsteins der südwestlichen Vorhöf zwischen Brückenau und Fränkischer Saale mit einer geologischen Kartierung im Raum Brückenau. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Würzburg: 177 S., 11 Anl. – [unveröff.]
- Lepper, J. (1970): Neue Ergebnisse lithostratigraphisch-fazieller Detailuntersuchungen im Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein zwischen Fulda und Neckar. – Diss. Univ. Würzburg: 189 S., 1 Beil.; Würzburg.
- Lepper, J. (1972): Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen im Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein zwischen Fulda und Neckar. – Geol. Jb., 90: 463–500, Taf. 25; Hannover.

- Lepper, J. (1993): Beschlüsse zur Festlegung der lithostratigraphischen Grenzen Zechstein/Buntsandstein/Muschelkalk und zu Neubennungen im Unteren Buntsandstein in der Bundesrepublik Deutschland. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1993: 687–692; Stuttgart.
- Lepper, J. (2004): Stein und Wein am Untermain. – Naturstein, 2004 (6): 54–57; Ulm.
- Lepper, J., Rambow, D. & Röhling, H.-G. (2005a): Der Buntsandstein in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. – Newsl. Stratigr., 41: 129–142; Stuttgart.
- Lepper, J., Rambow, D. & Röhling, H.-G. (2005b): Folgen und Formationen im Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 39: 235; Hannover.
- Lepper, J., Rambow, D. & Röhling, H.-G. (2013): Lithostratigraphie des Buntsandstein in Deutschland. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 69–149; Hannover.
- Lepsius, R. (1885): Die Oberrheinische Tiefebene und ihre Randgebirge. – Forsch. dt. Landes- u. Volksk., 1 (2): 91 S., 1 Kt.; Stuttgart (Engelhorn).
- Lepsius, R. (1887): Geologie von Deutschland und den angrenzenden Gebieten, 1. Das westliche und südliche Deutschland. – Handb. Dt. Landes- u. Volksk., 1: 800 S., 3 Beil., 1 Kt.; Stuttgart (Engelhorn).
- Leube, G. (1844): [Briefl. Mitt. über chem. Analysen an Buntsandsteinen von Heidelberg]. – N. Jb. Mineral. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1844: 563–564; Stuttgart.
- LfU (2000): Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Geologische Naturdenkmale im Regierungsbezirk Karlsruhe. Unveränderter Nachdruck der Originalversion aus dem Jahre 1984. – Bodenschutz, 5: 159 S., 1 CD-ROM; Karlsruhe.
- LfU (2005): Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Geotope im Regierungsbezirk Freiburg. – Bodenschutz, 18: 387 S.; Karlsruhe.
- LGB-RLP (2005): Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2005): Geologie von Rheinland-Pfalz. – 400 S., 2 Anl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- LGRB (2000): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg – Verzeichnis Geologischer Einheiten (Ausgabe 2000), Hrsg. vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg. – 1 Tab.; Freiburg i.Br. (Internet-Publikation, jetzt offline).
- LGRB (2002): Blatt L8316/L8516 Stühlingen/Hohentengen am Hochrhein, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 162 S., 25 Abb., 7 Tab., 1 Kt.; Freiburg i.Br.
- LGRB (2003): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg – Verzeichnis Geologischer Einheiten (Ausgabe 2003), Hrsg. vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg. – 1 Tab.; Freiburg i.Br. (Internet-Publikation, jetzt offline).
- LGRB (2004): Blatt L7118 Pforzheim, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 225 S., 33 Abb., 4 Tab., 1 Kt.; Freiburg i.Br.
- LGRB (2006): Blätter L7516 Freudenstadt und L7518 Rottenburg am Neckar, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 260 S., 33 Abb., 6 Tab., 2 Kt., 2 CD-ROM; Freiburg i.Br.
- LGRB (2009): Blatt L6718 Heidelberg-Süd, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 242 S., 33 Abb., 8 Tab., 1 Kt., 1 CD-ROM; Freiburg i.Br.
- LGRB (2010): Blätter L7114 Rastatt und L7116 Karlsruhe-Süd, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 237 S., 30 Abb., 9 Tab., 3 Kt., 2 CD-ROM; Freiburg i.Br.
- LGRB (2010): Blatt L7910/L7912 Breisach am Rhein/Freiburg i.Br.-Nord, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 258 S., 35 Abb., 10 Tab., 2 Kt.; Freiburg i.Br.
- LGRB (2011): Blatt L7512/L7514 Offenburg/Oberkirch und Blatt L7712 Lahr im Schwarzwald, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 362 S., 55 Abb., 15 Tab., 3 Kt., 1 CD-ROM; Freiburg i.Br.
- LGRB (2011): Blätter L7312 Rheinau und L7314 Baden-Baden mit Westteil des Blattes L7316 Bad Wildbad, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 243 S., 36 Abb., 9 Tab., 3 Kt.; Freiburg i.Br.
- LGRB (2011): Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg – Verzeichnis Geologischer Einheiten (Ausgabe 2011). – 1 Tab.; Freiburg i.Br. (Online-Ressource: <https://lgrb-bw.de>).
- LGRB (2012): Blatt L6516 Mannheim, L6518 Heidelberg-Nord und L6716 Speyer, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 167 S., 32 Abb., 7 Tab., 1 Kt.; Freiburg i.Br.
- LGRB (2013): Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (Hrsg.): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2012/2013: Bedarf, Gewinnung und Sicherung von mineralischen Rohstoffen – Dritter Landesrohstoffbericht. – LGRB-Informationen, 27: 204 S.; Freiburg i.Br.
- LGRB (Hrsg.) (2013): Naturwerkstein aus Baden-Württemberg – Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung. – 765 S.; Freiburg i.Br. (LGRB).
- LGRB (2015): Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.): Geodaten der Integrierten geowissenschaftlichen Landesaufnahme (GeoLa), Stand Oktober 2015. – <https://www.lgrb-bw.de>
- LGRB (2017): Blatt L 8110/L 8112 Müllheim/Freiburg im Breisgau Süd (Westteil) und L 8310/L 8312 Lörrach/Schopfheim (Westteil), mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 432 S., 196 Abb., 18 Tab., 4 Kt.; Freiburg i.Br.



- LGRB (2020): Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (Hrsg.): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2019: Gewinnung und Sicherung von mineralischen Rohstoffen – Vierter Landesrohstoffbericht. – LGRB-Informationen, 31: 191 S.; Freiburg i.Br.
- Linck, O. (1943): Die Buntsandstein-Kleinfährten von Nagold (*Limuludichnulus nagoldensis* n. g. n. sp., *Merostomichnus triassicus* n. sp.). – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1943: 9–27; Stuttgart.
- Linck, O. (1981): Fünfzig Jahre Triasforschung im Heilbronner Raum. Erster Teil: Vom Buntsandstein bis zum Lettenkeuper. – Heilbronner Museumsh., 8: 1–86; Heilbronn.
- Lodemann, W. (1956): Die Südspitze des Odenwalds. Stratigraphie und Tektonik am Rheingrabenrand. – Diss. Univ. Heidelberg: 134 S. – [unveröff.]
- Look, E.-R. & Vinken, R. (1971): Elektronische Datenverarbeitung bei der Aufnahme und Herstellung von geologischen Karten. – 29 S., 128 S. Anh.; Hannover (BfB).
- Lukashevich, E. D. (2021): The oldest Diptera (Insecta) from the Upper Buntsandstein (early Middle Triassic) of Europe. – Zootaxa, 5067 (1):135–143; Auckland. – [doi: 10.11646/zootaxa.5067.1.10]
- Lumsden, D. N. & Chimahusky, J. S. (1980): Relationship between dolomite nonstoichiometry and carbonate facies parameters. – SEPM Spec. Publ. 28, 123–137; Tulsa, OK.
- Lutz, M. (1955): Geologie des Deckgebirges zwischen Hausen und Hasel (Blatt 8313 Wehr NW 1:10 000). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i.Br.: 131 S., 1 Kt., 1 Taf. – [unveröff.]
- Lutz, M. (1958): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen am südwestlichen Schwarzwaldrand. – Diss. Univ. Freiburg: 126 S., 3 Taf. – [unveröff.]
- Lutz, M. (1964): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen am südwestlichen Schwarzwaldrand zwischen Wiesental und Hochrhein. – Oberrhein. Geol. Abh., 13: 75–122; Karlsruhe.
- Lutz, M. & Cleintuar, M. (1999): Geological results of a hydrocarbon exploration campaign in the southern Upper Rhine Graben. – Bull. angew. Geol. (Bull. appl. Geol.), 4: Suppl. 3–80, 37 Abb.; Losone.
- Lutz, M., Etzold, A., Käding, K.-C., Lepper, J., Hagdorn, H., Nitsch, E. & Menning, M. (2005): Lithofazies und Leitflächen: Grundlagen einer dualen lithostratigraphischen Gliederung. – Newsl. Stratigr., 41: 211–223, 2 Taf.; Stuttgart.
- Mader, D. (1984a): Charakteristische Fossilien im mitteleuropäischen Buntsandstein. – Naturwissenschaften, 71: 69–78; Berlin.
- Mader, D. (1984b): Fossil-Lagerstätten des mitteleuropäischen Buntsandsteins. – Naturwissenschaften, 71: 137–146; Berlin.
- Mader, D. (1984c): Stratigraphische, paläogeographische und palökologische Signifikanz der Fossilien im mitteleuropäischen Buntsandstein. Ein Literaturbericht. – Zbl. Geol. Paläont. I, 1983: 1165–1217; Stuttgart.
- Mader, D. (1990): Palaeoecology of the flora in Buntsandstein and Keuper in the Triassic of Middle Europe. – 1582 p. [2 vol.]; Stuttgart (G. Fischer).
- Mägdefrau, K. (1968): Paläobiologie der Pflanzen [4. Aufl.]. – 549 S.; Stuttgart / Jena (G. Fischer).
- Mahler, H. & Sell, J. (1993): Die „vulgaris/costa-ta-Bank“ (Oberer Buntsandstein, Mitteltrias) – ein lithostratigraphisch verwertbarer biostratigraphischer Leithorizont mit chronostratigraphischer Bedeutung. – In: Hagdorn, H. & Seilacher, A. (Hrsg.): Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991 [Sonderband Ges. Naturk. Württ., 2]: 187–192; Stuttgart (Goldschneck).
- Mangold, M. (1997): Magnetostratigraphische und gesteinsmagnetische Untersuchungen am Buntsandstein des südlichen Odenwalds. – Diplomarb. Ludw.-Max.-Univ. München: 103 S. – [unveröff.]
- Martins, U. P. & Pfefferkorn, H. P. (1988): Genetic interpretation of a Lower Triassic paleosol complex based on soil micromorphology. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 64: 1–14; Amsterdam.
- Marx, C. M. (1835): Geognostische Skizze der Umgegend von Baden im Grossherzogthum. – 72 S., 6 Taf.; Karlsruhe (D. R. Marx).
- Mattes, S. & Okrusch, M. (1965): Spessart. – Slg. Geol. Führer, 44: 220 S., 4 Beil.; Berlin (Borntraeger).
- McCann, T. (Hrsg.) (2008): The Geology of Central Europe. – 1449+LXXXVIII S.; London (Geol. Soc.).
- McFadden, L. D. (1988): Climatic influences on rates and processes of soil development in Quaternary deposits of southern California. – Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 216: 153–177; Boulder, CO.
- Mehl, J. (1979): Geologie der Rheintalflexurzone südlich Kandern (Südbaden). – Diplomarbeit Geol. Paläont. Inst. Univ. Freiburg i.Br.: 82 S., 1 Anl. – [unveröff.]
- Meister, F. E. (1960): Der Buntsandstein auf dem südlichen Hotzenwald zwischen Alb und Murg. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 74 S., 15 S. Anh., 1 Kt. – [unveröff.]
- Memminger, J. D. G. (1820): Beschreibung, oder Geographie und Statistik, nebst einer Uebersicht der Geschichte von Wuerttemberg. – 541 S.; Stuttgart & Tübingen (Cotta). – [Geognostischer Teil unter Mitarb. v. Hehl, Schübler, Münzing: S. 138–153]
- Memminger, J. D. G. (1823): Beschreibung von Würtemberg, nebst einer Uebersicht seiner Geschichte [2. Aufl.]. – 703 S.; Stuttgart & Tübingen (Cotta). – [Geognostischer Teil unter Mitarb. v. Hehl, Schübler, Münzing: S. 180–202]
- Menning, M. (2020): Geochronologie des Muschelkalks. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 91: 63–110; Stuttgart.
- Menning, M. & Käding, C. (2013): Magnetostratigraphie, Zyklusstratigraphie, geologische Zeitskala und Nomenklatur des Buntsandstein von

- Mitteleuropa. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 165–212; Hannover.
- Menning, M., Gast, R., Hagdorn, H., Käding, K.-C., Simon, T., Szurlies, M. & Nitsch, E. (2005): Zeitskala für Perm und Trias in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002, zykl stratigraphische Kalibrierung der höheren Dyas und Germanischen Trias und das Alter der Stufen Roadium bis Rhaetium 2005. – Newsl. Stratigr., 41: 173–210; Stuttgart.
- Menning, M., Pieńkowski, G., Käding, K.-C., Maletz, J., Kemnitz, H., Kramer, W., Bittmann, F., Hoselmann, C., Janssen, R., Heggemann, H., Hiß, M. & Nitsch, E. (2020): Korrekturen und Ergänzungen zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016) [Corrections and supplements on the Stratigraphic Table of Germany 2016 (STG 2016)]. – Z. dt. Ges. Geowiss., [online]: 6 S. – [doi: 10.1127/zdgg/2020/0228]
- Menning, M., Schröder, B., Plein, E., Simon, T., Lepper, J., Röhling, H.-G., Stapf, K., Lützner, H., Käding, K.-C., Paul, J., Horn, M., Hagdorn, H., Beutler, G. & Nitsch, E. (2011): Beschlüsse der Deutschen Stratigraphischen Kommission 1991–2010 zu Perm und Trias von Mitteleuropa. – Z. dt. Ges. Geowiss., 162: 1–18; Stuttgart.
- Merian, P. (1821a): Beiträge zur Geognosie, Erster Band: Uebersicht der Beschaffenheit der Gebirgsbildungen in den Umgebungen von Basel mit besonderer Hinsicht auf das Juragebirge im Allgemeinen. – 156 S.; Basel (Schweighauser).
- Merian, P. (1821b): Ueber die Flötzbildungen am südwestlichen Rande des Schwarzwaldes. – Naturwiss. Anz. Allg. Schweiz. Ges. ges. Naturwiss., 5 (4): 27–28; Bern.
- Merian, P. (1831): Beiträge zur Geognosie, Zweiter Band: Geognostische Uebersicht des südlichen Schwarzwaldes. – 270 S.; Basel (Schweighauser).
- Metz, R. (1960): Bau und Bild der Landschaft in der Ortenau. – Die Ortenau, Veröff. Hist. Ver. Mittelbaden, 40: 16–57; Offenburg.
- Metz, R. (1971): Mineralogisch-landeskundliche Wanderungen im Nordschwarzwald, besonders in dessen Bergbaurevieren. – Aufschluss, Sonderb. 20: 516 S., 1 Beil.; Heidelberg (VFMG).
- Metz, R. (1980): Geologische Landeskunde des Hotzenwalds. – 1116 S.; Lahr (Schauenburg).
- Metz, R. (1989): Östlicher Hotzenwald, Geologie und Bergbau (Exkursion I am 31. März 1989): – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. 71: 167–175; Stuttgart.
- Metz, R. & Rein, G. (1958): Erläuterungen zur geologisch-petrographischen Übersichtskarte des Südschwarzwaldes 1 : 50 000. – 126 S., 1 Kt.; Lahr (Schauenburg).
- Meyer, H. v. (1847–1855): Die Saurier des Muschelkalkes mit Rücksicht auf die Saurier aus Buntem Sandstein und Keuper. – Zur Fauna der Vorwelt, 2: 167 S., 70 Taf.; Frankfurt a. M. (Keller).
- Meyer, H. v. (1859): *Sclerosaurus armatus* aus dem bunten Sandstein von Rheinfelden. – Palaeontographica, 7: 35–40; Stuttgart.
- Meyerink, T. (2017): Provenance analysis of Permo-Triassic sandstones of the Palatinate Forest. – Masterarb. Univ. Göttingen. – [unveröff.]
- Miall, A.D. (1996): The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. – 582 p.; Berlin (Springer).
- Miller, C. S. & Baranyi, V. (2021): Triassic climates. – In: Alderton, D. & Elias, S.A. (eds.): Encyclopedia of Geology [2nd ed.], 5: 514–524; London (Academic Press). – [Preprint online 2019]
- Milnes, A.R. & Twidale, C.R. (1983): An overview of silicification in Cainozoic landscapes of arid central and southern Australia. – Australian J. Soil Research, 21: 387–410; Melbourne. – [doi: 10.1071/SR9830387]
- Morales, M. & Kamphausen, D. (1984): *Odenwaldia heidelbergensis*, a new benthosuchid stegoccephalian from the Middle Buntsandstein of the Odenwald. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1984: 673–683; Stuttgart.
- Mosbrugger, V. (1998): Vegetationsentwicklung in der Trias. – In: Heizmann, E.P.J. (Hrsg.): Vom Schwarzwald zum Ries: 67–76; München (Pfeil).
- Müller, A. (1864): Über das Vorkommen von Saurier-Resten im bunten Sandstein bei Basel. – N. Jb. Mineral.Geol. Palaeont., 1864: 333–338; Stuttgart.
- Müller, A. (1875): Der Steinkohlenbohrversuch bei Rheinfelden. – Verh. naturforsch. Ges. Basel, 6 (2): 345–352; Basel. – [Erscheinungsjahr des Gesamtbandes ist 1878]
- Müller, E.M. (1954): Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie und Paläogeographie des oberen Buntsandsteins im saar-lothringischen Raum. – Ann. Sci. Univ. Saarbrücken, 3: 176–523; Saarbrücken.
- Müller, E.M. (2013): Buntsandstein im Saarland. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 515–212; Hannover.
- NAGRA (1986): Sondierbohrung Böttstein. Geologie. – Nagra Techn. Ber., NTB 85-02: 207 S., 85 Beil.; Baden.
- NAGRA (1988): Sondierbohrung Weiach. Geologie. – Nagra Techn. Ber., NTB 86-01: 438 S., 110 Beil.; Baden.
- NAGRA (1989a): Sondierbohrung Kaisten. Geologie. – Nagra Techn. Ber., NTB 86-04: 286 S., 86 Beil.; Baden.
- NAGRA (1989b): Sondierbohrung Leuggern. Geologie. – Nagra Techn. Ber., NTB 86-05: 231 S., 87 Beil.; Baden.
- NAGRA (1989c): Sondierbohrung Weiach. Untersuchungsbericht. – Nagra Techn. Ber., NTB 88-08: 202 S., 104 Beil.; Baden.
- NAGRA (1990): Sondierbohrung Riniken. Untersuchungsbericht. – Nagra Techn. Ber., NTB 88-09: 142 S., 80 Beil.; Baden.
- NAGRA (1991): Sondierbohrung Leuggern. Untersuchungsbericht. – Nagra Techn. Ber., NTB 88-10: 183 S., 139 Beil.; Baden.



- NAGRA (1992a): Sondierbohrung Schafisheim. Untersuchungsbericht. – Nagra Techn. Ber., NTB 88-11: 199 S., 102 Beil.; Wettingen.
- NAGRA (1992b): Sondierungsbohrung Weiach. Untersuchungsbericht. – Nagra Techn. Ber., NTB 90-34: 174 S., 104 Beil.; Wettingen.
- NAGRA (2001): Sondierbohrung Benken. Untersuchungsbericht. – Nagra Techn. Ber., NTB 00-01: 288 S., 64 Beil.; Wettingen.
- NAGRA (2021a): TBO Bülach-1-1: Data Report. – Nagra-Arbeitsber., NAB 20-08: Dossier I 43+75 S.+3 App., II 269 S.+1 App., III 64 S.+8 App., IV 67+34 S.+2 App., V 161 S.+11 App., VI 65 S.+5 App., VII 67+20 S., VIII 225 S., IX 71+90 S., X 49 S.+5 App., Summary Plot 13 S.+1 App.; Wettingen (CH).
- NAGRA (2021b): TBO Marthalen-1-1: Data Report. – Nagra-Arbeitsber., NAB 21-20: Dossier I 63 S.+18 App., II 167 S.+1 App., III 73 S.+7 App., IV 62+28 S.+2 App., V 147 S.+10 App., VI 65 S.+5 App., VII 96+25 S., VIII 226 S.+1 App., IX 76+79 S., X 47 S.+5 App., Summary Plot 15 S.+1 App.; Wettingen (CH).
- NAGRA (2021c): TBO Trüllikon-1-1: Data Report. – Nagra-Arbeitsber., NAB 20-09: Dossier I 47+96 S., II 241 S.+1 App., III 74 S.+8 App., IV 57+25 S.+2 App., V 129 S.+10 App., VI 65 S.+5 App., VII 80+33 S., VIII 192 S.+2 App., IX 80+99 S., X 43 S.+5 App., Summary Plot 15 S.+1 App.; Wettingen (CH).
- NAGRA (2022a): TBO Bözberg-1-1: Data Report. – Nagra-Arbeitsber., NAB 21-21: Dossier I 47+84 S.+2 App., II 291 S.+1 App., III 80 S.+7 App., IV 65+26 S.+2 App., V 133 S.+11 App., VI 76 S.+6 App., VII 98+33 S., VIII 212 S., IX 74+91 S., X 47 S.+5 App., Summary Plot 15 S.+1 App.; Wettingen (CH).
- NAGRA (2022b): TBO Stadel-2-1: Data Report. – Nagra-Arbeitsber., NAB 22-02: Dossier I 61 S.+18 App., II 207 S.+1 App., III 83 S.+8 App., IV 62+34 S.+2 App., V 159 S.+11 App., VI 72 S.+6 App., VII 100+24 S., VIII 188 S., IX 61+40 S., X 49 S.+5 App., Summary Plot 15 S.+1 App.; Wettingen (CH).
- NAGRA (2022c): TBO Stadel-3-1: Data Report. – Nagra-Arbeitsber., NAB 22-01: Dossier I 39+73 S.+2 App., II 213 S.+1 App., III 81 S.+8 App., IV 63+25 S.+2 App., V 165 S.+10 App., VI 70 S.+6 App., VII 100+26 S., VIII 188 S., IX 60+50 S., X 47 S.+5 App., Summary Plot 15 S.+1 App.; Wettingen (CH).
- NAGRA (2023): TBO Bachs-1-1: Data Report. – Nagra-Arbeitsber., NAB 22-04: Dossier I 71 S.+18 App., II 205 S., III 81 S.+8 App., IV 66+28 S.+2 App., V 151 S.+10 App., VI 78 S.+6 App., VII 94+24 S., VIII 203 S., X 47 S.+5 App., Summary Plot 17 S.+1 App.; Wettingen (CH).
- Neumann, R. (1912): Geologische Untersuchungen am Schwarzwaldrand zwischen Kandern und Wehr. – Mitt. geozgl. Bad. Geol. Landesanst., 6 (1912): 701–732; Heidelberg.
- Nichols, G.J. & Fisher, J.A. (2007): Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. – *Sedim. Geol.*, 195: 75–90; Amsterdam. – [doi: 10.1016/j.sedgeo.2006.07.004]
- Nickel, E. & Fetter, M. (1979): Odenwald. Vorderer Odenwald zwischen Darmstadt und Heidelberg. – *Slg. Geol. Führer*, 65: 202 S.; Stuttgart (Borntraeger).
- Nitsch, E. & Hug-Diegel, N. (2020): Zechstein in Baden-Württemberg und Südhessen. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland XII. Zechstein*. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 89: 553–557; Hannover.
- Nitsch, E. & Simon, T. (2020): Der Muschelkalk im Untergrund von Oberschwaben und Schwäbischer Alb. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland. Muschelkalk*. – *Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss.*, 91: 1075–1087; Hannover.
- Nitsch, E. & Zedler, H. (2009): Oberkarbon und Perm in Baden-Württemberg. – *LGRB-Informationen*, 22: 7–102; Freiburg i.Br.
- Nitsch, E., Kimmig, B. & Saussele, M. (2017): Die äußere Randfazies des Buntsandsteins in neuen Kernbohrungen bei Steinen im Wiesental (Schopfheimer Bucht, Baden-Württemberg). – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F.* 99: 507–544; Stuttgart.
- Nitsch, E., Kramm, E. & Simon, T. (2020): Zyklotratiographie des Muschelkalks. – *Schriftenr. Dt. Geol. Ges.*, 91: 347–381; Stuttgart.
- Noe, K. (1987): Geologische Kartierung 1:25 000 Dinkelberg / Hochrhein (NE-Quadrant des Bl. 8312 Schopfheim). – *Diplomkartierung Geol. Paläont. Inst. Univ. Heidelberg*: 67 S., 3 Anl. – [unveröff.]
- Obenauer, K. (1974): Über Achate vom „Uruguay-Typ“ im Oberen Buntsandstein des Nordschwarzwaldes. – *Aufschluss*, 25: 110–116; Heidelberg.
- Obenauer, K. (1979): Über den Aufbau des Buntsandstein-Carneols und seiner Achatdrusen. – *Aufschluss*, 30: 113–119; Heidelberg.
- Oeynhaus, C.v., Dechen, H.v. & LaRoche, C.v. (1825): *Geognostische Umrisse der Rheinländer zwischen Basel und Mainz mit besonderer Rücksicht auf das Vorkommen des Steinsalzes*. – 323 S., 1 Kt.; Essen (Bädeker).
- Olivarius, M., Weibel, R., Friis, H., Boldreel, L.O., Keulen, N. & Thomsen, T.B. (2017): Provenance of the Lower Triassic Bunter Sandstone Formation: implications for distribution and architecture of aeolian vs. fluvial reservoirs in the North German Basin. – *Basin Res.*, 29: 113–130; Oxford. – [online 2015; doi: 10.1111/bre.12140]
- Ortlam, D. (1963): Geologie der Umgebung von Pfalzgrafenweiler (NE-Schwarzwald) mit besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie des Oberen Buntsandsteins (so). – *Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Frankfurt a. M.*: 103 S., 4 Taf., 2 Kt. – [unveröff.]
- Ortlam, D. (1966): Fossile Böden und ihre Verwendung zur Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen

- Odenwald. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. 48: 69–78; Stuttgart.
- Ortlam, D. (1967): Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. – Geol. Jb., 84: 485–590, 5 Taf.; Hannover. – [Diss. Univ. Frankfurt a. M. 1965: 212 S., 12 Taf.]
- Ortlam, D. (1968): Neue Ergebnisse aus dem höheren Buntsandstein des nördlichen Schwarzwaldes und des Kraichgaus. – Geol. Jb., 86: 693–750; Hannover.
- Ortlam, D. (1969a): Paläoböden im höheren Buntsandstein des mittleren Schwarzwaldes. – Geol. Jb., 87: 61–88; Hannover.
- Ortlam, D. (1969b): Fossile Böden im rechtsrheinischen, höheren Buntsandstein, ihre Ursache, Entstehung und stratigraphische Bedeutung. – Z. dt. geol. Ges., 118 (1966): 238–239; Hannover.
- Ortlam, D. (1970a): Eine Strukturkarte des südlichen Kraichgaus. – Geol. Jb., 88: 553–566; Hannover.
- Ortlam, D. (1970b): Die Randfazies des germanischen Buntsandsteins im südlichen Schwarzwald. – Geol. Jb., 89: 135–168; Hannover.
- Ortlam, D. (1970c): Die Randfazies des Buntsandsteins im Schwarzwald dargestellt auf der Basis paläopedologischer Korrelationen. – Z. dt. geol. Ges., 121 (1969): 99–103; Hannover.
- Ortlam, D. (1970d): Die Randfazies des Buntsandsteins im Schwarzwald. – Z. dt. geol. Ges., 121 (1969): 99–103; Hannover.
- Ortlam, D. (1970e): *Eocyclotusaurus woschmidtii* n. g. n. sp. – ein neuer Capitosauride aus dem Oberen Buntsandstein des nördlichen Schwarzwaldes. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1970: 568–590; Stuttgart.
- Ortlam, D. (1971a): Paläoböden und ihre Bedeutung in der stratigraphischen und angewandten Geologie. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 43: 171–181; Stuttgart.
- Ortlam, D. (1971b): Paleosols and their significance in stratigraphy and applied geology in the Permian and Triassic of Southern Germany. – Yaalon, D.H. (ed.): Paleopedology – Origin, nature and dating of paleosols: 321–327; Jerusalem.
- Ortlam, D. (1974): Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa. – Geol. Rdsch., 63: 851–884; Stuttgart.
- Ortlam, D. (1980): Erkennung und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Locker- und Festgesteinen. – Geol. Rdsch., 69: 581–593; Stuttgart.
- Parrish, J.T. (1993): Climate of the Supercontinent Pangaea. – J. Geol., 101: 215–233; Chicago.
- Parrish, J.T. (1999): Pangaea und das Klima der Trias. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.): Trias, eine ganz andere Welt: Europa im frühen Erdmittelalter: 37–42; München (Pfeil).
- Paul, J. (2007): Facies analysis and sequence stratigraphy of an evaporitic-fluvial unit: the Röt (Buntsandstein, Lower Triassic, Germany). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 242: 103–132; Stuttgart.
- Paul, J. (2021a): Oberer Buntsandstein. – In: HLNUG (Hrsg.): Geologie von Hessen: 267–280; Stuttgart (Schweizerbart).
- Paul, J. (2021b): Der Buntsandstein im zentralen Germanischen Becken. – In: Hauschke, N., Franz, M. & Bachmann, G.H. (Hrsg.): Trias – Aufbruch in das Erdmittelalter: 49–56; München (Pfeil).
- Paul, J. (2021c): Klima der Trias im Germanischen Becken. – In: Hauschke, N., Franz, M. & Bachmann, G.H. (Hrsg.): Trias – Aufbruch in das Erdmittelalter: 152–157; München (Pfeil).
- Paul, J. & Puff, P. (2013): Das Klima des Buntsandsteins. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 213–221; Hannover.
- Paul, J., Wemmer, K. & Ahrendt, H. (2008): Provenance of siliciclastic sediments (Permian to Jurassic) in the Central European Basin. – Z. dt. Ges. Geowiss., 159: 641–650; Stuttgart.
- Paul, W. (1948): Beiträge zur Tektonik und Morphologie des mittleren Schwarzwaldes und seiner Ostabdachung. – Mitteilungsbl. Bad. Geol. Landesanst., 1948: 45–49; Freiburg i. Br.
- Paul, W. (1971): Die Trias. – In: Sauer, K. & Schnetter, M. (Hrsg.), Die Wutach. – Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, 6: 37–115; Freiburg i. Br.
- Paulus, K.E. (1866a): Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg. Atlasblatt Freudenstadt mit den Umgebungen von Freudenstadt, Dornstetten, Dornhan, Sulz und Alpirsbach. – 26 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- Paulus, K.E. (1866b): Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg. Atlasblatt Liebenzell mit den Umgebungen von Liebenzell, Hirschau, Weil der Stadt, Heimsheim, Mönshausen und Pforzheim. – 10 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- Paulus, K.E. (1868): Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg. Atlasblatt Wildbad mit den Umgebungen von Wildbad, Herrenalb, Loffenau, Dobel und Neuenbürg. – 21 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- Paulus, K.E. (1871): Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg, Atlasblätter Altensteig, Oberthal (Hornisgrinde) und Kniebis, mit den Umgebungen von Altensteig, Pfalzgrafenweiler, Wildbad, Schwarzenberg, Hornisgrinde und Kniebis. – 22 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- Paulus, K.E. (1875a): Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg. Atlasblatt Oberndorf mit den Umgebungen von Oberndorf, Rottweil, Schramberg, Dunningen etc. – 17 S., 1 Taf.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- Paulus, K.E. (1875b): Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg. Atlasblatt Horb mit den Umgebungen von Horb, Sulz, Rottenburg, Haigerloch, Haigerloch, Imnau und Niedernau. – 20 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- Péron, S., Bourquin, S., Fluteau, F. & Guillocheau, F. (2005): Paleoenvironment reconstructions and climate simulations of the Early Triassic: Impact



- of the water and sediment supply on the preservation of fluvial systems. – *Geodinamica Acta*, 18: 431–446; Paris.
- Parrish, J. T. (1999): Pangaea und das Klima der Trias. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.): *Trias, eine ganz andere Welt: Europa im frühen Erdmittelalter*: 37–42; München (Pfeil).
- Pfaff, F. (1893): Untersuchungen über die geognostischen Verhältnisse zwischen Kandern und Lörrach im badischen Oberland. – *Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg i. Br.*, 7: 117–152; Freiburg i. Br.
- Pfannenstiel, M. (1928a): Zwei interessante geologische Funde aus Baden. *Limulus Bronni* Schimper aus dem oberen Buntsandstein Villingens. *Nautilus* sp. Aus dem Hauptrogenstein von Herbolzheim im Breisgau. – *Mitt. Bad. Landesver. Naturk. Natursch. Freiburg i. Br.*, N. F. 2: 189–193; Freiburg i. Br.
- Pfannenstiel, M. (1928b): Eine Jugendform von *Limulus Bronni* aus dem Plattensandstein Badens. – *Centralbl. Mineral. Geol. und Palaontol. B*, 1928: 536–549; Stuttgart.
- Pfefferkorn, H.W. & Fuchs, K. (1991): A field classification of fossil plant substrate interactions. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 183: 17–36; Stuttgart.
- Philippi, E. (1901): Über die Bildungsweise der buntgefärbten, klastischen Gesteine der Trias. – *Cbl. Mineral. Geol. Palaeont.*, 1901: 463–469; Stuttgart.
- Philippi, E. (1908): Die kontinentale Trias. – In: Frech, F. (Red.): *Lethaea Geognostica, Handbuch der Erdgeschichte mit Abbildungen der für die Formationen bezeichnendsten Versteinerungen*, II. Teil, Das Mesozoikum, 1. Band, Trias, 5–105, Stuttgart (Schweizerbart).
- Platz, P. (1858): Geognostische Beschreibung des Unteren Breisgaus von Hochburg bis Lahr. – 29 S., 2 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- Platz, P. (1867): Geologische Beschreibung der Umgebungen von Lahr und Offenburg. – *Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzm. Baden*, 25: 64 S., 2 Taf., 2 Kt.; Karlsruhe (Müller).
- Platz, P. (1869): Die Triasbildungen des Taubertales. – *Verh. Naturwiss. Ver. Karlsruhe*, 3: 59–100; Karlsruhe.
- Platz, P. (1870): [Briefl. Mitt. über Buntsandstein und Muschelkalk der Sektion Ettlingen]. – *N. Jb. Mineral. Geol. Palaeont.*, 1870: 325–326; Stuttgart.
- Platz, P. (1872): Geologie des Pfinztales. – *Jber. Realgymn. Karlsruhe*, 4 (1871/72):
- Platz, P. (1873a): Geologische Beschreibung der Umgebungen von Forbach und Ettlingen (Sectionen Forbach und Ettlingen der topographischen Karte des Großherzogthums Baden). – *Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzm. Baden*, 33: 40 S., 2 Kt., 3 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- Platz, P. (1873b): Über Petrefakten im bunten Sandstein. – *N. Jb. Mineral. Geol. Palaeont.*, 1873: 533–535; Stuttgart.
- Platz, P. (1881): Geologisches Profil der Neckarthal-Bahn von Heidelberg bis Jagstfeld. – *Verh. Naturwiss. Ver. Karlsruhe*, 1880: 299–326, Taf. 1; Karlsruhe.
- Platz, P. (1885): Geologie. – In: *Das Großherzogtum Baden in geographischer, naturwissenschaftlicher, geschichtlicher, wirtschaftlicher und staatlicher Hinsicht dargestellt*: 52–72, 1 Kt.; Karlsruhe (Bielefeld).
- Plum, H., Dietze, G., Armbruster, V. & Wirsing, G. (2009): Natürliche geogene Grundwasserbeschaffenheit in den hydrogeologischen Einheiten von Baden-Württemberg. – *LGRB-Informationen*, 23: 192 S.; Freiburg i. Br.
- Plum, H., Ondreka, J. & Armbruster, V. (2008): Hydrogeologische Einheiten in Baden-Württemberg. – *LGRB-Informationen*, 20: 106 S.; Freiburg i. Br.
- Plum, H., Prechtel, M., Walzer, M. & Wirsing, G. (2001): Erhebung räumlicher Geometrien und hydraulische Beschreibung von Grundwassereinheiten in Baden-Württemberg. – *Interner Bericht, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg*: 24 S., 20 Anl. – [unveröff.]
- Pollard, J. E. (1981): A comparison between the Triassic trace fossils of Cheshire and South Germany. – *Palaeontology*, 24: 555–588; London.
- Priddy, C.L. & Clarke, S.M. (2021): Spatial variation in the sedimentary architecture of a dryland fluvial system. – *Sedimentology*, 68: 2887–2917; Oxford. – [doi: 10.1111/sed.12876]
- Pye, K. (1983): Post-depositional reddening of late Quaternary coastal dune sands, north-eastern Australia. – In: Wilson, R.C.L. (ed.): *Residual Deposits: Surface Related Weathering Processes and Materials*. – *Spec. Publ. Geol. Soc. London*, 11: 117–130; Oxford (Blackwell).
- Quenstedt, F.A. (1842): Das Schwäbische Stufenland. – In: Bauer, L. (Hrsg.), *Schwaben, wie es war und ist*: 270–374; Karlsruhe (Macklot).
- Quenstedt, F.A. (1843): Das Flözgebirge Württembergs. Mit besonderer Rücksicht auf den Jura. – 560 S.; Tübingen (Laupp).
- Quenstedt, F.A. (1852): Handbuch der Petrefaktenkunde. – 792 S., 62 T.; Tübingen (Laupp).
- Quenstedt, F.A. (1864): Geologische Ausflüge in Schwaben. – 377 S.; Tübingen (Laupp).
- Quenstedt, F.A. (1877): *Epochen der Natur*. – 853 S.; Tübingen (Laupp). – [2. Aufl.]
- Quenstedt, F.A. (1880): Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg, Atlasblatt Hall mit den Umgebungen von Gaildorf, Murrhardt, Mainhardt etc. – 40 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- Quenstedt, F.A. (1884): Geologische Ausflüge in Schwaben. – 377 S.; Tübingen (Laupp). – [2. Aufl.]
- Quenstedt, F.A. (1885): Handbuch der Petrefaktenkunde. – 1239 S.; Tübingen (Laupp). – [3. Aufl.]
- Rauber, U. (1979): Geologie des Gebiets zwischen Steinen – Maulburg – Kloster Weitenau (Weitenauer Vorberge / Südbaden). – *Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.*: 56 S., 2 Beil. – [unveröff.]

- Regelmann, C. (1874): Trigonometrische Höhenbestimmungen für die Atlasblätter Altensteig, Kniebis, Oberthal, Calw und Wildbad. – Württ. Jb. Stat. Landesk., 1873, III–LI; Stuttgart.
- Regelmann, K. (1903): Geologische Untersuchung der Quellgebiete von Acher und Murg im nördlichen Schwarzwald. – Diss. Univ. Heidelberg: 44 S., 1 Kt., 1 Taf.; Stuttgart (Stähle & Friedel).
- Regelmann, K. (1907): Erläuterungen zu Blatt Oberthal-Kniebis (Nr. 91 und 104). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 91 & 104: 162 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1934, 1972, 1981: Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7415 Seebach und 7515 Oppenau; Stuttgart]
- Regelmann, K. (1908): Erläuterungen zu Blatt Baiersbronn (Nr. 92). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 92: 115 S.; Stuttgart. – [7416, 1. Aufl.]
- Regelmann, K. (1911): Erläuterungen zu Blatt Enzklösterle (Nr. 78). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 78: 107 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1934, 1973: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7316 Forbach; Stuttgart].
- Regelmann, K. (1913): Erläuterungen zu Blatt Wildbad (Nr. 66). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 66: 160 S., 1 Beil.; Stuttgart. – [Nachdruck 1934, 1971, 1996: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7217 Bad Wildbad; Stuttgart].
- Regelmann, K. (1919): Erläuterungen zu Blatt Calw (Nr. 67). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 67: 233 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1966: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7218 Calw; Stuttgart].
- Regelmann, K. (1935), neubearb. v. Bräuhäuser, M.: Erläuterungen zu Blatt Baiersbronn (Nr. 92). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 92: 114 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1972, 1991: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7416 Baiersbronn; Stuttgart].
- Regelmann, K. (1988): Erläuterungen zu Blatt 7316 Forbach [4. korr. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 7316: 146 S.; Stuttgart.
- Regelmann, K. (1991) mit Nachtr. v. Hüttner, R., Leiber, J. & Wendt, O.: Erläuterungen zu Blatt 7218 Calw (3. Aufl.). – Geol. Kt. 1:25.000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7218: 268 S.; Stuttgart.
- Regelmann, K. (2002) mit Nachtr. v. Grimm, B., Leiber, J. & Martin, M.: Erläuterungen zu Blatt 7415 Seebach [5. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7415: V+193 S., 2 Beil.; Freiburg i. Br.
- Rehmann, E. & Vogelgesang, W.M. (1872): Die fürstliche Naturalien-Sammlung in Donaueschingen, mit einem Führer in den geologischen Sammlungen. – Schr. Ver. Gesch. u. Naturgesch. D. Baar u. d. angrenzenden Landestheile in Donaueschingen, 2: 105–184; Donaueschingen.
- Reible, P. (1962): Die Conchostraken (Branchiopoda, Crustacea) der germanischen Trias. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 114: 169–244, Taf. 6–10; Stuttgart.
- Reich, L. (1841): Ueber die geognostischen Verhältnisse der sog. Länge und der Vorhügel des Schwarzwalds von Gutmadingen bis Mistelbrunn. – Schriften und Akten Ges. Freunde vaterl. Gesch. Naturgesch. an den Quellen der Donau; Donaueschingen. – [zit. nach C.B.A. Fickler in Schr. Alterthums-Verein Grhztg. Baden, 2 (1846): S. 383]
- Reiff, W. (1992): Zur Geschichte des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 34: 7–191; Freiburg i. Br.
- Reinl, C. & Brockamp, O. (1998): Hydrothermale Alteration von Deckgebirgsserien (Rotliegendes und Buntsandstein) im Offenburger Trog, Mittlerer Schwarzwald. – Geol. Abstr., 3; Amsterdam.
- Reinl, C. & Brockamp, O. (1999a): Hydrothermal alteration of sedimentary cover rocks in the Offenburg Trough, Black Forest, Germany. – Terra Nostra, 99/6: 248–249; Berlin.
- Reinl, C. & Brockamp, O. (1999b): The hydrothermal aureole in the Offenburg Trough, Black Forest – illite chemistry and temperature constraints. – Beih. Eur. J. Mineral., 11: 190; Stuttgart.
- Reinl, C., Brockamp, O. & Clauer, N. (1998): Hydrothermale Alteration von Deckgebirgsserien im Offenburger Trog, Mittlerer Schwarzwald. – Beih. Eur. J. Mineral., 10: 228; Stuttgart. – [auch: Terra Nostra 98/3, P147]
- Reis, O.M. (1914): Erläuterungen zur geologischen Karte des Königreichs Bayern 1 : 25 000, Blatt Kissingen No. 41. – 79 S., 4 Taf.; München (Kgl. Oberbergamt).
- Reis, O.M. (1928): Die unterfränkische Trias. Der Buntsandstein. – In: Schuster, M. (Hrsg.): Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh., VI: 21–28; München (Oldenbourg).
- Reis, O.M. (1928): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 100 000, Teilblatt Würzburg Nr 23. – 54 S., 9 Taf.; München (Kgl. Oberbergamt).
- Reis, O.M. & Schuster, M. (1914): Erläuterungen zur geologischen Karte des Königreichs Bayern 1 : 25 000, Blatt Ebenhausen No. 67. – 68 S., 2 Taf.; München (Kgl. Oberbergamt).
- Rengger, A. (1824): Beyträge zur Geognosie, besonders zu derjenigen der Schweiz und ihrer Umgebungen. Erster Band. – 254 S.; Stuttgart und Tübingen (Cotta).
- Rest, H. (1951): Beiträge zur Geologie der Vorbergzone zwischen Lahr und Offenburg. – Diss. Univ. Freiburg i. Br.: 119 S., 21 Taf., 1 Kt. – [unveröff.].
- Retallack, G.J. (1997): A colour guide to paleosols. – 175 p.; Chichester (Wiley).
- Retallack, G.J. (2001): Soils of the past: an introduction to paleopedology (2. ed.). – 404 p.; Oxford (Blackwell).
- Richter-Bernburg, G. (1974): Stratigraphische Synopsi des deutschen Buntsandsteins. – Geol. Jb., A 25: 127–132; Hannover.
- Riek, G. (1931): Stratigraphie des Hauptbuntsandsteins im Schwarzwald. – Diss. Univ. Tübingen: 173 S.; Tübingen.
- Riek, G. & Lebkühner, R. (1928): Über Fährtenfunde im mittleren Buntsandstein des Nordschwarzwaldes. – Cbl. Mineral. Geol. Paläont., 1928: 633–641; Stuttgart.



- Röhling, H.-G. (2013): Der Buntsandstein im Norddeutschen Becken – regionale Besonderheiten. – *Schriften. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 269–384; Hannover.
- Röhling, H.-G. & Heunisch, C. (2010): Der Buntsandstein. Eine lebensfeindliche Wüste oder doch mehr? – *Biologie in unserer Zeit*, 40: 268–276; Weinheim.
- Röhling, H.-G. & Lepper, J. (2013): Paläogeographie des Mitteleuropäischen Beckens während der tieferen Trias (Buntsandstein). – *Schriften. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 43–67; Hannover.
- Röhling, H.-G., Lepper, J., Diehl, M., Dittrich, D., Freudenberger, W., Friedlein, V., Hug-Diegel, N. & Nitsch, E. (2018): Der Buntsandstein in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 [The Buntsandstein Group in the Stratigraphic Table of Germany 2016]. – *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, 169: 151–180; Stuttgart.
- Röhrer, F. (1914): Das Bohrloch der Papierfabrik in Dill-Weissenstein bei Pforzheim. – *Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver. N. F.* 4: 13–29; Stuttgart.
- Röhrer, F. (1925a): Fossile Luftblasen im Buntsandstein. – *Cbl. Mineral. Geol. Paläont.*, B 1925: 418–422; Stuttgart.
- Röhrer, F. (1925b): Von der Geologie und Oberflächengestaltung des Enz-Pfinzgaus. – *Bad. Heimat*, 12: 10–19; Karlsruhe.
- Röhrer, F. (1939): Zur geologischen Geschichte der Gegend um Heidelberg. – In: Busse, H. E. (Hrsg.): *Heidelberg und das Neckartal*: 45–60, Karlsruhe (Braun).
- Rösler, G. F. (1788): *Beyträge zur Naturgeschichte des Herzogthums Wirtemberg. Nach der Ordnung und den Gegenden der dasselbe durchströmenden Flüsse. Erstes Heft.* – 240 S., 1 Taf.; Tübingen (Cotta).
- Rübenstrunk, E. (1910): Beitrag zur Kenntnis der deutschen Trias-Myophorien. – *Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst.*, 6 (1912): 85–248, Taf. VI–VIII; Heidelberg.
- Rückert, E. (1977): Erläuterungen zu einer geologischen Kartierung auf Blatt 6223 Wertheim der topogr. Karte 1 : 25 000. – *Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Würzburg.* – [unveröff.]
- Rücklin, H. & Schweizer, V. (1971): The Geology and Geomorphology of Heidelberg, and its surroundings. – In: Müller, G. (Hrsg.), *Sedimentology of Parts of Central Europe.* – 8th Int. Congr. Sedim., Guidebook: 337–344; Frankfurt (Kramer).
- Rüger, L. (1928): *Geologischer Führer durch Heidelbergs Umgebung.* – 351 S.; Heidelberg (Winter).
- Rüger, L. (1929): Über Fährtenfunde aus dem oberen Buntsandstein von Neckarburken bei Mosbach (Baden). – *Bad. geol. Abh.*, 1: 83–96, 1 Taf.; Karlsruhe.
- Rupf, I. & Nitsch, E. (2008): Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse. – *LGRB-Informationen*, 21: 81 S., 10 Beil.; Freiburg i. Br.
- Ryf, W. (1984): Thermalwasserbohrung 1983 Engerfeld, Rheinfelden. – *Rheinfelder Neujahrsbl.*, 1984: 43–52; Rheinfelden (AG).
- Sack, H. (1962): *Geologie der Emmendinger Vorberge zwischen Freiamt und Heimbach.* – *Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.*: 100 S. – [unveröff.]
- Salomon, W. (1901): Über eine eigentümliche Grabenversenkungen bei Eberbach im Odenwald. – *Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst.*, 4 (1903): 209–252; Heidelberg.
- Salomon, W. (1909): *Geologischer Spaziergang auf das Heidelberger Schloß und die Molkenkur* (14. April 1909, nachmittags). – *Ber. Vers. Oberrh. Geol. Ver.*, 42: 9–13; Stuttgart.
- Salomon, W. (1909): Ausflug in den Sandstein-Odenwald (15. IV. 1909). – *Ber. Vers. Oberrh. Geol. Ver.*, 42: 13–16; Stuttgart.
- Sandberger, F. (1858): [Briefl. Mitt. über Schichtenfolge im Breisgau und um Baden-Baden]. – *N. Jb. Geogn. Geol. Petrefaktenk.*, 1858: 199–202; Stuttgart.
- Sandberger, F. (1859): Über die offiziellen geologischen Aufnahmen Baden'scher Bäder. – *N. Jb. Mineral. Geogn. Petrefaktenk.*, 1859: 129–152; Stuttgart.
- Sandberger, F. (1861): Geologische Beschreibung der Gegend von Baden (Sectionen Rastatt und Steinbach der topographischen Karte des Großherzogthums Baden). – *Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzm. Baden*, 11: 66 S., 2 Kt., 3 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- Sandberger, F. (1863): Geologische Beschreibung der Umgebungen der Renschbäder (Section Oppenau der topographischen Karte des Großherzogthums Baden). – *Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzm. Baden*, 16: 53 S., 1 Kt., 2 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- Sandberger, F. (1864a): Zur Erläuterung der geologischen Karte der Umgebung von Karlsruhe (Durlach). – *Verh. Naturwiss. Ver. Carlsruhe*, 1: 20–29, Taf. 1; Karlsruhe.
- Sandberger, F. (1864b): Ueber die Gerölle des Buntsandsteins, besonders jenes des nördlichen Schwarzwaldes und deren Herkunft. – *N. Jb. Mineral. Geol. Palaeont.*, 1894: 96–100; Stuttgart.
- Sandberger, F. (1867): Die Gliederung der Würzburger Trias und ihrer Aequivalente, I. – *Würzburger Naturwiss. Z.*, 6: 131–153, 2 Tab.; Würzburg.
- Sandberger, F. (1882): Die Triasformation im mittleren Maingebiete. – *Gemeinnütz. Wochenschr.*, 32: 1–9, 17–23, 35–41; Würzburg.
- Sass, K. (2019): Quantitative Schwermineralanalyse ausgewählter stratigraphischer Einheiten der Bohrung Kraichgau 1002 Gemmingen (Baden-Württemberg). – *Projektarb. Univ. Göttingen*: 41 S. – [unveröff.]
- Sass, K. (2021): Permo-triassische Siliziklastika aus Schwarzwald, Pfälzerwald und Nordvogesen: Quantitative Schwermineralanalyse, Zirkon U-Pb Geochronologie und Implikationen für die Liefergebietsanalyse. – *Masterarb. Univ. Göttingen*: 334 S. – [unveröff.]

- Sass, K., Eynatten, H.v., Meyerink, T., Schade, J. & Dunkl, I. (2023): Heavy mineral constraints on the evolution and provenance of upper Permian and lower Triassic siliciclastic deposits of the Central European Basin. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 174: 545–571; Stuttgart.
- Sauer, A. (1894): Erläuterungen zu Blatt Gengenbach (Nr. 82). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 82: 87 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7514 Gengenbach; Stuttgart]
- Sauer, A. (1895): Erläuterungen zu Blatt Oberwolfach-Schenkenzell (Nr. 88/89). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 88/89: 76 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1986, 1995: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7615 Wolfach; Stuttgart].
- Sauer, A. (1897): Erläuterungen zu Blatt Hornberg-Schiltach (Nr. 94/95). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 94/95: 60 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1986, 1996: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7715 Hornberg; Stuttgart].
- Sauer, A. (1898): Erläuterungen zu Blatt Neckargemünd (Nr. 32). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 32: 110 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6618 Heidelberg-Süd; Stuttgart]
- Sauer, A. (1899): Erläuterungen zu Blatt Triberg (Nr. 100). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 100: 48 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7815 Triberg im Schwarzwald; Stuttgart].
- Sauer, A. (1909): Ausflug in den Sandstein-Odenwald. – Ber. Vers. Oberrh. Geol. Ver., 42: 13–16; Stuttgart.
- Sauer, K. (1949): Neue Profile und Beobachtungen aus dem Unteren Buntsandstein der Ortenau und des Breisgaues. – Mitteilungsbl. Bad. Geol. Landesanst., 1949: 16–23; Freiburg i. Br.
- Sauer, K. (1950): Beiträge zur Geologie der Emmendinger Vorberge. – Mitteilungsbl. Bad. Geol. Landesanst., 1950: 23–29; Freiburg i. Br.
- Savas, Ü. (1990): Geologie, Stratigraphie, Tektonik des Gebiets zwischen Mooskopf, Nordrach-Fabrik und Kornebene östlich von Gengenbach (mittlerer Schwarzwald). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 119 S., 2 Beil. – [unveröff.]
- Savas, Ü. (1998): Stratigraphische Synopsis des rechts- und linksrheinischen Hauptkonglomerats (smc2) des höheren Mittleren Buntsandsteins (sm) im südlichen Buntsandsteinbecken. – Freiburger Geowiss. Beitr., 12: 214 S.; Freiburg i. Br. – [Diss. Univ. Freiburg i. Br. 1997: 331 S.]
- Sawallisch, A. (1990): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Gebiets zwischen Zuwald, Freiersberg und Renchtal (Mittlerer Schwarzwald). – Diplomkart. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 19 S., 2 Kt. – [unveröff.]
- Sawatzki, G. (1997a): Beiheft zu Blatt 8215 Ühlingen-Birkendorf (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8215: 12 S.; Freiburg i. Br.
- Sawatzki, G. (1997b): Beiheft zu Blatt 8413 Bad Säckingen (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8413: 32 S.; Freiburg i. Br.
- Sawatzki, G. (1998): Beiheft zu Blatt 8313 Wehr (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8313: 17 S.; Freiburg i. Br.
- Sawatzki, G. (1999): Beiheft zu Blatt 8212 Malsburg-Marzell (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8212: 15 S.; Freiburg i. Br.
- Sawatzki, G. (2005), Mit Beitr. v. Etzold, A., Grimm, B. & Martin, M.: Erläuterungen zu Blatt 8215 Ühlingen-Birkendorf. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 8215: 106 S., 5 Beil.; Freiburg i. Br.
- Sawatzki, G. & Feldhoff, R. A. (1997): Beiheft zu Blatt 8315 Waldshut-Tiengen (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8315: 20 S.; Freiburg i. Br.
- Sawatzki, G. & Hann, H.P. (2003): Badenweiler-Lenzkirch-Zone (Südschwarzwald). Erläuterungen zur Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 50 000. – 182 S., 2 Beil.; Freiburg (LGRB).
- Sawatzki, G. mit Beitr. Eichhorn, F. (1999): Beiheft zu Blatt 8112 Staufen im Breisgau (2. Ausg.). – Vorl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Beih. Bl. 8112: 20 S.; Freiburg i. Br.
- Schade, J. (2018): Provenienzzanalyse permo-triassischer Siliziklastika des Schwarzwalds. – Masterarb. Univ. Göttingen: 88 S. – [unveröff.]
- Schädel, K. (1982): The geology of the heat anomaly of Urach. – In: Haenel, R. (ed.): The Urach geothermal project (Swabian Alb, Germany): 147–149; Stuttgart (Schweizerbart).
- Schalch, F. (1873): Beiträge zur Kenntnis der Trias am südöstlichen Schwarzwalde. – Diss. Univ. Würzburg: 109 S., 12 Taf.; Schaffhausen (Brodtmann).
- Schalch, F. (1893): Die Gliederung des oberen Buntsandsteins, Muschelkalks und unteren Keupers nach den Aufnahmen auf Sektion Mosbach und Rappennau. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 2 (15): 499–612, Taf. XVIII–XXI; Heidelberg.
- Schalch, F. (1894): Erläuterungen zu Blatt Mosbach (Nr. 13). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 13: 44 S. Heidelberg. – [Nachdruck 1985, 1995: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6620 Mosbach; Freiburg]
- Schalch, F. (1895): Erläuterungen zu Blatt Petersthal-Reichenbach (Nr. 83/84). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 83 & 84: 81 S., 1 Beil.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7515 Oppenau; Stuttgart]
- Schalch, F. (1897): Erläuterungen zu Blatt Königsfeld-Niedererschach (Nr. 101/102). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 101 & 102: 88 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1986: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7816 St. Georgen im Schwarzwald; Stuttgart].
- Schalch, F. (1898): Erläuterungen zu Blatt Epfenbach (Nr. 33). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl.



- 33: 71 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985, 1995: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6619 Helmstadt-Bargen; Freiburg]
- Schalch, F. (1899): Erläuterungen zu Blatt Villingen (Nr. 110). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 110: 78 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7916 Villingen-Schwenningen-West; Stuttgart].
- Schalch, F. (1903): Erläuterungen zu Blatt Neustadt (Nr. 119). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 119: 35 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 8015 Titisee-Neustadt; Stuttgart].
- Schalch, F. (1904): Erläuterungen zu Blatt Donaueschingen (Nr. 120). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 120: 38 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 8016 Donaueschingen; Stuttgart].
- Schalch, F. (1906a): Erläuterungen zu Blatt Bonndorf (Nr. 132). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 132: 48 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984, 1995: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 8116 Bonndorf; Stuttgart, Freiburg]
- Schalch, F. (1906b): Nachträge zur Kenntnis der Trias am südwestlichen Schwarzwald. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 5 (1907): 65–142, Taf. IV–V; Heidelberg.
- Schalch, F. (1912): Erläuterungen zu Blatt Stühlingen (Nr. 144). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 144: 91 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 8216 Stühlingen; Stuttgart]
- Schalch, F. & Sauer, A. (1903): Erläuterungen zu Blatt Furtwangen (Nr. 109). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 109: 35 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7915 Furtwangen; Stuttgart].
- Schenkel, M. (1980): Erläuterungen zu einer geologischen Kartierung auf dem Blatt 6223 Wertheim der topogr. Karte 1 : 25 000. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Würzburg. – [unveröff.]
- Schill, J. (1862): Geologische Beschreibung der Umgebungen der Bäder Glotterthal und Suggenthal. – Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzm. Baden, 12: 72 S., 1 Kt., 1 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- Schill, J. (1867): Geologische Beschreibung der Umgebungen von Waldshut. – Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzm. Baden, 23: 92 S., 1 Kt., 4 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- Schlegel, A. & Brockamp, O. (2003): Zyklizität, Stratigraphie und Tektonik in der Randfazies des Nordschwarzwälder Buntsandsteins. – Jh. Landesamt Geol. Rohst. Bergbau, 39: 111–144; Freiburg i. Br.
- Schmassmann, H. (1950): Perm und Trias am Südrande des Schwarzwaldes. – Mitteilungsbl. Bad. Geol. Landesanst., 1950: 29–37; Freiburg i. Br.
- Schmassmann, H. & Bayramgil, I.O. (1945): Stratigraphie des Perms im schweizerischen Tafeljura der Nordschweiz. – Eclogae Geol. Helv., 38: 380–385; Basel.
- Schmassmann, H. & Bayramgil, I.O. (1946): Stratigraphie, Petrographie und Paläogeographie der Perm-Formation im schweizerischen Tafeljura und die Steinkohlenfrage der Nordschweiz. – Tätigkeitsber. Naturf. Ges. Baselland, 15 (1945): 12–117; Basel.
- Schmidt, A. (1909): Erläuterungen zu Blatt Stammheim (Nr. 80). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 80: 56 S.; Stuttgart. – [7318 Wildberg, 1. Aufl.]
- Schmidt, A. (1910): Über Fossilhorizonte im Buntsandstein des östlichen Schwarzwaldes. – Mitt. Geol. Abt. kgl. Württ. Stat. Landesamt, 7: 1–9, 1 Tab.; Stuttgart (Grüniger).
- Schmidt, A. (1911): Erläuterungen zu Blatt Dornstetten (Württ.) / Dettingen (Preuß.) (Nr. 106 / 3630). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 106: 80 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1926, 1974, 1997: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7517 Dornstetten; Stuttgart]
- Schmidt, A. (1912): Drei Tiefbohrungen auf Steinkohle am oberen Neckar. – Württ. Jb. Stat. Landesk., 1912: 162–173; Stuttgart.
- Schmidt, A. (1914): Erläuterungen zu Blatt Sulz-Glatt (Nr. 118). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 118: 76 S.; Stuttgart. – [7617, 1. Aufl.]
- Schmidt, A. (1921): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte Württemberg, Blatt Aidlingen (Nr. 81). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 81: 95 S.; Stuttgart.
- Schmidt, A. (1927): Der Buntsandstein. – In: Schuster, M. (Hrsg.): Abriss der Geologie von Bayern r. d. Rh., IV: 139–140; München (Oldenbourg und Pilothy & Loehle).
- Schmidt, A. (1928): Erläuterungen zu Blatt Weil der Stadt (Nr. 68). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 68: 63 S., 2 Taf.; Stuttgart. – [Nachdruck 1961, 1973, 1991, 1996: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7219 Weil der Stadt; Stuttgart].
- Schmidt, A. (1931): Erläuterungen zu Blatt Sulz - Glatt (Nr. 118) [2. Aufl.]. – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 118: 75 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1976, 1998: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7617 Sulz am Neckar; Stuttgart].
- Schmidt, A. (1935): Erläuterungen zu Blatt Stammheim (Nr. 80) [2. erg. Aufl.]. – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 80: 56 S.; Stuttgart. – [7318 Wildberg]
- Schmidt, A. (1988) m. Nachtr. v. Villingen, E.: Erläuterungen zu Blatt 7318 Wildberg [3. korr. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 7318: 62 S.; Stuttgart.
- Schmidt, C.F.G. (1853): De ligamentis nonnullorum ex diversis formationibus lapidum arenaceorum. – 20 S.; Diss. Univ. Bonn; Bonn (Georgi)
- Schmidt, M. (1905): Mitteilungen über einige kleinere Funde aus dem östlichen Schwarzwald und dessen Umgebung. – Ber. Vers. oberrhein. geol. Ver., 38 (1904): 28–29; Stuttgart. – [1. Fauna aus Oolith des Mittleren Muschelkalks, 2. Estherien im Hauptbuntsandstein, 3. Kantengeschiebe im Oberen Rotliegenden]

- Schmidt, M. (1907): Labyrinthodontenreste aus dem Hauptkonglomerat von Altensteig im württembergischen Schwarzwald. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 63, Beil.: Mitt. Geol. Abt. kgl. Württ. Stat. Landesamt, 2: 10 S., 1 Taf.; Stuttgart (Grüninger).
- Schmidt, M. (1908): Erläuterungen zu Blatt Altensteig (Nr. 93). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 93: 82 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1966, 1996: Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7417 Altensteig; Freiburg]
- Schmidt, M. (1909): Erläuterungen zu Blatt Nagold (Nr. 94). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 94: 78 S.; Stuttgart. – [7418, 1. Aufl.]
- Schmidt, M. (1911a): Zur Deutung zweier Problematika des Buntsandsteins. – Jber. Mitt. Oberh. Geol. Ver., N. F. 1 (2): 43–46; Stuttgart.
- Schmidt, M. (1911b): Neue Funde aus der Trias von Rottweils Umgebung. – Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württ., 67: XCIII–XCV; Stuttgart.
- Schmidt, M. (1912): Erläuterungen zu Blatt Rottweil (Nr. 141). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 141: 105 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1930, 1963: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7817 Rottweil; Stuttgart].
- Schmidt, M. (1920): Erläuterungen zu Blatt Nagold (Nr. 94). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 94: 85 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1967: Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7418 Nagold; Stuttgart]
- Schmidt, M. (1928): Die Lebewelt unserer Trias. – 460 S.; Öhringen (Hohenlohesche Buchh.).
- Schmidt, M. (1938): Die Lebewelt unserer Trias, Nachtrag. – 143 S.; Öhringen (Hohenlohesche Buchh.).
- Schmidt, M. (1982) mit Nachtr. v. Leiber, J. & Münzing, K.: Erläuterungen zu Blatt 7817 Rottweil [4. erg. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7817: 128 S., 2 Beil.; Stuttgart.
- Schmidt, M. (1989) mit Nachtr. v. Leiber, J. & Etzold, A.: Erläuterungen zu Blatt 7418 Nagold [4. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7418: 134 S., 1 Beil.; Stuttgart.
- Schmidt, M. & Münzing, K. (1980): Erläuterungen zu Blatt 7917 Villingen-Schwenningen-Ost [4. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 7917: 116 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1993]
- Schmidt, M. & Rau, K. (1906): Erläuterungen zu Blatt Freudenstadt (Nr. 105). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 105: 100 S.; Stuttgart. – [7516, 1. Aufl.]
- Schmidt, M. & Rau, K. (1910): Erläuterungen zu Blatt Freudenstadt (Nr. 105) [2. erg. Aufl.]. – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 105: 107 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1930, 1964, 1977, 1995: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7516 Freudenstadt; Stuttgart].
- Schnarrenberger, K. (1907): Erläuterungen zu Blatt Weingarten (Nr. 52). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 52: 26 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6917 Weingarten (Baden); Freiburg]
- Schnarrenberger, K. (1914): Erläuterungen zu Blatt Königsbach (Nr. 58). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 58: 58 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7017 Pfinztal; Stuttgart].
- Schnarrenberger, K. (1915): Erläuterungen zu Blatt Kandern (Nr. 139). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 139: 131 S., 1 Beil.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985, 1992: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 8211 Kandern; Stuttgart]
- Schnitzer, W.A. (1964): Zur Paläogeographie des Buntsandsteins in Mainfranken. – Geol. Bavarica, 53: 7–11; München.
- Schnitzer, W.A. (1969): Zur Paläogeographie des Buntsandsteins im germanischen und alpinen Sedimentationsraum in Bayern. – Z. dt. geol. Ges., 118 (1966): 247–255; Hannover.
- Schnitzer, W.A. (1986): Die Schwermineralführung des Buntsandsteins in Tiefbohrungen Frankens und benachbarter Bundesländer (1953–1960). Stratigraphie und paläogeographische Aspekte. – Z. dt. geol. Ges., 137: 301–326; Hannover.
- Schoch, R.R. (2000): The origin and intrarelationships of Triassic capitosaurid amphibians. – Palaeontology, 43: 705–727; Oxford.
- Schoch, R. (Hrsg.) (2007): Saurier – Expedition in die Urzeit. – 136 S.; Ostfildern (Thorbecke).
- Schoch, R.R. (2008): The Capitosauria (Amphibia): characters, phylogeny, and stratigraphy. – Palaeodiversity, 1: 189–226; Stuttgart.
- Schoch, R. (2011): How diverse is the temnospondyl fauna in the Lower Triassic of southern Germany? – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 261:49–60; Stuttgart.
- Schoch, R.R. (2021): Amphibien und Reptilien der Germanischen Trias. – In: Hauschke, N., Franz, M. & Bachmann, G.H. (Hrsg.): Trias – Aufbruch in das Erdmittelalter: 324–340; München (Pfeil).
- Schoch, R.R. (2021): Tetrapoden im Oberen Buntsandstein des Schwarzwaldes (Baden-Württemberg). – In: Hauschke, N., Franz, M. & Bachmann, G.H. (Hrsg.): Trias – Aufbruch in das Erdmittelalter: 404–405; München (Pfeil).
- Schoch, R. & Werneburg, R. (1999): The Triassic labyrinthodonts from Germany. – Zbl. Geol. Paläont. I, 1998: 629–650; Stuttgart.
- Scholze, F., Schneider, J.W. & Werneburg, R. (2016): Conchostracans in continental deposits of the Zechstein–Buntsandstein transition in central Germany: Taxonomy and biostratigraphic implications for the position of the Permian–Triassic boundary within the Zechstein Group. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 449: 174–193; Amsterdam. – [doi: 10.1016/j.palaeo.2016.02.021]
- Scholze, F., Wang, Xu, Kirscher, U., Kraft, J., Schneider, J.W., Götz, A.E., Joachimski, M.M. & Bachtadse, V. (2017): A multistratigraphic approach to pinpoint the Permian–Triassic boundary in continental deposits: The Zechstein–Lower Buntsandstein transition in Germany. – Global and planetary Change, 152: 129–151; Amsterdam. – [doi: 10.1016/j.gloplacha.2017.03.004]



- Schöttle, M. (2000): Geologische Naturdenkmale im Regierungsbezirk Karlsruhe. – 171 S.; Karlsruhe (LUBW). – [2. Aufl.]
- Schöttle, M. (2005): Geotope im Regierungsbezirk Freiburg. – 387 S.; Karlsruhe (LUBW).
- Schottler, W. (1906): Bericht über die Aufnahme des Blattes Sensbach. – Notizbl. Ver. Erdk. u. d. Hessischen Geol. Landesanst. zu Darmstadt, IV 27: 36–48; Darmstadt.
- Schottler, W. (1908): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Großherzogtums Hessen im Maßstabe 1 : 25 000, Blatt Sensbach. – 61 S.; Darmstadt. – [6420, Nachdruck 1994 als Behelfsausgabe der Geol. Kt. 1 : 25 000 von Hessen; Wiesbaden]
- Schrader, D. (2000): Kartierung des permotriassischen Deckgebirges nördlich von Alpirsbach (Mittlerer Schwarzwald) und eine Lithofaziesanalyse der Sandgrube Nagel. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 61 S., 2 Kt. – [unveröff.]
- Schübler, G. (1833): Höhenbestimmungen in Württemberg und den angrenzenden Gegenden von Baiern, Baden, Sigmaringen und Hechingen, mit Bemerkungen über deren geognostische Verhältnisse. – Württ. Jb. Vaterl. Gesch. Geogr. Stat. Topogr., 1832: 121–412; Stuttgart.
- Schübler, G.v. (1860): Über die Ergebnisse der Bohrarbeiten auf Steinkohle in Württemberg. – Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württ., 16: 44–50; Stuttgart.
- Schübler, G.v. (1861): Zusammenstellung der in den letzten Jahren durch bergmännische Arbeiten gewonnenen Aufschlüsse. – Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württ., 17: 47–54; Stuttgart.
- Shukla, U.K., Singh, I.B., Sharma, M. & Sharma, S. (2001): A model of alluvial megafan sedimentation: Ganga Megafan. – Sedim. Geol., 144: 243–262; Amsterdam.
- Schultes, G. v. (1820): Skizze einer Wanderung durch einen Theil der Schweiz und des südlichen Deutschlands. – 172 S., 5 Beil.; Bamberg (Göbhardt).
- Schultze, H.-P. & Kriwet, J. (1999): Die Fische der Germanischen Trias. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. (Hrsg.): Trias, eine ganz andere Welt: Europa im frühen Erdmittelalter: 239–250; München (Pfeil).
- Schultze, H.-P. & Kriwet, J. (2021): Fische der Germanischen Trias. – In: Hauschke, N., Franz, M. & Bachmann, G.H. (Hrsg.): Trias – Aufbruch in das Erdmittelalter: 317–323; München (Pfeil).
- Schumacher, W. (1928): Geologie der Umgebung von Ühlingen im Schwarzwald. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 28: 385–407, 1 Kt.; Freiburg i. Br.
- Schuster, M. (1932): Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins. I. Der Untere und Mittlere Buntsandstein. – Abh. Geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, 7: 62 S., 2 Taf.; 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. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, 9: 58 S., 2 Taf.; 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. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, 15: 64 S., 2 Taf.; 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. Landesunters. bayer. Oberbergamt, 22: 67 S.; 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 Röttone mit den Myo-phorienschichten). – Abh. geol. Landesunters. bayer. Oberbergamt, 23: 53 S.; München.
- Schütze, E. (1909): Verzeichnis der mineralogischen, geognostischen, ur-(vor-)geschichtlichen und belyographischen Literatur von Baden, Württemberg, Hohenzollern und einigen angrenzenden Gegenden von Heinrich Eck, Nachträge zu Band 1 und zur 1sten bis 3ten Fortsetzung sowie Repertorium (Sach- und Ortsregister) zu dem Verzeichnis und sämtlichen Fortsetzungen. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 1 (4. Ergänzung): 291 S.; Heidelberg.
- Schwab, M.S. (2013): Ein Aufschlussanalog für geothermische Reservoirgesteine: Diagenese und Fazies des Mittleren Buntsandsteins bei Ettlingen (Baden). – Bachelor-Arb., Geol. Inst. Univ. Heidelberg, 101 p. – [unveröff.]
- Schwarzmeier, J., Zitzmann, A., Hergesell, G. & Hüttner, R. (1985): Geologische Übersichtskarte 1 : 200 000, CC 6318 Frankfurt a. M.-Ost. – 1 Kt; Hannover (BGR).
- Schweizer, V. & Kraatz, R. (1982): Kraichgau und südlicher Odenwald. – Slg. Geol. Führer, 72: 203 S.; Stuttgart (Borntraeger).
- Scotese, C.R. (2002): Climate History. – In: Paleomap Project; Internet (scotese.com/climate.htm).
- Scotese, C.R. & Schettino, A. (2017): Late Permian–Early Jurassic Paleogeography of Western Tethys and the World. – In: Soto, J.I., Flinch, J.F. & Tari, G. (eds.): Permo-Triassic Salt Provinces of Europe, North Africa and the Atlantic Margins Tectonics and Hydrocarbon Potential: 57–95; Amsterdam (Elsevier).
- Seegis, D. (2021): Muscheln und Schnecken der Germanischen Trias: Buntsandstein und Keuper. – In: Hauschke, N., Franz, M. & Bachmann, G.H. (Hrsg.): Trias – Aufbruch in das Erdmittelalter: 249–257; München (Pfeil).
- Seemann, W. (1967): Aufschlüsse in den Grenzschichten zwischen Buntsandstein und Muschelkalk am östlichen Schwarzwaldrand. – Aufschluss, 18: 15–16; Heidelberg.

- Seilacher, A. (1963): Lebensspuren und Salinitätsfazies. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 10: 81–94; Krefeld.
- Selb, J. C. (1805): Geognostische Beschreibung des Kinzigerthals mit Hinsicht auf das Hauptgebirge des Schwarzwaldes. – Denkschr. vaterl. Ges. Aerzte Naturf. Schwabens, 1: 324–430; Tübingen.
- Sellwood, B. W. & Valdes, P. J. (2006): Mesozoic climates: General circulation models and the rock record. – Sedim. Geology, 190: 269–287; Amsterdam.
- Sepkoski, J. J. (2002): A compendium of fossil marine animal genera (3rd ed.). – Bull. Am. Paleont., 363: 1–560; Ithaca, NY.
- Simon, R. A. (1982): Erläuterungen zu einer geologischen Kartierung auf Blatt 6223 Wertheim der topogr. Karte 1 : 25 000. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Würzburg. – [unveröff.]
- Simon, T. (1999): Geochemical investigations at the Buntsandstein / Muschelkalk boundary in South-West Germany. – Zbl. Geol. Paläont. I, 1998: 769–782; Stuttgart.
- Simon, T. (2005): Salz und Gips in der Trias Südwestdeutschlands – von der Entstehung bis zur Auslaugung. – Laichinger Höhlenfreund, 40: 73–86; Laichingen.
- Simon, T. (2006): Buntsandstein. – In: Erläuterungen zum Blatt 7321 Filderstadt [4. Neub. Aufl.]. – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 7321: 7; Freiburg i. Br. – [mit Jahresangaben 2004, 2005]
- Simon, T. & Nitsch, E. (2014): Trias – Wüsten, Meere, Sümpfe und Seen. – In: Regierungspräsidium Freiburg und Schwarzwaldverein (Hrsg.): Die Wutach: Wilde Wasser – steile Schluchten: 24–49; Ostfildern (Thorbecke).
- Simon, T., 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.
- Simon, T., Zedler, H. & Müller-Schollenberger, V. (2013): Geologie und Hydrogeologie der Mineralwasserbohrung Ensingen. – Jh. Ges. Naturk. Württ., Sonderbd. 3 (Gedenkband Carlé): 147–228; Stuttgart.
- Simon, W. (1961): Ein Riesenlurch aus dem Odenwald: Fundbericht von Waldkatzenbach am Katzenbuckel. – Der Aufschluss, 12: 128–130; Heidelberg.
- Sindowski, K.-H. (1957): Schüttungsrichtungen und Mineral-Provinzen im westdeutschen Buntsandstein. – Geol. Jb., 73: 277–294; Hannover.
- Smith, A. G. (1996): Some aspects of the Phanerozoic paleogeographic evolution of Europe. – Z. dt. geol. Ges., 147: 147–168; Stuttgart.
- Soergel, W. (1925): Die Fährten der Chirotheria: eine paläobiologische Studie. – 92 S.; Jena (G. Fischer).
- Solle, G. (1966): Rezente und fossile Wüste. Zugleich Bemerkungen zu Rotsandsteinen. – Notizbl. Hess. Landesamt Bodenforsch., 94: 54–121; Wiesbaden.
- Soyk, D. (2015): Diagenesis and reservoir quality of the Lower and Middle Buntsandstein (Lower Triassic), SW Germany. – Diss. Univ. Heidelberg: 181 S. – [doi: 10.11588/HEIDOK.00018871]
- Spiegelhalter, F. (1912): Die Tektonik im obersten Teil des Bonndorfer Grabens. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 6 (1912): 745–787, Taf. 35–37; Heidelberg.
- Spitz, W. (1905): Über Fährten und Reste von Wirbeltieren im Buntsandstein des nördlichen Baden. – Z. dt. geol. Ges., 57 (Mber.): 392–394; Stuttgart.
- Spitz, W. (1930): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Baden, Blatt Dallau (Nr. 35). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 35: 71 S., 2 Taf.; Freiburg i. Br. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6621 Billigheim; Stuttgart]
- Spitz, W. (1933) mit Beitr. v. Körnke, B., Hasemann, W. & Schuster, M.: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Baden, Blatt Tauberbischofsheim (Nr. 9). – Erl. Geol. Spezialkt. Baden, Bl. 9: 83 S.; Freiburg i. Br. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6323 Tauberbischofsheim-West; Stuttgart]
- Stalder, R., Eynatten, H. v., Costamoling, J., Potrafke, A., Dunkl, I. & Meinhold, G. (2019): OH in detrital quartz grains as tool for provenance analysis: Case studies on various settings from Cambrian to Recent. – Sedim. Geol., 389: 121–126; Amsterdam.
- Stahl, M. I. F. (1753): Mineral-Charte von dem Herzogthum Württemberg. – Beilage zu: Selecta physico-oeconomica, oder angenehme und nützliche Sammlungen von allerhand zur Natur-Forschung und Haushaltungs-Kunst gehörigen Begebenheiten, Erfindungen, Versuchen, Vorschlägen, und darüber gemachten Anmerkungen. Samt einer Nachricht von alten und neuen, hierzu dienlichen Büchern und Schriften, 2: 1 Kt. [zwischen S. 398 und 399]; Stuttgart (Erhardt).
- Stark, P. (1909): Pflanzenreste im Buntsandstein des südwestlichen Kraichgau. – Ber. Vers. Oberrh. Geol. Ver., 42: 129–141; Stuttgart.
- Stark, P. (1913): Pflanzenfunde im Buntsandstein bei Durlach. – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. 3: 28–30; Stuttgart.
- STD 2002: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.) (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002: 1 Bl. (Posterformat); Frankfurt / Potsdam.
- STD 2016: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.) (2016): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016. – 1 Bl. (Posterformat); Potsdam.
- Steinbauer, H. (2006): Scheinkristalle nach Calcit aus dem Buntsandstein bei Eberbach am Neckar. – Aufschluss, 57: 151–158; Heidelberg.
- Steininger, J. (1826): Bemerkungen über das Steinsalzgebirge in Lotharingen mit besonderer Be-



- rücksichtigung der Gebirgsverhältnisse im königl. preuß. Regierungs-Bezirk Trier. – Hertha [Zeitschr. für Erd-, Völker- und Staatenkunde], 5: 239–285; Stuttgart.
- Steinmann, G. (1888): Zur Entstehung des Schwarzwaldes. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., N. F. 3: 45–56; Freiburg i. Br.
- Steinmann, G. (1892): *Chirotherium*-Fährten und ein Kantengeröll im Buntsandstein Oberbadens. – Z. dt. geol. Ges., 44: 546; Berlin.
- Steinmann, G. & Graeff, F. (1890): Geologischer Führer der Umgebung von Freiburg. – 141 S., 5 Taf., 1 Kt.; Freiburg i. Br. (Mohr).
- Steinmann, G. & Graeff, F. (1897): Erläuterungen zu Blatt Hartheim-Ehrenstetten (Nr. 115/116). – Erl. Geol. Spezialkt. Ghzm. Baden, Bl. 115 & 116: 84 S.; Heidelberg. – [8011]
- Stellrecht, R. (1954): Beiträge zur Geologie zwischen Kandern und Schlächtenhaus. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 128 S., 3 Beil. – [unveröff.].
- Stellrecht, R. (1961): Stratigraphische und tektonische Fragen am Südeinde des Schwarzwaldes. – Z. dt. geol. Ges., 113: 607; Hannover.
- Stellrecht, R. (1963): Zur Stratigraphie und Tektonik der Weitenauer Vorberge am Südostende des Oberrheingrabens. – Oberrhein. Geol. Abh., 12: 119–127; Karlsruhe.
- Stets, J. (2013): Buntsandstein im Trier-Bitburg-Becken und dessen Umfeld (Südwest-Eifel und West-Hunsrück). – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 467–486; Hannover.
- Stierlin, K. (1912): Geologische Untersuchungen im Gebiete der Emmendinger Vorberge, nördlicher Teil. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 6 (1912): 635–699, Taf. XXIX–XXX; Heidelberg.
- Stober, G. (1954): Geologie der Umgebung von Schlächtenhaus und Wieslet. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 97 S., 3 Taf., 1 Kt., 3 Beil. – [unveröff.].
- Stocker, J.X. (1846): Auflagerungs-Verhältnisse des Buntens Sandsteins mit dem Wellen-Kalke bei Diedesheim am Neckar. – N. Jb. Mineral. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1846: 793–797.
- Strasser, R. (1907): Über Scheinkristalle aus dem Buntsandsteins bei Heidelberg. – Verh. Naturhist. Med. Ver. Heidelberg: N. F. 8: 371–396; Heidelberg.
- Strasser, R. (1909): Über Buntsandsteinplatten aus Heidelberg mit zwei Systemen von Wellenfurchen und Regentropfeneindrücken. – Ber. Vers. Oberrh. Geol. Ver., 42: 124–128; Stuttgart.
- Strigel, A. (1912): Geologische Untersuchungen der permischen Abtragungsfläche im Odenwald und in den übrigen deutschen Mittelgebirgen (ein paläogeographischer Versuch), I. – Verh. naturhist.-med. Ver. Heidelberg, NF 12: 63–172, 5 Kt.; Heidelberg.
- Strigel, A. (1919): Über prätriadische Einebnung im Schwarzwald. – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver. N. F. 8: 119–126; Stuttgart.
- Strigel, A. (1922): Zur Paläogeographie des Schwarzwaldes. Die Abrasionsfläche als klimatisch-tektonisches Problem des oberen Perms. – 155 S., 5 Beil.; Heidelberg (Ehrig).
- Strigel, A. (1929): Das süddeutsche Buntsandsteinbecken. – Verh. Naturhist.-Med. Ver. Heidelberg, N. F. 16: 79–465; Heidelberg. [= Mitt. Arb. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Heidelberg, N. F. 168]
- Strigel, A. (1949): Perm und Trias am Südrande des Schwarzwaldes. – Mitteilungsbl. Bad. Geol. Landesanst., 1949: 12–16; Freiburg i. Br.
- Struve, H.C.G. v. (1807): Mineralogische Beiträge, vorzüglich in Hinsicht auf Würtemberg und den Schwarzwald. – 202 S.; Gotha (Ettinger).
- Sturm, F.W. (1823): Versuch einer Beschreibung von Schwenningen in der Baar am Ursprung des Neckars in geognostischer, landwirtschaftlicher und medicinischer Beziehung. – 119 S.; Tübingen (Osiander).
- Sun, Y., Joachimski, M.M., Wignall, P.B., Yan, C., Chen, Y., Jiang, H., Wang, L., Lai, X. (2012): Lethally Hot Temperatures During the Early Triassic Greenhouse. – Science, 338: 366–370; Washington, DC.
- Swinton, W.E. (1927): A new species of *Capitosaurus* from the Trias of the Black Forest. – Ann. Mag. Nat. Hist., (9) 20: 177–186; London.
- Szulc, J. (1999): Anisian-Carnian evolution of the Germanic basin and its eustatic, tectonic and climatic controls. – Zbl. Geol. Paläont. I, 1998: 813–852; Stuttgart.
- Szurliès, M. (2001): Zyklische Stratigraphie und Magnetostratigraphie des Unteren Buntsandsteins in Mitteldeutschland. – Diss. Univ. Halle: 116 S.; Halle.
- Szurliès, M. (2004): Magnetostratigraphy: the key to a global correlation of the classic Germanic Trias – case study Volpriehausen Formation (Middle Buntsandstein), Central Germany. – Earth Planet. Sci. Lett., 227: 395–410; Amsterdam.
- Szurliès, M. (2007): Latest Permian to Middle Triassic cyclo-magnetostratigraphy from the Central European Basin, Germany: implications for the geomagnetic polarity timescale. – Earth Planet. Sci. Lett., 261: 602–619; Amsterdam.
- Szurliès, M., Bachmann, G.H., Menning, M., Nowaczyk, N.R. & Käding, K.-C. (2003): Magnetostratigraphy and high-resolution lithostratigraphy of the Permian–Triassic boundary interval in Central Germany. – Earth Planet. Sci. Lett., 212: 263–278; Amsterdam.
- Szyperko-Teller, A., Kuberska, M. & Senkowiczowa, H. (1997): Trias dolny (pstry piaskowiec). – In: Marek, S. & Pajchlowa, M. (eds.): Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. – Prace Państwowego Inst. Geol., 153: 83–132; Warszawa.
- Tamm, M. (1987): Manganerze im Buntsandstein des Finkenbach- und Gammelsbachtals im südlichen Odenwald. – Aufschluss, 38: 93–98; Heidelberg.
- Teichmüller, R. (1952): *Monograptus* sp. In einem Kieselschiefergeröll des Schwarzwälder Bunt-

- sandsteins. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1952: 370–373; Stuttgart.
- Thürach, H. (1897a): Erläuterungen zu Blatt Zell am Harmersbach (Nr. 87). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 87: 76 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7614 Zell am Harmersbach; Stuttgart].
- Thürach, H. (1897b): Mitteilungen aus dem Aufnahmegebiet des Blattes Zell am Harmersbach. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 3 (1899): 625–651; Heidelberg.
- Thürach, H. (1901): Erläuterungen zu Blatt Haslach (Nr. 93). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 93: 43 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7714 Haslach im Kinzigtal; Stuttgart].
- Thürach, H. (1909): Erläuterungen zu Blatt Heidelberg (Nr. 23) [2. Aufl.]. – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 23: 95 S.; Heidelberg. – [6518]
- Thürach, H. (1912): Erläuterungen zu Blatt Karlsruhe und Daxlanden (Nr. 50 und 51). – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 50 & 51: 104 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6916 Karlsruhe-Nord; Freiburg]
- Thürach, H. (1918): Erläuterungen zu Blatt Heidelberg (Nr. 23) [3. Aufl.]. – Erl. Geol. Specialkt. Ghzm. Baden, Bl. 23: 149 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984, 1995: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6518 Heidelberg-Nord; Stuttgart].
- Thurrow, J. (1979): Die syntektische Randzone des St. Blasier Granits, die Ganggesteine und der Buntsandstein im Gebiet zwischen Bannholz und Berau (Südschwarzwald) – eine petrographisch-geologische Aufnahme. – Diplomarb. Geol.-Paläont. Inst. univ. Tübingen: 231 S., 5 Beil. – [unveröff.]
- Tietze, K.-W. (2021): Mittlerer Buntsandstein. – In: HLNUG (Hrsg.): Geologie von Hessen: 239–266; Stuttgart (Schweizerbart).
- Tietze, K.-W. & Röhling, H.-G. (2013): Sequenz-, Base-level- und Zyklolithostratigraphie im Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 69: 233–268; Stuttgart.
- Trefzger, E. (1925): Die Tektonik des westl. Dinkelbergs und des nördl. Tafeljuras bei Basel. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 24: 262–324, 1 Beil.; Freiburg i. Br.
- Trusheim, F. (1935): Ein Labyrinthodontenrest aus dem Buntsandstein des Spessarts. – Cbl. Mineral. Geol. Paläont., 1935: 294–298; Stuttgart.
- Trusheim, F. (1937a): Eine neuer Stegocephalenrest aus dem Buntsandstein Mainfrankens. – Cbl. Mineral. Geol. Paläont. B, 1937: 249–259; Stuttgart.
- Trusheim, F. (1937b): Wurzelböden im Plattensandstein Mainfrankens. – Cbl. Mineral. Geol. Paläont. B, 1937: 385–388; Stuttgart.
- Trusheim, F. (1961): Über Diskordanzen im Mittleren Buntsandstein Norddeutschlands zwischen Ems und Weser. – Erdöl Z., 77: 361–367; Wien/Hamburg.
- Trusheim, F. (1963): Zur Gliederung des Buntsandsteins. – Erdöl-Z. f. Bohr- u. Fördertechnik, 79: 277–292; Hamburg.
- Trusheim, F. (1964): Über den Untergrund Frankens. Ergebnisse von Tiefbohrungen in Franken und Nachbargebieten 1953–1960. – Geol. Bavarica, 54: 92 S.; München.
- Ufrecht, W. (2006): Zur Hydrogeologie der Aquifersysteme Buntsandstein und Muschelkalk zwischen Neckar und Donau. – Schriftenr. Amt f. Umweltsch., 3: 19–48; Stuttgart.
- Uhlmann, B. (1988): Geologie, Stratigraphie und Tektonik des Gebiets zwischen Nordrach, Harmersbach und Rench östlich von Gengenbach (Mittlerer Schwarzwald). – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 66 S., 3 S. Anh., 1 Kt. – [unveröff.]
- Valeton, I. (1953a): Petrographie des süddeutschen Hauptbuntsandsteins. – Heidelberger Beitr. Mineral. Petrogr., 3: 335–379; Heidelberg.
- Valeton, I. (1953b): Opakanteil der Schwerminerale als Bezugsgröße für Auslesevorgänge? – Erdöl und Kohle, 6: 245–246; Hamburg.
- Visscher, H., Brugman, W. A. & van Houte, M. (1993): Chronostratigraphical and sequence stratigraphical interpretation of the palynomorph record from the Muschelkalk of the Obernsees well, South Germany. – In: Hagdorn, H. & Seilacher, A. (Hrsg.): Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991, Sonderbd. Ges. Naturk. Württ., 2: 145–152; Korb (Goldschneck).
- Vogelgesang, W.M. (1868): [Briefl. Mitt. über Jura bei Engen, Oberen Buntsandstein bei Königsfeld, Rotliegendes]. – N. Jb. Mineral. Geol. Palaeont., 1868: 321–325; Stuttgart.
- Vogelgesang, W.M. (1871): Ueber Erosion und Verwitterung im bunten Sandstein. – Jb. Ver. Naturk. Mannheim, 37: 51–58; Mannheim.
- Vogelgesang, W.M. (1872): Geologische Beschreibung der Umgebungen von Triberg und Donaueschingen. – Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzm. Baden, 30: 133 S., 2 Kt., 2 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- Voigt, T. (2017): Die Ablagerungssysteme des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Thüringen. – Geowiss. Mitt. Thüringen, 14: 39–95; Jena.
- Vollrath, A. (1939): Der Untere Buntsandstein zwischen Odenwald und Oberhessen. – Zbl. Mineral. Geol. Paläont., B 1939: 263–277; Stuttgart.
- Vollrath, P. (1928): Zur vergleichenden Stratigraphie der Buntsandstein-Muschelkalkgrenzschichten zwischen Nordschwarzwald, Mosbach und Saargebiet. – Jb. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., 17: 30–35, Stuttgart.
- Voss, H.-H. (1966): Geologische Kartierung der Emmentinger Vorbergzone zwischen Freiamt und Bleichheim (1:25 000). – Diplomarb. Geol. Paläont. Inst. Freiburg i. Br.: 104 S. – [unveröff.]
- Voßmerbäumer, H., Achtnich, T., Kistner, A., Priebe, H., Rabe, T., Rongitsch, A., Rückert, E., Schultz, T. & Teyssen, T. (1979): Strömungsrichtungen im Plattensandstein (Trias, Oberer Buntsandstein)



- Frankens. – Geol. Bl. NO-Bayern, 29: 50–61; Erlangen.
- Wachutka, M. (1998): Fluviale Architektur und Petrophysik des Buntsandsteins bei Freudenstadt. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Tübingen. – [unveröff.]
- Wachutka, M. & Aigner, T. (2001): Reservoir geology and petrophysics: A study of two Bunter exposures in the Black Forest. – Z. angew. Geol., 47: 191–198; Berlin.
- Wagenplast, P. (1997): Ingenieurgeologische Risiken im nordöstlichen Baden-Württemberg. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 37: 241–310; Freiburg i. Br.
- Wagenplast, P. (2004): Ingenieurgeologische Risiken im südöstlichen Baden-Württemberg. – Jh. Landesamt Geol., Rohst. u. Bergbau Baden-Württ., 40: 253–334; Freiburg i. Br.
- Wagenplast, P. (2005): Ingenieurgeologische Gefahren in Baden-Württemberg. – LGRB-Informationen, 16: 79 S.; Freiburg i. Br.
- Wagner, G. (1930): Neues vom Buntsandstein. – Aus der Heimat, 43: 265–374; Öhringen.
- Wagner, G. (1953): Erd- und landschaftsgeschichtliche Probleme der Nagolder Landschaft. – Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württ., 108: 41–47; Stuttgart.
- Wagner, G. (1960): Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte. – 694 S., 208 Taf.; Öhringen (Rau). – [3. Aufl.; Nachdruck 1973]
- Wagner, G. & Koch, A. (1961): Raumbilder zur Erd- und Landschaftsgeschichte Südwestdeutschlands. – 33 S., 16 Bilder, 1 Beil.; Schmidten (Repro-Druck). – [2. Auflage 1963; Stuttgart (Spectrum)]
- Walchner, F.A. (1824): Uebersicht der geognostischen Verhältnisse in den Umgebungen von Dürheim, mit besonderer Hinsicht auf das Flötzgebirge des Schwarzwaldes im Allgemeinen. – 24 S.; Freiburg i. Br. (Wangler).
- Walchner, F.A. (1829): Handbuch der gesamten Mineralogie in technischer Beziehung zum Gebrauche bei seinen Vorlesungen und zum Selbststudium mit besonderer Berücksichtigung der mineralogischen Verhältnisse des Grossherzogthums Baden. Erster Band: Oryktognosie. – XVI, 631 S., 4 Taf. S.; Karlsruhe (Groos).
- Walchner, F.A. (1830): Skizze der geognostischen Verhältnisse in den Umgebungen von Pforzheim, mit besonderer Berücksichtigung der Gangbildungen im rothen Sandsteine des Schwarzwaldes. – Karlsruhe. – [nach Eck 1890 nicht im Buchhandel erschienen]
- Walchner, F.A. (1832): Geognostische Carte von Baden 1:500 000. – 1 Kt. – [unveröff., verbreitet in handkolorierten Kopien]
- Walchner, F.A. (1832): Handbuch der gesamten Mineralogie in technischer Beziehung zum Gebrauche bei seinen Vorlesungen und zum Selbststudium mit besonderer Berücksichtigung der mineralogischen Verhältnisse des Grossherzogthums Baden. Zweiter Band: Geognosie. – XIV, 1104 S., 11 Taf.; Karlsruhe (Groos). – [Neuaufgabe 1846]
- Walchner, F.A. (1843): Darstellung der geologischen Verhältnisse der am Nordrande des Schwarzwaldes hervortretenden Mineralquellen, mit einer einleitenden Beschreibung der naturhistorischen Verhältnisse des zu Rothenfels bei Baden entdeckten Mineralwassers. – 71 S., 2 Beil.; Mannheim (Bassermann).
- Walter, B.F., Jensen, J.L., Coutinho, P., Laurent, O., Markl, G. & Steele-MacInnis, M. (2020): Formation of hydrothermal fluorite-hematite veins by mixing of continental basement brine and red-bed-derived fluid: Schwarzwald mining district, SW-Germany. – J. Geochem. Explor., 212 [online-document]; Amsterdam. – [doi: 10.1016/j.jgeplo.2020.106512]
- Walter, M. (1952): Von der Steinkohle zum Buntsandstein in Hohenzollern. – Hohenzollerische Heimat, 2: 1–2; Gammertingen.
- Walther, J. (1891): Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Untersuchungen über die Bildung der Sedimente in den ägyptischen Wüsten. – Abh. math.-nat. Cl. Kgl. Sächs. Ges. Wiss., 16: 345–570, 8 Taf.; Leipzig.
- Walther, J. (1893/94): Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Beobachtungen über die Bildung der Gesteine und ihrer organischen Einschlüsse. – 1052 S.; Jena (Fischer).
- Walther, J. (1900): Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. – 175 S.; Berlin (Reimer).
- Walther, J. (1904a): Ueber die Fauna eines Binnen-sees in der Buntsandsteinwüste. – Cbl. Miner. Geol. Paläont., 1904: 5–12; Stuttgart.
- Walther, J. (1904b): *Estheria* im Buntsandstein. – Cbl. Mineral. Geol. Palaeont., 1904: 195; Stuttgart.
- Walther, J. (1921): Geologie von Deutschland (3. Aufl.). – 489 S., 2 Beil.; Leipzig (Quelle & Meyer).
- Walter, M. (1952): Von der Steinkohle zum Buntsandstein in Hohenzollern. – Hohenzollerische Heimat, 2: 1–2; Gammertingen.
- Wang, Qi (2008): Proposal to conserve the name *Pleuromeia* with that spelling (fossil Lycopsida). – Taxon, 57: 659–660; Oxford.
- Wasielka, N. (2012): The Buntsandstein east of the Upper Rhine Valley (Odenwald area): facies and diagenesis. – MSc Thesis, Krakow Univ. Jagiellonski: 140 p. – [Abstr.: <https://ruj.uj.edu.pl/xmlui/handle/item/179505>]
- Wasserbauer, K. (1978): Erläuterungen zu einer geologischen Teilkartierung auf Blatt 6223 Wertheim 1 : 25 000, und Farbmessungen an Sedimenten der Trias Mainfrankens. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Würzburg. – [unveröff.]
- Wasserbauer, K. (1982): Farbmessungen im Mittleren und Oberen Buntsandstein Süddeutschlands. – Geol. Rdsch., 71: 829–884; Stuttgart.
- Weber, K. (1993): Paleosols in Triassic sediments of southeast Germany (Bavaria). – In: Lucas, S.G. & Morales, M. (eds.): The nonmarine Triassic. –

- New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull., 3: 477; Albuquerque, NM.
- Weber, K. (1994): Paläoböden im Buntsandstein am Beispiel der Forschungsbohrung Obernsees (NE-Bayern). – Zbl. Geol. Paläont. I, 1993: 985–1001; Stuttgart.
- Wendt, O. (1963): Sediment-Untersuchungen am Kernmaterial neuerer Bohrungen im Buntsandstein des Nordschwarzwaldes. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Heidelberg: 97 S., 3 Anl. – [unveröff.]
- Wepfer, E. (1919): Stegocephalenfunde bei Villingen. – Mitt. Bad. Landesver. Naturkd., N.F. 1: 56; Freiburg i.Br.
- Wepfer, E. (1922a): Ein neues Vorkommen von *Mastodonsaurus* im badischen oberen Buntsandstein. – Paläont. Z., 4: 113–117; Stuttgart.
- Wepfer, E. (1922b): Das *Mastodonsaurus*-Leichenfeld im oberen Buntsandstein von Kappel Amt Villingen i. B. – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N.F. 11: 78–86, Taf. II; Stuttgart.
- Wepfer, E. (1923): Der Buntsandstein des badischen Schwarzwaldes und seine Labyrinthodonten. – Monograph. Geol. Paläont., (2) 1: 101 S., 18 Taf.; Berlin.
- Wepfer, E. (1928): Zwei Tiefbohrungen am östlichen Schwarzwald-Rand. – Mitt. Geol. Abt. Württ. Stat. Landesamt, 10: 21 S.; Stuttgart (Klett).
- Werner, W. & Dennert, V. (2004): Lagerstätten und Bergbau im Schwarzwald – Ein Führer unter besonderer Berücksichtigung der für die Öffentlichkeit zugänglichen Bergwerke. – 334 S; Freiburg i.Br. (LGRB).
- Werner, W. & Wittenbrink, J. (2023): Geologie und Lagerstätten am Schwarzwaldrand: der Porphyrysteinbruch am Heuberg, die Münstersteinbrüche bei Tennenbach und die mittelalterliche Blei-Silber-Grube „Caroline“ bei Sexau (Exkursion K am 16. September 2023). – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. 105: 225–254; Stuttgart.
- Werner, W., Bock, H., Wittenbrink, J. & Kimmig, B. (2013): Buntsandstein. – In: LGRB (Hrsg.): Naturwerksteine aus Baden-Württemberg – Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung: 166–248; Freiburg i.Br. (LGRB).
- Werner, W., Kimmig, B., Liedtke, M., Kesten, D. & Kleinschnitz, M. (2006): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006. – LGRB-Informationen, 18: 202 S., 1 Kt.; Freiburg i.Br.
- Werz, M. (1999): Das permische und triassische Deckgebirge östlich von Röttenbach und Alpirsbach (Reutiner Berg) – Mittlerer Schwarzwald. – Diplomarb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i.Br.: 71 S., 2 Kt. – [unveröff.]
- Wibele, K. (1831): Geognostische Untersuchung des Spessarts. – Manuskript im Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg i.Br., Inv.-Nr. 116: 119 S., 1 Anl. – [1 Kt. verloren]
- Wiedersheim, R. (1878): *Labyrinthodon Rütimeyeri*. – Abh. Schweizer. Paläont. Ges., 5: 56 S., 3 Taf.; Basel.
- Wiedersheim, R. (1879): Über einen neuen *Saurus* aus der Trias. – Abh. Schweizer. Paläont. Ges., 6: 6 S., 1 Taf.; Basel.
- Wild, R. (1980): *Tanystropheus* (Reptilia: Squamata) and its importance for stratigraphy. – Mém. Soc. Géol. France, N.S. 139: 201–206; Paris.
- Wild, R. (1998): Leben in der Flußlandschaft des Buntsandsteins. – In: Heizmann, E.P.J. (Hrsg.): Vom Schwarzwald zum Ries: 37–44; München (Pfeil).
- Wilfarth, M. (1933): Sedimentationsprobleme in der Germanischen Senke zur Perm- und Triaszeit. – Geol. Rdsch., 24: 349–377; Stuttgart.
- Wilser, J.L. (1913): Die Perm-Triasgrenze im südwestlichen Baden. – Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg i.Br., 20: 59–80; Freiburg i.Br.
- Wilser, J.L. (1914): Die Rheintalflexur nordöstlich von Basel zwischen Lörrach und Kandern und ihr Hinterland. – Mitt. ghzgl. Bad. Geol. Landesanst., 7 (1914): 483–640, Taf. XIV; Heidelberg. – [Diss. Univ. Freiburg i.Br. 1914]
- Wilser, J.L. (1923a): Erdgeschichte des vorderen Wiesentalgebietes. – 28 S., 1 Kt.; Schopfheim (Uehlin).
- Wilser, J.L. (1923b): *Pygopterus Crecellii* n. sp. Aus dem Oberen Buntsandstein bei Karlsruhe i. B. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br., 23: 68–78; Freiburg i.Br.
- Wilser, J.L. (1924): Der Mauracher Berg bei Denzlingen nördlich von Freiburg i.Br. – Mitt. Bad. Landesver. Naturk. Natursch. Freiburg i.Br., N. F. 1: 313–324; Freiburg i.Br.
- Wilser, J.L. (1933): Paläogeographie der Perm-Trias-Profil am südöstlichen Rand des Rheintalgrabens. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont., Beil.-Bd. 71 B: 1–17; Stuttgart.
- Wimmenauer, W. (2017): Petrographie und Vorgeschichte der Gerölle im Buntsandstein Südwestdeutschlands und der Vogesen (Frankreich). – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. 99: 553–571; Stuttgart.
- Wirth, E. (1962): Die geologischen Ergebnisse der Erdölexploration in der Rheinebene zwischen Offenburger und Lahr. – Erdöl und Kohle, 15: 684–692; Hamburg. – [Diss. Univ. Würzburg 1959, gekürzte Druckfassung]
- Wirth, E. (1968): Das Mesozoikum im Untergrunde der Schwäbischen Alb zwischen Münsingen und Meßkirch. – Z. dt. geol. Ges., 117: 855–894; Hannover.
- Wittmann, O. (1948): Untersuchungen im Bereich der Blätter Lörrach, Weil, Schopfheim und Rheinfelden. – Mitteilungsbl. Bad. Geol. Landesanst., 1947: 41–42; Freiburg i.Br.
- Wolf, M. & Hagemann, H.W. (1987): Inkohlung und Geothermik in meso- und paläozoischen Sedimenten der Nordschweiz und Vergleich zu Inkohlungsgradienten aus Süddeutschland. – Eclogae Geol. Helv., 80: 535–542; Basel.



- Wolff, G. (1988): Erläuterungen zu Blatt 6623 Ingelfingen. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6623: 169 S., 4 Taf., 7 Beil.; Stuttgart
- Wurm, F., Franz, M., Paul, W. & Simon, T. (1989): Der geologische Bau des Wutachtales zwischen Lotenbach-Mündung und Achdorf (Exkursion G am 30. März 1989). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 71: 121–148; Stuttgart.
- Yahya, A.R. (1971): Zur Geologie des Dinkelberges nördlich von Rheinfelden auf Grund einer Kartierung 1:10 000. – Diplomarbeit Geol. Paläont. Inst. Univ. Heidelberg: 96 S., 2 Anl. – [unveröff.]
- Zaidi, S.A.A. (2019): Sedimentology, petrography and hydrogeological properties of the Buntsandstein in the Gaimühle drill core (244 m – 364 m). – Masterarb. Univ. Freiburg i.Br.: 93 p. – [unveröff.]
- Ziegler, P.A. (1990): Geological Atlas of Western and Central Europe. – 239 p., 56 pl.; Amsterdam (Shell Int. Petroleum Maatsch. B.V.). – [1. ed. 1982: 130 p.]
- Zijlstra, G., Kustatscher, E. & van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A. (2007): Proposals to conserve the names *Schizoneura* against *Convallarites* and *S. paradoxa* against *C. erecta* (fossil Sphenopsida). – Taxon, 56: 965–966; Oxford.
- Zink, C. (1993): Stratigraphie und Tektonik des Gebiets östlich von Schmieheim, im Bereich von Affenberg, Sandbühl und Hohenstich (Lahr-Emmendinger Vorbergzone). – Diplomkart. Geol. Inst. Univ. Freiburg i.Br.: 3 Kt., 37 S. – [unveröff.]

12 Erläuterungen zu den Beilagen

Die Bezeichnung der Profile erfolgt nach Archivnummer und Gemarkung entsprechend Anhang 2. Die stratigraphischen Kürzel (jeweils linke Spalte) beziehen sich auf die ersten Profile links. Laterale Übergänge in faziell abweichende, gleich alte stratigraphische Einheiten sind in den Diagrammen als Zickzacklinien angegeben. Die Lage der Faziesgrenzen, insbesondere sVs/sVg kann von den Korrelationslinien abweichen und ist teilweise gesondert in Farbe ausgewiesen. Zu den Kürzeln s. auch Abb. 18.

Zu Beilage 1: Zusammenfassende Übersicht der Korrelationsergebnisse anhand eines NW–SE-Profiles. Die Korrelation erfolgte analog zu den Verhältnissen im Schwarzwald und Oberrheingebiet (Beil. 2 bis 11).

Zu Beilage 2: Korrelation von Bohrprofilen vom Odenwald über Kraichgau und Schwarzwald an den Hochrhein. Der Faziesübergang von der Main- (im Norden) in die Schwarzwald-Fazies (im Süden) erfolgt im südlichen Odenwald und nördlichen Kraichgau zwischen den Bohrungen Reisenbach und Steinsfurt (vgl. Beil. 3 und 4). Farbige unterbrochene Linien kennzeichnen Faziesgrenzen, an denen Subformationen unterschiedlicher Geröllführung abgegrenzt werden (in der Eck- und Vogesensandstein-Formation). Unten rechts Fortsetzung der Profilreihe nach Süden.

Zu Beilage 3: Korrelation von Bohrprofilen vom Main-Tauber-Gebiet nach Hohenlohe und ins Riesvorland. Die knapp gehaltene Bohrgutbeschreibung von Boxberg-1 erlaubt keine nähere Gliederung; die ungewöhnlich geringe Mächtigkeit des Heigenbrücken-Sandsteins legt eine Störung in diesem Bereich nahe. Die Schichtausfälle im Oberen Buntsandstein von Waldenburg dürften auf Störungen der Salltal-Störungszone zurückzuführen sein, deren genauer Verlauf im Keuper-Ausstrichgebiet bislang nicht kartiert ist, in deren Streichen der Bohrpunkt jedoch liegt. Für die Bohrung Ingelfingen (BO6623-72) lässt sich nach dem Bohrprotokoll von 1859 nicht sicher sagen, ob die Sandsteine unter der Heidenstein-Subformation noch zur Folge s5 oder bereits zu Folge s4 gehören. In Bad Mergentheim, das näher an der Ries-Tauber-Schwelle liegt, dürfte Folge s5 bereits fehlen.

Zu Beilage 4: Korrelation von Bohrprofilen vom Maintal in den südlichen Odenwald. Die Profil-

reihe verläuft von NE (links) nach SW (rechts) etwa parallel zur Odenwald-Schwelle, deren Einfluss in den nördlicheren Profilen jeweils stärker durch geringere Mächtigkeiten und Schichtausfälle wirksam wird. Die Folge s5 ist demnach, wie auch durch die Logkorrelation nahegelegt, nur in der Fränkischen Senke erhalten und keilt gegen den Odenwald aus. Die Bohrung Reisenbach stellt das südwestlichste Profil dar, in der die Gliederung des Mittleren Buntsandsteins in die Formationen der Beckenfazies noch anwendbar ist. In weiter südwestlich aufgenommenen Profilen haben bisherige Versuche, die lithologischen Abfolgen entsprechend zu gliedern, zu widersprüchlichen Ergebnissen geführt.

Zu Beilage 5: Korrelation von Bohrprofilen im Kraichgau und Nordschwarzwald. Die Basis der Folge s3 (Äquivalent Basis Mittlerer Buntsandstein) ist in manchen, aber nicht in allen Profilen durch Geröllsandsteine gekennzeichnet, die jedoch nicht überall die ersten geröllführenden Sandsteine über der Eck-Formation darstellen. Die Abgrenzung oder weitere Gliederung nach der Geröllführung allein führte bisher zu stark abweichenden Mächtigkeitsangaben für Badischen Bausandstein und Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation selbst für nahe benachbarte Bohrungen. Nach den Ergebnissen der Logkorrelation dürften die Geröllsandsteine der Folge s5 am Nordrand der Nordschwarzwald-Schwelle diskordant auskeilen. Die „Oberen Geröllsandsteine“ des Schwarzwalds, soweit überhaupt abgrenzbar, entsprechen damit den „Mittleren“ des Kraichgau (Folge s4).

Zu Beilage 6: Korrelation von Bohrprofilen im südlichen Oberrheingebiet (südlicher Oberrheingrabenrand und unterer Hochrhein). Südlich Badenweiler macht sich ein Paläorelief aus Talfüllungen und Höhenrücken an der Buntsandsteinbasis bemerkbar.

Zu Beilage 7: Korrelation von Bohrprofilen von Ortenau und Breisgau zum Hegau (Südlicher Oberrheingrabenrand–Südschwarzwald–Hegau). Der Badische Bausandstein keilt gegen den Beckenrand hin aus, weshalb in Königsfeld, Rottweil und Niedereschach Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation unmittelbar auf Eck-Formation liegt. Bemerkenswert ist ein Rest von Kirnbach-Formation in BO7817-756, der sich in der Ausbildung einer Basisarkose und durch eine hangende Karneoldolomit-Kruste von der räumlich benachbarten Eck-Formation in BO7817-855 (mit gut gerundetem Grobsand und aufgearbeiteten Karneoldolomit-Geröllen über die gesamte Abfolge) unterscheidet (Abstand 115 m). Es han-



delt sich bei letzterer möglicherweise um eine in die randliche Kirnbach-Formation eingeschnittene Talfüllung des unteren Buntsandsteins. In der ca. 2 km entfernten Bohrung bei Kappel folgt auf einen geringmächtigen Rest Kirnbach-Formation sogleich die Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation.

Zu Beilage 8: Korrelation von Bohrprofilen vom Neckarursprung in den Klettgau (Obere Donau und mittlerer Hochrhein). Die Gesamtmächtigkeit bleibt hier generell unter 40 m, schwankt aber auch sehr kleinräumig aufgrund eines Paläoreliefs der Kristallinoberfläche. Die geringmächtigen lokalen Vorkommen von Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation in Villingen und Wolterdingen dürften verschüttete Talfüllungen (Wadi-Ablagerungen) am Übergang Schwelle–Becken sein. Da in der basalen Plattensandstein-Formation vielfach violette Horizonte ausgebildet sind, ist die Abgrenzung des smVH2-Horizonts nach oben oft schwierig.

Zu Beilage 9: Korrelation von Bohrlochmessungen der Gammastrahlung vom Maingebiet über Kraichgau und Schwäbische Alb ins Riesvorland. Die Korrelationslinie verläuft links zunächst entlang der Odenwald-Schwelle, in der Mitte durch den Bereich der Fränkischen Senke, rechts über Ausläufer der Nordschwarzwald-Schwelle auf die Ries-Tauber-Schwelle.

Zu Beilage 10: Korrelation von Bohrlochmessungen der Gammastrahlung vom Kraichgau zur Schwäbischen Alb. Links die Fränkische Senke über dem frühpermischen Kraichgau-Becken, in der Mitte die nordöstliche Fortsetzung der Nordschwarzwald-Schwelle, rechts davon das Gebiet des frühpermischen Schramberg-Beckens, das in der Frühen Trias zusammen mit der Südschwarzwald-Schwelle noch zur Nordabdachung des Vindelizischen Hochlands gehörte (die Einsenkung der Mittelschwäbischen Senke im Gebiet der heutigen Mittleren Alb beginnt erst in der Späten Trias). Das Rotliegend von Albershausen war zunächst von Carlé (1971) irrtümlich mit dem unteren Buntsandstein von Allmersbach korreliert worden, da die Konglomeratserie in Intervall B ähnliche Logsignaturen aufweist wie die Eck-Formation. Durch Vergleich mit dem erst später erbohrten Profil von Urach 3 und nach einer Neuaufnahme der Bohrproben beider Bohrungen ist die korrigierte Interpretation heute gesichert.

Zu Beilage 11: Korrelation von Bohrlochmessungen der Gammastrahlung im Oberrheingebiet. Rechts Randbereich der Odenwald-Schwelle (Brühl) und Fränkische Senke, in der

Mitte nochmals Randbereich einer Nordvogesen–Haardt–Odenwald-Schwellenregion (Soultz) und Nordschwarzwald-Schwelle (Schapbach), rechts Südschwarzwald-Schwelle und Übergang ins Burgundische Becken (mit leicht ansteigenden Mächtigkeiten: Steinen, Otterbach).

Anhang 1: Historische Begriffe

Arenicolites-Bank – Ortlam (1966, 1967) definierte eine Bank mit U-förmigen Spurenfossilien ohne Spreiten im Oberen Rötton (Diedesheim-Horizont) als ‚*Arenicolites*-Bank‘ und setzte sie mit „der“ ‚*Myophorienbank*‘ (s. dort) gleich. In den von Ortlam (1968, 1969a, 1970b) angegebenen Profilen ist diese Bank meist an der Grenze Plattensandstein- zu Rötton-Formation angegeben. Da der Abstand zur Muschelkalk-Basis dabei um mehrere Meter schwankt, ist unklar, ob es sich um denselben stratigraphischen Horizont handelt.

Arenicoloides-Zone – Sandsteine mit unvollständigen *Diplocraterion*-Spurenfossilien (U-förmige Spreitenbauten) im Oberen Buntsandstein, von Blanckenhorn (1902) zuerst für eine Schicht im Rötquarzit der Rhön eingeführt. Bräuhäuser (1919) überträgt den Ausdruck bei der Erwähnung von Spurenfossilien in verschiedenen Niveaus im Plattensandstein auf den Schwarzwald. Auch Regelman (1919) hatte diese Spuren insbesondere in der unteren (!) Hälfte der Plattensandsteine gefunden und hielt das Spurenfossil für „geradezu leitend“ für die Plattensandstein-Formation insgesamt. Später setzte Hennig (1923) die unteren 10–15 m der Plattensandstein-Formation mit Blankenhorns ‚*Arenicoloides*-Zone‘ im Rötquarzit gleich, wodurch der Eindruck eines Leithorizonts entstand. Die Spuren erscheinen auf der Bankoberseite als ein bis wenige Zentimeter tiefe halbmondförmige Eintiefungen, die der unteren Umbiegung der U-förmigen Grabspuren entsprechen. Der obere Teil der Spuren über der Sandsteinbank ist meist nicht oder nur sehr schlecht erhalten. *Diplocraterion*-Spuren treten in gebietsweise unterschiedlichen Niveaus im Mittleren und Oberen Buntsandstein auf und wurden auch als ‚*Corophioides*‘ bezeichnet (Andrée 1927, Pollard 1981).

Basisgeröllsandstein – Geröllsandstein an der Basis der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (Vogesensandstein-Formation) im idealisierten Buntsandsteinprofil bei Eissele (1966). Die ersten jeweils ausgebildeten Geröllsandsteine verschiedener Profile liegen allerdings in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus und bilden keine durchhaltende Leitschicht. Unmittelbar über der Foliegrenze s2-s3 treten nach den heute vorliegenden Profilen nur in weniger als einem Drittel der Profile bereits Gerölle auf.

Basissandstein (im Unteren Buntsandstein) – Im Symbolschlüssel Geologie für Baden-Würt-

temberg (GLA 1995) als Grenze zwischen ‚Mittlerem‘ und ‚Oberem Bausandstein‘ postuliert und als Basis der Bernburg-Formation aufgefasst. Der Name leitet sich von der Bezeichnung ‚Salmünster-Basissandstein‘ für den Oberen Miltenberg-Sandstein ab (Diederich 1964, Freudenberger 1996), der jedoch nur in der Fazies der Miltenberg-Formation eine abgrenzbare Einheit bildet und dabei nicht mit der Foliegrenze s1-s2 bzw. der norddeutschen Grenze Calvörde-/Bernburg-Formation zusammenfällt (Lepper 1993, Friedlein 2016). Für den Schwarzwald wurde ebenfalls ein äquivalenter ‚Basissandstein‘ postuliert (Leiber in GLA 1995 und Leiber et al. 2013), jedoch nicht in Profilen dokumentiert. Entsprechend wurde die Basis der ‚Salmünster-Folge‘ im Schwarzwald von verschiedenen Bearbeitern in ganz unterschiedliche Niveaus innerhalb des Badischen Bausandsteins gelegt (Savas 1990, 1998, Schlegel & Brockamp 2003; vgl. ‚Schapbach-Geröllsandstein‘ und Kap. 8.5).

Bausandstein – Als Werkstein bauwürdige Abschnitte im Buntsandstein (u.a.). In stratigraphischem Sinne wurden im Schwarzwald vorwiegend Sandsteine der Vogesensandstein-Formation (Badischer Bausandstein), in Mainfranken solche der Plattensandstein-Formation und in Hessen meist solche der Solling-Formation damit bezeichnet, am Main und im Odenwald auch Heigenbrücken-Sandstein und Miltenberg-Sandstein (Andreae 1893). Beispiele: Hasemann 1928, 1930 (für Heigenbrücken-Sandstein); M. Schmidt 1906, Regelman 1908 (für Badischen Bausandstein); Erb 1928 (für Plattensandstein).

Bausandstein-Formation (in Baden-Württ.) – In Schwarzwald und Odenwald zwischen 2003 und 2011 verwendeter Name für Sandsteine zwischen Eck-Formation und ‚Geröllsandstein-Formation‘ (s.d.), d.h. für Badischen Bausandstein (oder dessen unteren Teil) und Miltenberg-Formation. Siehe auch ‚Große Bausandstein-Formation‘.

Bröckelbänke – Einige Zentimeter bis mehrere Dezimeter mächtige Lagen aus Dolomit- oder Kalkstein-Intraklasten in der Plattensandstein-Formation. Örtlich können auch Sandstein- oder Tonschluffstein-Intraklasten auftreten. Die Matrix ist meist sandig oder schluffig-tonig, der Zement karbonatisch oder tonig. Im Südschwarzwald tritt örtlich Karneol auf. Die Bröckelbänke werden gewöhnlich als resedimentiertes Material aus pedogenen Karbonatkrusten gedeutet. Die Anzahl der Bröckelbank-Lagen über die Profilabfolge schwankt kleinräumig zwischen keiner und mehr als acht. Auch ‚Dolomitbröckelbänke‘, ‚Karbonatbröckelbänke‘ oder ‚Dolomit-Breccienlinsen‘ genannt.



Bröckelschiefer – Schluffig-tonig-feinsandige Heterolithe im Buntsandstein und Zechstein, stratigraphisch für unterschiedliche Horizonte verwendet (Langenthal-Formation, Feinsedimente der Tigersandstein-Formation in der Zechstein-Randfazies, Röttone des Oberen Buntsandsteins).

Bunter Dolomithorizont I bis IV – Name für pedogen überprägte Sedimentkomplexe bei Eissele (1966), Synonym zu ‚Violette Horizonte‘ bei Ortlam (1966 etc.). Der ‚Bunte Dolomithorizont I‘ entspricht dem Violetten Horizont VH1 (smVH1), der ‚Bunte Dolomithorizont IV‘ dem VH5 (so3D). Im Gegensatz zu Ortlam stellte Eissele (1966) den BD I und die darüber folgende Schichtenfolge insgesamt in den Oberen Buntsandstein. Eine Korrelation des BD I mit der H-Diskordanz wird nicht explizit genannt, ergibt sich jedoch implizit aus der Erwähnung einer möglichen Korrelation des ‚Hauptgeröllhorizonts‘ darunter mit dem ‚Hardeggen‘ [-Zyklus] (Eissele 1966: 154). Bei Diederich (1971) werden BD I und smVH1 irrtümlich mit der Violetten Grenzzone VG im Pfälzer Buntsandstein (= smVH2) korreliert.

Buntsandstein-Bonebed – Anreicherungen von Amphibienknochen in der oberen Vogesen-sandstein-Formation (A. Schmidt 1910); vgl. ‚Knochen-Grenzzone‘.

Chirotheriensandstein – Euphemistische Bezeichnung für Sandsteinhorizonte, in denen meist nur vereinzelt und lokal Tetrapodenfährten gefunden wurden. Nach einem ersten Fund mit *Chirotherium*-Fährten bei Hildburghausen in Thüringen im Jahr 1834 wurde dieses Niveau zunächst als Leitschicht betrachtet (z. B. Sandberger 1867). Frantzen (1883) stellte jedoch neben diesem ‚Thüringischen Chirotheriensandstein‘, unmittelbar über dem Karneoldolomit-Horizont, einen weiteren ‚Fränkischen Chirotheriensandstein‘ höher in der Schichtfolge fest. Blanckenhorn (1925) fand einen weiteren Fährtenhorizont im hessischen Bausandstein, den er als „Unteren oder hessischen“ Ch. bezeichnete, während er den „Oberen oder Fränkischen“ Ch. mit dem thüringischen gleichsetzte, was sogleich Widerspruch durch Grupe (1926) hervorrief, zumal gar nicht alle Fährtenhorizonte auch *Chirotherium*-Fährten aufweisen. Kirchner (1926) fand weitere Fährtenhorizonte im Plattensandstein und identifizierte den von Sandberger (1867) beschriebenen Fährtenhorizont im ‚Grenzquarzit‘ der bayrischen geologischen Landesaufnahme. Schuster bemerkte dazu schließlich: „Der Name ‚Chirotheriumsandstein‘, im Schrifttum so verschieden angewendet, dass es kaum möglich ist, sich in den abweichenden Gedankengängen zurechtzufinden, ist zu einem

mehrdeutigen Begriff geworden“ und erläutert mehr als ein Dutzend unterschiedliche, wenn auch oft gleichlautende, Verwendungen der Bezeichnung. Heute erscheint der Begriff nur noch in der Bezeichnung Thüringischer Chirotheriensandstein als Randfazies der oberen Solling-Formation in der Lithostratigraphie.

Corophioides-Bank – Bei Ortlam (1966 etc.) eine kieselige Sandsteinbank über einem von ihm als ‚VH4‘ angesprochenen Paläoboden in der höheren Plattensandstein-Formation, benannt nach darin auftretenden Umbiegungsstellen von *Diplocraterion*-Spuren. „*Corophioides*“ ist ein jüngeres Synonym von *Diplocraterion*, ebenso wie das noch jüngere Synonym „*Arenicoloides*“, mit dem solche Spuren ebenfalls bezeichnet wurden. Ortlam (1967: 557) hält diese Bank für eine überregionale Leitbank, da sie auch von Hildebrand (1924) und Hoppe (1925) aus dem Maingebiet angeführt werde. Hildebrand (1924) beschreibt jedoch (fälschlich unter der Bezeichnung der Spuren als „*Arenicolithes*“) gleich drei „Wurmhorizonte“, von denen zwei im Plattensandstein unterhalb der Unteren Röttone auftreten (und damit unterhalb von Ortlams Fossilhorizont) und der dritte im Rötquarzit (und damit darüber) liegt. Auch Hoppe (1925) beschreibt drei „Wurmhorizonte“, davon jedoch zwei aus dem Mittleren Buntsandstein und nur einen aus dem Plattensandstein. *Diplocraterion*-Spuren finden sich in verschiedenen Niveaus im mittleren und oberen Buntsandstein (Pollard 1981) und erlauben daher keine Verwendung als Leitschicht.

Dolomitbröckelbänke – s. Bröckelbänke

Dolomit-Karneol-Horizont – Anderer Name für ‚Karneoldolomit-Horizont‘ (z. B. Riek 1931), um zu betonen, dass die dolomitischen Abscheidungen regelmäßiger darin auftreten als der Karneol.

Eck'sches Konglomerat, Eckscher Horizont – Seit Sauer (1894) eine Bezeichnung für den ‚Unteren Geröllhorizont‘ nach Eck (1884a, 1892), heute Eck-Formation.

Estherien – Im 19. Jahrhundert gebräuchlicher, heute obsoleter Name für Conchostraken („Muschelschaler-Krebse“, eine Gruppe zweischaliger Kiemenfußkrebse). Der Name leitet sich ab vom Gattungsnamen „*Estheria*“ (nach dem biblischen Frauennamen Esther) für eine rezente Conchostrakenart auf einer Insel im Roten Meer, die auch in Mitteleuropa vorkommt. Der Name wurde von Eduard Rueppell vorgeschlagen und 1837 von Hercule Straus-Durkheim mit der Artbeschreibung veröffentlicht. Da bereits 1830 André Jean Baptiste Robineau-Desvoidy eine Gattung rezenter Raupen-

fliegen als *Estheria* beschrieben hatte, wurde die Krebsgattung bereits vier Jahre später durch Nicolas Joly in *Isaura* umbenannt. Heute werden zahlreiche Gattungen und Arten unterschieden (Reible 1962, Kozur & Seidel 1983a, 1983b, Kozur 1993b, Kozur et al. 1993). Dabei wurde teilweise der obsolete Name „*Estheria*“ als Namensbestandteil neuer (und damit nicht synonym) Gattungsnamen wiederverwendet (z.B. *Euestheria*). Conchostraken sind Faziesanzeiger für kurzzeitige (ephemere) Binnengewässer (z.B. Resttümpel nach Hochwässern, größere Regenwasserpfützen). Sie legen Tage bis wenige Wochen nach dem Schlüpfen erneut trockenheitsresistente Eier, die von Staubstürmen über Kontinente hinweg verbreitet werden können (Kozur & Weems 2010). Manche Arten können daher als nichtmarine Leitfossilien in weit entfernten, hydrologisch getrennten Sedimentbecken verwendet werden, auch für die frühe und mittlere Trias (Kozur & Weems 2006, 2010, Scholze et al. 2016).

Felssandstein – Zu Beginn des 20. Jahrhunderts in der bayrischen geologischen Landesaufnahme geprägter Begriff für felsbildende Sandsteine als Orientierungsschicht an der Obergrenze des Mittleren Buntsandsteins (Reis 1928, Schuster 1932). Als Kartiereinheit wurden dabei häufig alle Sandsteine unter dem Karneol-Dolomit-Horizont zusammengefasst, die geomorphologisch mit einer Hangversteilung verbunden sind, weshalb in älteren Darstellungen neben den Sandsteinen des Felssandsteins im engeren Sinne (mit erosiv-diskordanter Basis, s. Kap. 6.5.4) auch festere Sandsteine der oberen Hardeggen-Formation enthalten sein können (Backhaus 1968).

Fränkischer Chirotheriensandstein – s. Chirotheriensandstein.

Fränkische Stufe – Namensvorschlag für den Unteren Buntsandstein in Odenwälder Fazies (Gunzert 1958), entspricht der Abfolge vom Heigenbrücken-Sandstein bis zur Miltenberg-Wechselfolge.

Freudenstädter Gruppe – Namensvorschlag von Eissele (1966) für die Schichtenfolge vom ‚Basisgeröllsandstein‘ (‚Unteren Geröllsandstein‘) bis zur Basis des Bunten Dolomithorizont BD I‘ (= Violetter Horizont smVH1) und damit für die Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (heutiger Gliederung; Kap. 6.4.2) bei früh einsetzender Geröllführung. Bei Eissele (1966) als ‚Mittlerer Buntsandstein‘ aufgefasst. Wegen Synonymie mit der formell gültigen Freudenstadt-Formation im Muschelkalk ist der Name für den Buntsandstein obsolet.

Gaggele, Gaggeli, Gaggelesbänke – Dialektausdruck für rundliche Gerölle bzw. für Geröllsandsteine im Schwarzwald (Schmidt & Rau 1906, Regelmann 1907, M. Schmidt 1908, Schnarrenberger 1915).

Geiersberg-Formation – Entspricht nach Backhaus (1975) der grobsandigen Ausbildung von Detfurth- und Hardeggen-Formation (ohne Felssandstein) und dem ‚Mittleren‘ bis ‚Oberen Geröllsandstein‘ der Vogesensandstein-Formation im Odenwald.

Gelnhausen-Folge – Tieferer Teil des Unteren Buntsandsteins in Hessen und im Main-Tauber-Gebiet (Diederich 1964, Diederich et al. 1964). Entspricht etwa der Abfolge vom Heigenbrücken-Sandstein bis zum Unteren Miltenberg-Sandstein. Die Abgrenzung zur hangenden ‚Salmünster-Folge‘ (s. d.) entspricht nicht der heutigen Folggrenze s1/s2, die innerhalb des Unteren Miltenberg-Sandsteins (‚Dickbank-Sandsteins‘ der Bayer. Gliederung) liegt (Friedlein 2016).

Geröllfreie, hellfarbige Sandsteine – Bei Riek (1931) entspricht dieser in ‚Knochenbetten‘ und ‚dickbankige glitzernde Sandsteine‘ gegliederte Abschnitt annähernd der Heidenstein-Subformation (ohne Abtrennung des Violetten Horizont smVH1).

Geröllfreier Sandstein – Bei Eissele (1966) Synonym für den (heutigen) Badischen Bausandstein.

Geröllsandstein-Formation – Im Symbolschlüssel Baden-Württemberg (LGRB 2000) eingeführte Zusammenfassung der bisherigen Einheiten ‚Unterer‘, ‚Mittlerer‘ und ‚Hauptgeröllhorizont‘; entspricht der heutigen Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (LGRB 2011; Kap. 6.4.2).

Glimmersandstein (im Buntsandstein) – Bei Eissele (1966) Bezeichnung für die höhere (heutige) Plattensandstein-Formation über dem obersten (feststellbaren) ‚Bunten Dolomithorizont‘.

Grenzbonebed (im Buntsandstein) – s. ‚Buntsandstein-Bonebed‘, ‚Knochen-Grenzzone‘.

Grenzquarzit (im Buntsandstein) – Kieselig gebundene Sandsteine an oder nahe der Grenze zwischen Plattensandstein und Röttonen im Oberen Buntsandstein des Maingebiets und Odenwalds. Die kieselige Sandsteinbank an der Obergrenze der Plattensandstein-Fazies wurde zuerst von Reis (1914) und Reis & Schuster (1914) als Kartiergrenze zwischen Plattensandstein und Röt-



tonen verwendet, jedoch dann von Kirchner (1926) und Schuster (1934) für einen stratigraphisch einheitlichen Leithorizont gehalten. Auch Reis (1928: 26) führt für die Rhön eine ‚Wellenplatten-Quarzitbank‘ an, die „in geringster Entfernung“ über der Obergrenze der Plattensandstein-Fazies liege. Für den Spessart und das Maingebiet nennt er eine weitere „kieselige Wellenplattenbank“ an, mit der hier bis in ein höheres Niveau hinaufreichende Plattensandstein gegen die Rötton-Fazies abschließt. Es dürfte sich dabei nicht um einen Leithorizont handeln, sondern um eine diagenetische Quarzzementation durch Kieselsäure-Mobilisierung am Kontakt der Sandsteine mit den von Schichtsilikaten dominierten Tonschluffsteinen (s. Kap. 5.6). Entsprechend treten weitere kieselige Sandsteinlagen in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus meist an der Grenze zu Tonschluffstein-Bänken auf.

Grenzschichten (im tieferen Buntsandstein) – Bei Riek (1931) stärker geröllführender Abschnitt im basalen Badischen Bausandstein des Mittleren Schwarzwalds, im Unterschied zur liegenden Eck-Formation ohne Feldspat führende Grundgebirgsgerölle (nur Quarz-, Quarzit- und Hornstein-Gerölle). Die Geröllführung ist lateral stark wechselnd entwickelt und nicht überall durchgehend vorhanden (vgl. Rudersberg-Fazies, Übergangsschichten).

Grobkörniger Geröllsandstein – Bei Eisesele (1966) unterer Teil des ‚Mittleren Geröllsandsteins‘ (Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation, Vogesensandstein-Formation).

Grobkörniger Hauptbuntsandstein – Im Odenwald zeitweise Legendenbezeichnung für den Mittleren Buntsandstein bzw. die nur in diesem Abschnitt ausgebildete Vogesensandstein-Formation (Erb 1928, Spitz 1933, Günzburger 1936, Hasemann & Teike 1937).

Große Bausandstein-Formation – Im Symbolschlüssel Baden-Württemberg (LGRB 2003) eingeführte Kartiereinheit für geröllarme bis -freie Sandsteinabfolgen zwischen Eck-Formation und ‚Hauptgeröllhorizont‘. Der obere Abschnitt sollte in Bohraufnahmen als ‚Unterer‘ und ‚Mittlerer Geröllsandstein‘ der ‚Geröllsandstein-Formation‘ zugeschlagen werden, wobei dann für den verbleibenden unteren Abschnitt der Name ‚Bausandstein-Formation‘ verwendet werden sollte. Die Unterscheidung zweier unterschiedlich definierter Bausandstein-Formationen für Bohraufnahmen und Kartierungen zeigte sich als nicht praxistauglich. Seit LGRB (2011) Badischer Bausandstein (s. Kap. 6.4.2).

Grüne Grenzbank (im Buntsandstein) – Bei Hildebrand (1924) ca. 2 m mächtige hellgrüne Sandsteine über dem Karneoldolomit-Horizont smVH2 um Wertheim. Entspricht dem Thüringischen Chirotheriensandstein.

Hainstadter Folge – Lokalname für den mittleren bis höheren Eckschen Geröllhorizont (Backhaus 1960). Diachrone Faziesgrenze zur liegenden ‚Itter-Raibacher Folge‘.

Hangender Ton-Schluffstein – Bei Eisesele (1966) Synonym für Rötton.

Hannoversche Stufe – Namensvorschlag für höheren Mittleren Buntsandstein in Odenwälder Fazies (Gunzert 1958), entspricht annähernd Solling-Formation einschließlich Felssandstein.

Hauptbuntsandstein – Synonym für den ‚Mittleren Buntsandstein‘ in der Abgrenzung durch Eck (1892) und damit im Schwarzwald für den Vogesensandstein nach Alberti (1834). Entspricht dort heute Eck- und Vogesensandstein-Formation. Im Odenwald wurde die Untergrenze teils unter (z.B. Schuster 1932), teils über dem Heigenbrücken-Sandstein gezogen (z.B. Klemm & Chelius 1894), teils auch über dem Eckschen Geröllsandstein (z.B. Deecke 1916). Teilweise wurde der ‚Pseudomorphosensandstein‘ (Miltenberg-Formation) zwar zum Mittleren Buntsandstein gerechnet, der ‚Hauptbuntsandstein‘ aber erst mit den Grobsanden der Vogesensandstein-Formation begonnen (Schalch 1898), die als ‚Hauptbuntsandstein im engeren Sinne‘ (Andreae & Osann 1896) galten. Als Obergrenze galt die Basis der ‚Karneolbank‘ (smVH2). Unterteilungen in ‚Unteren‘, ‚Mittleren‘ und ‚Oberen Hauptbuntsandstein‘ wurden unterschiedlich gehandhabt (‚Unterer H.‘ für Miltenberg-Fm. im Odenwald oder Eck-Fm. im Schwarzwald; ‚Mittlerer H.‘ für Badischen Bausandstein im Schwarzwald oder Mittleren Buntsandstein insgesamt im Odenwald; ‚Oberer H.‘ für Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation im südl. Odenwald und Kraichgau oder Felssandstein im östl. Odenwald). Der Badische Bausandstein wurde im Schwarzwald und Kraichgau teilweise auch allein als ‚Hauptbuntsandstein‘ bezeichnet (Sauer 1894, Schalch 1895, Thürach 1897, Regelmann 1919, Brill 1929, Bilharz 1934, Hasemann 1934). Abweichend davon hat Leonhard (1874) die heutige Plattensandstein-Formation als ‚Hauptbuntsandstein‘ bezeichnet (S. 251: „thonige, glimmerige Sandsteine“ über dem „sog. Vogesen-Sandstein“, letzterer für Heidelberg allerdings mit unklarer Abgrenzung zum ‚Tigersandstein‘).

Hauptgeröllhorizont – Stärker geröllführender Abschnitt in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation. Synonym ‚Oberer Geröllsandstein‘ (Eissele 1966, Leiber 1982b). Im Schwarzwald wurden in den Profilen meist Geröllsandsteine der Folge s4, im Süden auch von s3, damit bezeichnet, im Kraichgau und Odenwald meist solche in s5.

Hauptkonglomerat – Synonym für den ‚Oberen Geröllhorizont‘ bzw. ‚Oberen Konglomerathorizont‘ der älteren geologischen Karten, von Eissele (1966) in drei Abschnitte gegliedert (‚Basisgeröllsandstein und Geröllfreie Zone‘, ‚Grobkörniger Geröllsandstein und Ton-Geröllsandstein-Wechselfolge‘, ‚Karbonatischer Geröllsandstein oder Hauptgeröllhorizont‘), die seit Leiber (1989) als Unterer, Mittlerer und Oberer Geröllsandstein bezeichnet werden (s. d.). Die tatsächlich in den Karten und Profilzeichnungen ausgewiesenen Geröllsandsteine umfassen jedoch unterschiedliche Abschnitte der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation und/oder den Heidenstein-Kristallsandstein der Vogesensandstein-Formation (worauf schon Eissele 1966 hinweist, ebenso Leiber 1989) bzw. den Felssandstein des Odenwalds, letzteres besonders in Unterfranken und Hessen. Die stark schwankenden Mächtigkeitsangaben resultieren aus dieser Uneinheitlichkeit der Abgrenzung, die von lateral wechselnder Geröllführung und den Aufschlussverhältnissen abhing. So zeichnet für den Raum Heidelberg Andreae (1893) ein ‚Oberes Geröll-Niveau‘ bis unmittelbar unter den Karneol-Dolomit-Horizont, während Sauer (1898: 23) zwischen beiden lithologischen Einheiten „noch 10, 20 selbst 30 m geröllfreie Sandsteine“ fand, die offenbar neben der Heidenstein-Subformation (15 bis 17 m) auch Teile der höheren Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation betreffen. Auch im Schwarzwald wurde häufig der höhere Teil der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation mit der Heidenstein-Subformation oder zumindest deren örtlich ebenfalls geröllführenden unteren Abschnitt unter dem Begriff ‚Hauptkonglomerat‘ zusammengefasst. Geröllfreie Sandsteine über den obersten Geröllsandsteinen wurden teils auf der Karte nicht ausgeschieden, teils als eigene Kartiereinheit ausgewiesen und teils dem Oberen Buntsandstein zugeordnet. Die Untergrenze des so abgegrenzten ‚Hauptkonglomerats‘ fiel jeweils mit dem untersten im Gelände aufgefundenen Geröllvorkommen zusammen und konnte dadurch auf kurze Distanz um mehrere zehn Meter schwanken. Örtlich entspricht das ‚Hauptkonglomerat‘ allein der Heidenstein-Subformation, örtlich der höheren Schliffkopf-Geröllsandstein- und Heidenstein-Subformation, örtlich nur Teilen der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation in

unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus. Bei Kessler & Leiber (1994) mit dem ‚Oberen Geröllsandstein‘ gleichgesetzt.

Heidelberger Schloss-Sandstein – Lokalname für den unteren Teil des Heigenbrücken-Sandsteins im südlichen Odenwald, vornehmlich aus bankigen Fein- und Mittelsandsteinen, die als Werkstein abgebaut wurden, z. B. für das Heidelberger Schloss (Backhaus 1960).

Hessische Stufe – Namensvorschlag für den tieferen Teil des Mittleren Buntsandstein in Odenwälder Fazies (Gunzert 1958), entspricht annähernd der Volpriehausen-Formation.

Horizont der Knollenkonkretionen – Bei Riek (1931) ein 0,5–2,4 m mächtiger Abschnitt in der Eck-Formation, in dem er eine Häufung von teils karbonatischen, teils kieseligen Konkretionen fand, die häufig mit Mangankrusten überzogen sind. In seinem Gliederungsschema stellt dieses Niveau die Grenze zwischen unterem und oberem ‚Eck’schen Konglomerat‘ dar.

Hühnertrappen – Von M. Schmidt (1911a) aufgebrachte Feldbezeichnung für Umbiegungsstellen von *Diplocraterion*-Spuren an der Oberseite von Sandsteinbänken. Der obere Teil der U-förmigen Bauten ist meist nicht erhalten (vgl. ‚*Corophioides*-Bank‘).

Itter-Raibacher Folge – Lokalname für den Übergangsbereich von schwach geröllführendem Heigenbrücken-Sandstein in den hangenden Eck-schen Geröllsandstein im Odenwald (Backhaus 1960). Diachrone Faziesgrenze zur hangenden ‚Hainstadter Folge‘.

Karbonatbröckelbänke – s. Bröckelbänke.

Karbonatischer Geröllsandstein – Bei Eissele (1966) Synonym zu ‚Oberer Geröllsandstein‘ (Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation, Vogesensandstein-Formation).

Karneol-Dolomit-Horizont, Karneoldolomit, Karneolbank – Das Auftreten von Karneol im Buntsandstein wurde zwar schon früh als Besonderheit bemerkt (z. B. Alberti 1834: 32f), jedoch anfangs nicht für stratigraphische Einteilungen verwendet. Für den Schwarzwald erwähnte zuerst Sandberger (1861: 20), dass ein aus den Vogesen bekannter „bläulicher oder violetter Sandstein mit Dolomitabscheidungen“ auch im Raum Karlsruhe die Grenze zwischen Vogesensandstein und Oberem Buntsandstein bilde. Er fand die „blaue Sandsteinbank mit bräunlichen Dolomitausscheidungen



und fleisch- oder blutrothem Karneol“ danach auch bei Kniebis (Sandberger 1863: 3), woraufhin er sie als bis zu 6 m mächtige ‚Carneolbank‘ als untere Grenze des Oberen Buntsandsteins definiert (Sandberger 1864: 21). Eine Interpretation als fossiler Bodenhorizont erfuhr der Horizont erstmals durch Hildebrand (1929). Später erkannten Eissele (1966) und Ortlam (1966, 1967) mehrere ‚Bunte Dolomithorizonte‘ bzw. ‚Violette Horizonte‘ (s. d.) im höheren Buntsandstein, von denen die beiden unteren auch im ganzen Schwarzwald Karneol führen können. In den höheren ‚Violetten Horizonten‘ des Plattensandsteins scheint die Karneolführung auf den Südschwarzwald beschränkt zu sein (vgl. Kap. 5.6, 6.6.1). Neben eigentlichem Karneol (roten Chalzedon oder Quarzin) wurden in anderen Profildokumentationen auch andersfarbige Chalzedone fälschlich als Karneol bezeichnet, was zu Fehleinstufungen geführt hat (überw. in unveröff. Bohrdokumentationen). Der Name Karneol (spätlat. *Corneolus*) leitet sich von den roten Früchten der Kornelkirsche ab.

Kieselige Sandsteine – Bei Ortlam (1966 etc.) der Abschnitt zwischen den Bodenkomplexen smVH1 und smVH2, entspricht damit der Heidenstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation.

Knochen-Grenzzone, Knochenbetten – Im Abschnitt vom Violetten Horizont smVH1 über die Heidenstein-Subformation bis in den smVH2-Horizont sind im Schwarzwald vielerorts Sandsteinlagen mit aufgearbeiteten Knochenresten angereichert. Dieser mehr als 10 m mächtige Abschnitt zwischen der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation (oberer ‚Hauptbuntsandstein‘) und dem Oberen Buntsandstein wurde von Hennig (1923) als Knochen-Grenzzone, von Riek (1931) Stufe der ‚Knochenbetten‘ bezeichnet.

Kristallsandstein – Ursprünglich als rein lithologischer Begriff für Sandsteine mit syntaxialen Anwachssäumen der Quarzsandkörner verwendet, in denen die diagenetisch gebildeten Kristallflächen der Quarze ein auffälliges Glitzern hervorrufen (z. B. Andreae 1893, Deecke 1916). Hildebrand (1924) verwendet den Begriff als Beschreibung des Felssandsteins im Maingebiet. Eissele (1966) verwendete den Namen im Schwarzwald für „Fein-/Mittelsandstein“ zwischen den ‚Bunten Dolomithorizonten‘ I und II und rechnet diesen Abschnitt zum Oberen Buntsandstein. Bei Leiber (1977b) steht der Name erstmals eindeutig als stratigraphischer Begriff für geröllfreie oder -arme Sandsteine über den als ‚Hauptkonglomerat‘ ausgewiesenen Geröllsandsteinen und unter dem Karneoldolomit-Horizont smVH2 als Abschluss des

Mittleren Buntsandsteins. In GLA (1995) wurde ‚Kristallsandstein‘ als stratigraphische Untereinheit der Hardeggen-Formation (wegen der damaligen Einstufung des korrelierenden Felssandsteins) aufgeführt, woraus in LGRB (2000) eine Kristallsandstein-Formation und in der revidierten Gliederung in LGRB (2011) die Kristallsandstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation wurde (jetzt: Heidenstein-Subformation).

Kugelhorizont, Kugelsandstein, Kugelkonkretionen

– Sandstein-Horizonte mit kugeligen bis abgeplattet-runden Konkretionen von meist wenigen Zentimetern bis ca. 20 cm Größe, zuerst erwähnt bei Alberti (1826, S. 31: „Sandstein-Sphäroiden“). Sie können einzeln in dem Jeweiligen Horizont liegen oder dicht gedrängt mit bis zu 40 Stück pro Quadratmeter (Bilharz 1934), deren Auswitterung „manchen Lagen ein schwammiges Aussehen“ verleihen kann (Brill 1931: 13). Die Kugeln sind teilweise kieselig und härter zementiert als der umgebende Sandstein, so dass sie im Aufschluss herauswittern. In manchen Horizonten sind sie jedoch weniger verfestigt oder karbonatisch gebunden, wodurch bei der Verwitterung runde Hohlräume an Aufschlusswänden entstehen. Die Schrägschichtungen der Sandsteine setzen dabei durch die Konkretionen hindurch. Vielfach wurden in den Kugeln auch Kristallmarken („Scheinkristalle“, „Pseudomorphosen“; vgl. „Pseudomorphosensandstein“) gefunden. Dabei handelt es sich um schwach verfestigte Sandsteinkörper oder entfestigten Sand mit Außengrenzen in Form von Kalzitkristallen bzw. Kristallgruppen, die als Relikte von einstigen Sandkristallen (poikilotopisch im Porenraum gewachsene große Kalzitkristalle) gedeutet werden (Blum 1867, Klocke 1869, Benecke & Cohen 1881, Ahrens 1984). Seltener zeigen die Kugeln noch „warzige Auswüchse“, die bei besserer Erhaltung die Form von „morgensterngestaltigen Durchwachsungen“ von Kalzit-Kristallmarken abbilden (Sauer 1895: 54, Eck-Formation). Die Konkretionen halten sich dabei über Entfernungen von einigen zehn bis hundert Meter an ein bestimmtes Niveau, treten aber in zahlreichen Horizonten über die Schichtenfolge verteilt auf. Es dürfte sich um frühdiagenetische Bildungen handeln, die im tiefliegenden Grundwasser der Buntsandstein-Flussebene zunächst als Karbonatkonkretionen gebildet wurden (Grundwasser-Caliche), deren Karbonatgehalt während der späteren Diagenese aber oft abgeführt und teilweise durch Kieselzemente ersetzt wurde (Hoppe 1925, 1926, 1927). Die kleinräumige Horizontbeständigkeit leitet sich dann aus alten Grundwasserständen ab. Solche Kugelhorizonte wurden von mehreren Bearbeitern als Leithorizonte betrachtet, ihre überregionale Korrelation aber nicht

durch gemessene Profilserien belegt. Kugelsandsteine sind dabei aus allen Abschnitten der grobsandigen und geröllführenden Fazies bekannt: aus der Eck-Formation im Schwarzwald (Sauer 1895; bei Riek 1931 ‚Horizont der Knollenkonkretionen‘, s.d.), in der Vogesensandstein-Formation aus dem Badischen Bausandstein im Nordschwarzwald (Diederich 1965, 1966, ebenfalls als Leithorizont betrachtet, wenngleich sie Riek 1931: 87 als „häufig“ in unterschiedlichen Niveaus beschreibt und auch Bilharz 1934 zwei unterschiedliche Niveaus nennt), aus der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation und dem Felssandstein im Odenwald (Andreae 1893, Sauer 1898, Hoppe 1925) und Schwarzwald (Brill 1933, 14f: „auf die ganze Mächtigkeit der Stufe [Geröllsandstein-Subfm.] ausgedehnt“), im Südschwarzwald auch aus dem Heidenstein-Kristallsandstein und Karneoldolomit-Horizont smVH2 (Schalch 1903, 1904) sowie aus der Plattensandstein-Formation im Odenwald (Schottler 1908). Aus Unterfranken berichtet Lepper (1967) über verschiedene Kugelsandstein-Horizonte in der Volpriehausen-, Hardeggen- und Solling-Formation. Bereits M. Schmidt 1908 und später Schuster 1932 wiesen ausdrücklich auf die fehlende Korrelation der jeweils lokal auftretenden Kugelhorizonte selbst innerhalb eines Kartenblatt-Gebiets und erst recht zwischen Nachbarregionen hin.

Main-Neckar-Gruppe – Obsoleter Name für Miltenberg-Formation (Backhaus 1960).

Mittlerer Buntsandstein – In Baden-Württemberg regional und historisch unterschiedlich gebrauchter Begriff. Im Schwarzwald seit Eck (1884a) für die Abfolge von der (heutigen) Eck-Formation bis an die Basis des Karneoldolomit-Horizonts smVH2 gebräuchlich. Durch Eissele (1966) auf die (heutige) Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation reduziert, wozu Leiber (1972) noch Heidenstein-Kristallsandstein und Karneoldolomit-Horizont smVH2 hinzurechnet. Seit LGRB (2011) ist der Ausdruck wegen ungenügender Abgrenzbarkeit zum Unteren Buntsandstein im Schwarzwald nicht mehr gebräuchlich. Im Odenwald nach Eck (1884b) auf die Abfolge vom Eckschen Geröllsandstein bis zum Felssandstein bezogen. Bei Backhaus (1960) wurde die Untergrenze an der Basis der Miltenberg-Formation („Main-Neckar-Gruppe“) vermutet und der Felssandstein als Vertretung der Solling-Formation dem Oberen Buntsandstein zugerechnet. Laemmle (1966) und Lepper (1970) hielten im Odenwald den Felssandstein für ein Äquivalent der höheren Hardeggen-Formation und stellten den Karneoldolomit-Horizont smVH2 in den Mittleren Buntsandstein, letzterer auch den Thüringischen

Chirotheriensandstein, während Backhaus (1975) die Grenze zum Oberen Buntsandstein zwischen Felssandstein und Karneoldolomit-Horizont smVH2 legte. Seit Lepper (1993) wird die Obergrenze des Mittleren Buntsandstein mit der Obergrenze des Thüringischen Chirotheriensandstein (soweit vorhanden) bzw. des Karneoldolomit-Horizonts smVH2 gleichgesetzt. Zur historischen Entwicklung in anderen Bundesländern s. Beiträge in DSK (2013).

Mittlerer Geröllsandstein – Seit Leiber (1989) Name für die von Eissele (1966) als ‚Grob-sandiger Geröllsandstein und Ton-Geröllsandstein-Wechselfolge‘ bezeichnete Abfolge in der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation. Die bisher in den Profilen so bezeichneten Abschnitte entsprechen im Schwarzwald meist Teilen der Folge s3, im Kraichgau teilweise s4 bei je nach Profil unterschiedlichen Niveaus der Unter- und Obergrenzen.

Muckensteine, Muckensandstein – Volkstümlicher Ausdruck (von mundartl. „Mucken“ für Fliegen) für Sandsteine mit vielen Manganfleckchen, besonders im mittleren und südlichen Schwarzwald (Glaser 1912, Riek 1931, Sack 1962, Kessler & Leiber 1980).

Murg-Gruppe – Namensvorschlag von Eissele (1966) für die Schichtenfolge vom ‚Basiskonglomerat‘ der (heutigen) Tigersandstein-Formation (heute: Zechstein-Randfazies) bis einschließlich ‚Geröllfreier Sandstein‘ (Badischer Bausandstein unterhalb des ‚Unteren Geröllsandsteins‘). Bei Eissele (1966) als ‚Unterer Buntsandstein‘ aufgefasst.

Myophorienbank – Zuerst von Benecke & Cohen (1881) bei Diedesheim beschriebene fossilführende Bank in den (Oberen) Röttonen. Der Name führte zu Vorstellungen einer Leitbank, die jedoch je nach Profil in verschiedenen der fossilführenden Lagen gesehen wurde. Bereits Reis (1929) hat darauf hingewiesen, dass mehrere ‚Myophorienbänke‘ vorkommen, was Gehenn (1962) ausführlich belegen konnte. Die Fossilführung ist lokal unterschiedlich, jede Lage kann lokal auch fossilleer sein.

Nagold-Gruppe – Namensvorschlag von Eissele (1966) für die Schichtenfolge vom ‚Bunten Dolomithorizont BD I‘ (= Violetter Horizont smVH1) einschließlich bis zur Muschelkalk-Basis. Bei Eissele (1966) als ‚Oberer Buntsandstein‘ aufgefasst.

Obere Plattensandsteine – Bis metermächtige Sandsteinbänke in Plattensandstein-Fazies im höheren Teil der Unteren Röttonen (so3T; Hildebrand 1924), d.h. unterhalb des Rötquarzits. Ab-



weichend hiervon wird in Bayern ein Abschnitt der randnahen Plattensandsteine, der zumindest teilweise über dem Niveau des Rötquarzits liegt, als ‚Obere Helle Plattensandsteine‘ bezeichnet (Freudenberger et al. 2013).

Oberer Buntsandstein (im Schwarzwald) – Die Abgrenzung des Oberen Buntsandsteins vom Mittleren erfolgte auf den Karten der Badischen Geologischen Landesaufnahme regelmäßig an der Basis der ‚Karneolbank‘, was sich auf den Karneoldolomit-Horizont smVH2 bezog, mit dem jedoch örtlich der Violette Horizont smVH1 oder ein höherer Violetter Horizont verwechselt wurde. Auf den Karten der württembergischen Landesaufnahme wurde dagegen die Obergrenze der Geröllführung im ‚Hauptkonglomerat‘ genannten Abschnitt verwendet. Da die Geröllführung teils noch in der oberen Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation, teils an deren Obergrenze und teils erst innerhalb der Heidenstein-Subformation aussetzt, konstatierten Brauhäuser & Sauer (1909: 40), dass „karneolführende Bänke“ örtlich „noch im geröllreichen smc2 liegen“ können, was sich auf den Violetten Horizont smVH1 unter geröllführendem Heidenstein-Kristallsandstein beziehen dürfte. Im 19. Jahrhundert wurde als Basis teilweise kein Karneoldolomit-Horizont, sondern der Wechsel von überwiegend grobkörnigen zu durchgehend feinkörnigen Sandsteinen verwendet (z.B. Vogelgesang 1872, Fraas 1882b).

Oberer Geröllhorizont – Geröllführende Sandsteine im höheren Teil der Vogesensandstein-Formation im Schwarzwald, in Abgrenzung zum ‚Unteren Geröllhorizont‘ (Eck-Formation). Je nach lokal wechselnder Geröllführung umfasste diese Kartiereinheit unterschiedlich umfangreiche Abschnitte der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation und gelegentlich Teile der Heidenstein-Subformation, lokal auch nur letztere. Im Odenwald teils Synonym für Felssandstein (z. B. Schuster 1932), teils für geröllführende Sandsteine unter dem Felssandstein und teils für eine Zusammenfassung aller Geröllsandsteine bis 30–40 m unter der ‚Carneolbank‘ (Andreae & Osann 1896, Thürach 1918).

Oberer Geröllsandstein – Gegenüber ‚Unteren‘ und ‚Mittlerem Geröllsandstein‘ für den Symbolschlüssel (LGRB 2000) vereinheitlichter Name des bis dahin als ‚Hauptgeröllhorizont‘ oder ‚Hauptgeröllsandstein‘ bezeichneten oberen Teils der damals eingeführten ‚Geröllsandstein-Formation‘ (heute Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation in der Vogesensandstein-Formation). Die in den Profilen bisher so bezeichneten Abschnitte entsprechen im Schwarzwald meist der Folge

s4, im Süden Teilen von s3, im Kraichgau häufig s5, bei unterschiedlichen Niveaus besonders der Untergrenze.

Oberes Geröll-Niveau – Bei Andreae (1893) eine 30–40 m mächtige Einheit unter der ‚Carneol-Bank‘, in der „schwache Conglomerate“ auftreten. Nach der Mächtigkeitsangabe dürften darin Geröllsandsteine der höheren Schliffkopf-Geröllsandstein- und der Heidenstein-Subformation zusammengefasst sein.

Oberer Rötton, Obere Röttonsteine – Zuerst von Schuster (1935) verwendete Bezeichnung für die Rötton-Fazies über dem Rötquarzit (‚Obere Röt-Tone‘, später in Bayern ‚Obere Röttonsteine‘, z. B. bei Freudenberger 1990, Kap. 6.6.2: Gleina-Subformation). Davon Abweichend wurde zwischen 1995 und 2011 im Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg (GLA 1995, LGRB 2003) als ‚Oberer Rötton‘ der obere Abschnitt der ‚Rötton-Formation‘ im südlichen Odenwald von der ‚Myophorienbank‘ bis zur Muschelkalk-Basis bezeichnet (entspricht annähernd dem Diedesheim-Horizont, Kap. 6.6.2). Seit 2011 folgt die Benennung der unterfränkischen Nomenklatur (LGRB 2011).

Obere Violette Zone – In Hessen Violetter Horizont (s.d.) unter dem Thüringischen Chirotheriensandstein der Solling-Formation (Diederich & Hickethier 1971), entspricht Violetter Horizont 2 nach Ortlam (1966 etc.) bzw. Karneoldolomit-Horizont smVH2. Siehe auch Violette Grenzzone.

Pflanzen-Horizont – Lokaler Fundhorizont von Pflanzenresten im höheren Plattensandstein nach A. Schmidt (1910), den Hennig (1923) irrtümlich als Leithorizont aufgefasst hat.

Pseudomorphosen, Pseudomorphosen-sandstein – Sandsteine mit Eisen- und/oder Manganflecken oder sandigen Kristallmarken nach Steinsalz- oder Kalzitkristallen. In den Geologischen Karten der Badischen Geologischen Landesanstalt wird jener Abschnitt, der heute als Miltenberg-Formation definiert ist, meist als Pseudomorphosensandstein bezeichnet. Der Name, zuerst im Odenwald verwendet (Andreae 1893, Chelius & Klemm 1894, Schalch 1894), leitet sich von den darin häufigen gelbbraunen bis rotbraunen oder braunschwarzen Flecken von wenigen Millimetern Größe ab. Ähnliche Bildungen treten auch im übrigen Unteren bis Mittleren Buntsandstein auf und wurden zuerst von Blum (1867), Klocke (1869) und Benecke & Cohen (1881) aus der höheren Vogesensandstein-Formation des

Odenwalds eingehender beschrieben (vgl. Ahrens 1984, Steinbauer 2006). Die Bezeichnung „Pseudomorphosen“ ist mineralogisch nicht korrekt, da es sich lediglich um Reliktstrukturen (Kristallmarken) nach Sandkristallen in Skalenoëder-Form handelt: Kalzitkristalle, die im Porenraum des noch unverfestigten Sandes wuchsen und diesen dabei poikilitisch einschlossen, wurden während der späteren Diagenese aufgelöst, wobei eine schwache Zementation durch Eisen- und z. T. Manganoxide und -hydroxide übrigblieb. Die Entstehungsweise und das Aussehen ist damit ähnlich wie bei der Fleckung der ‚Tigersandsteine‘. Die Bezeichnung wurde von anderen Autoren gelegentlich als Gesteinsbezeichnung für gefleckte Sandsteine auch anderer Abschnitte des Buntsandsteins verwendet. Die Kristallmarken sind teilweise schwach kieselig zementiert, in vielen Fällen ist jedoch aller Zement aufgelöst und es liegt loser Sand in den entsprechenden Hohlräumen. Vorkommen in der Vogesensandstein-Formation im Odenwald werden allerdings nicht ‚Pseudomorphosensandstein‘, sondern ‚Kugelhorizont‘ bzw. ‚Kugelsandstein‘ (s.d.) genannt, da die meisten Kristallmarken, insbesondere nach größeren Kristallaggregaten, rundlich verwittern und zusammen mit kugeligen Konkretionen auftreten. Die Bezeichnung ‚Pseudomorphosensandstein‘ wurde im Odenwald für die heutige Miltenberg-Formation, besonders für Unteren und Oberen Miltenberg-Sandstein, von Andreae (1893) und Andreae & Osann (1893, 1896) eingeführt und lange als Kartiereinheiten-Name verwendet (Schalch 1894, 1898, Schottler 1908, Thürach 1918, Hasemann 1928, 1930). Auch die Grobsandsteine der Vogesensandstein-Formation im Schwarzwald weisen ähnliche Flecken (als „Muckensandstein“, s.d.) auf, in den Schliffkopf-Geröllsandsteinen häufig sogar mehr als im Badischen Bausandstein (M. Schmidt 1908). In der Eck-Formation des Schwarzwalds gehen Manganflecken („Pseudomorphosen“ bei Riek 1931) meist auf die Verwitterung von fleckenhaft verteilten Karbonatzementen zurück, worauf bereits Bräuhäuser & Schmidt (1908: 17) hinwiesen („kantige Manganflecken, die von zersetzten Karbonatkristallen herühren“). Siehe auch ‚Untere Pseudomorphosen-Tone‘, ‚Kugelsandstein‘.

Röt, Rötton, Röttonsteine – Gutberlet (1847: 406) führte den Namen ‚Röth‘ für „das bunte Mergel-Gebilde zwischen dem Bunten Sandstein und dem Muschelkalke“ ein. Die Bezeichnung wurde seither teils nur für die Tonfazies über den Sandsteinen (Schalch 1904: „rote Schiefertone (Röt)“) und teils für den oberen Abschnitt des Oberen Buntsandsteins über dem Oberen Dolomithorizont (z.B. Ortlam 1967, 1968, 1969) und teils für den Oberen Buntsandstein insgesamt einschließlich

der Sandstein-Fazies (z.B. Reis 1928: ‚Röt im allgemeinen‘) verwendet, wobei dann allerdings die ‚Röttone‘ als ‚Röt im engeren Sinne‘ hervorgehoben wurden (z.B. Reis 1928). Die Subkommission Perm-Trias hat zunächst (Januar 1998) beschlossen, den Röt als Röt-Formation lithostratigraphisch zu definieren, dies dann aber (Mai 2002) widerrufen um den Ausdruck nur als allostratigraphische Röt-Folge für alle Altersäquivalente des Oberen Buntsandsteins zu verwenden. Eine formale Definition für eine ‚Röt-Formation‘ steht noch aus, auch Lepper et al. (2013) verwenden diesen Namen nur informell im Text, ohne eine Definition zu geben. In Baden-Württemberg wird seit GLA (1995) für die Tonfazies über den Plattensandsteinen die Bezeichnung Rötton-Formation (vormals ‚Röttone‘) verwendet. Der Name schließt an den in Süddeutschland lange gebräuchlichen Namen der Kartiereinheit an (z.B. Bräuhäuser & Schmidt 1908: ‚Röthton‘, Reis 1928: ‚Röttone‘, Schuster 1933: ‚Röt-Tone‘) und bezieht sich unzweifelhaft nur auf die Tonfazies über der Plattensandstein-Formation. Siehe auch ‚Unterer Rötton‘, ‚Oberer Rötton‘.

Rötmergel – Entspricht ‚Rötton‘ (s.d.), bei A. Schmidt 1911, Bräuhäuser 1927, 1933, Regelmann 1935, Frank 1934, 1936a.

Rohrbrunn-Formation – Im Odenwald bezeichnete Backhaus (1975) die grobsandige Ausbildung der Volpriehausen-Formation (mit Wechselfolge) und den südwestlich anschließenden unteren Teil der Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation der Vogesensandstein-Formation als Rohrbrunn-Formation.

Rudersberg-Fazies – Stärker geröllführende Sandsteine im basalen Badischen Bausandstein, besonders im Mittleren Schwarzwald. Der Name bezieht sich auf den Rudersberg bei Calw und wurde von J. Leiber bei der Gliederung von (unveröffentlichten) Bohrprofilen verwendet (vgl. Kap. 8.4).

Salmünster-Folge – Höherer Teil des Unteren Buntsandsteins in Hessen und im Main-Tauber-Gebiet (Diederich 1964, Diederich et al. 1964). Entspricht etwa der Abfolge vom Oberen Miltenberg-Sandstein in die Miltenberg-Wechselfolge. Die Abgrenzung zur liegenden ‚Gelnhausen-Folge‘ (s.d.) entspricht nicht der heutigen Folengrenze s1/s2, und damit der Grenze Calvörde-/Bernburg-Formation der Beckenfazies (Lepper 1993), da die Folengrenze innerhalb des Unteren Miltenberg-Sandsteins (‚Dickbank-Sandsteins‘ der Bayer. Gliederung) liegt (Friedlein 2016). Der Obere Miltenberg-Sandstein wurde nach dieser Gliederung auch als ‚Salmünster-Basisandstein‘ bezeichnet.



In Baden-Württemberg wurden allerdings die Abgrenzungen ‚Gelnhausen-/Salmünster-Folge‘ und ‚Calvörde-/Bernburg-Formation‘ von Leiber (in GLA 1995) dennoch gleichgesetzt (s. ‚Basissandstein‘).

Schapbach-Geröllsandstein – Geröllführende Sandsteine im unteren Drittel des Badischen Bausandsteins zwischen Schapbach und Gengenbach im Mittleren Schwarzwald. Der Abstand über der Obergrenze der Eck-Formation wird unterschiedlich angegeben (s. Kap. 8.4). Die Geröllführung wurde zuerst bei mehreren Diplomkartierungen der Universität Freiburg festgestellt (John 1990, Savas 1990, Ansari 1991; Zusammenfassung bei Savas 1998) und von Leiber (in GLA 1995) unter dem Namen ‚Schapbacher Geröllsandstein‘ als vermeintliche Leitschicht in den Symbolschlüssel Geologie eingeführt, von Schlegel & Brockamp (2003) auch für einen Geröllhorizont in der Mitte des Badischen Bausandsteins verwendet. Die jeweils beobachteten Geröllanreicherungen dürften angesichts ihrer unterschiedlichen stratigraphischen Position jeweils lokalen Rinnensedimenten angehören.

Schloss-Sandstein – s. Heidelberger Schloss-Sandstein.

Schwarzwald-Sandstein – Bei Vogelgesang (1872) der überwiegend grobkörnige untere Abschnitt des Buntsandsteins, heute Eck-Formation, Vogesensandstein-Formation und Schattenmühle-Grobsandstein in der lückenhaft-reduzierten Ausbildung des oberen Donaugebiets. Der dolomit- und karneolführende smVH2-Horizont wird bei Vogelgesang (1872) als Gestein zwar beschrieben, aber nicht als Leitschicht verwendet. Die Grenze zum „Oberen Buntsandstein“ liegt am Übergang in typische feinkörnige Plattensandstein-Fazies.

Thüringischer Chirotheriensandstein – s. Chirotheriensandstein.

Thüringische Stufe – Namensvorschlag für den höheren Mittleren Buntsandstein in Odenwälder Fazies (Gunzert 1958), entspricht annähernd Detfurth- und Hardeggen-Formation.

Tigersandstein – Die Bezeichnung geht auf Quenstedt (1843) zurück, der die braunschwarz gefleckten hellen Sandsteine der heutigen Tigersandstein-Formation als „getigert“ beschrieb. Auf den Umstand, dass Tiger nach heutiger Auffassung gestreift und nicht gefleckt sind, ist seit her unzählige Male hingewiesen worden. Dies ist jedoch insofern anachronistisch, als der seit dem Mittelhochdeutschen gebräuchliche Ausdruck „ge-

tigert“ erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts auf gestreifte Tiere eingeengt wurde und zuvor vorwiegend gefleckte Fell- (und Stoff-) -zeichnungen meinte (z.B. bei Hunden). Die Bezeichnung für den Sandstein blieb ununterbrochen in Verwendung, wurde später zudem auch auf andere gefleckte („getigerte“) Sandsteine übertragen, z.B. in der Vogesensandstein-Formation im Donaugebiet (bei Vogelgesang 1872) oder im Oberen Buntsandstein des Nordschwarzwalds (Brill 1933). Im Odenwald galt der Heigenbrücken-Sandstein (heute als geröllfreie Faziesvertretung der unteren Eck-Formation eingestuft) lange als Äquivalent der Schwarzwälder Tigersandsteine und wurde ganz (Erb 1928, Klemm 1929, 1933) oder in Teilen (Thürach 1918, Hasemann 1928, 1930) ebenfalls als ‚Tigersandstein‘ angesprochen. Schuster (1932) unterscheidet den Heigenbrücken-Sandstein als ‚Oberen Tigersandstein‘ vom ‚Unteren Tigersandstein‘ des Schwarzwalds, dessen letzte Ausläufer er zutreffend in dünnen Sandsteinlagen in den ‚Bröckelschiefern‘ (Langenthal-Formation) des Odenwalds und Spessarts sieht. Die einige Millimeter bis wenige Zentimeter großen Flecken der Schwarzwälder Tigersandsteine entstehen bei der Verwitterung von sandigen Dolomitkonkretionen, deren Karbonatgehalt aufgelöst wurde und dunkle Wad-Abscheidungen (ein Gemenge aus Mangan- und Eisenoxiden und -hydroxiden) in entfestigtem Sand zurücklassen. In bergfrischen Bohrproben aus größeren Tiefen sind solche Sandsteine meist durchgehend grau bis gelblichgrau, wobei die dort noch erhaltenen Dolomitkonkretionen rundlich erschienen und viel Sand einschließen, in dessen Porenraum sie gewachsen sind. Der Ausdruck wurde gelegentlich auch als Faziesbegriff für alle Mangan-gefleckten Sandsteine des Buntsandsteins (einschließlich der Zechstein-Randfazies) verwendet (z.B. Glaser 1912, Sack 1962).

Übergangsschichten (im Oberen Buntsandstein) – Bei Glaser 1912 der untere, teilweise grobsandige und geröllführende Abschnitt der Plattensandstein-Formation, entspricht Schattenmühle-Grobsandstein („grobkörnig-geröllführender Schwemmfächer der Unteren Sandsteine so1“ bei Ortlam 1974).

Übergangsschichten (im Unteren Buntsandstein) – Bei Eissele 1966 geröllführende Sandsteine ohne feldspatführende Kristallingerölle unmittelbar über der Eck-Formation im basalen Abschnitt des Badischen Bausandsteins; Entspricht den ‚Grenzschichten‘ bei Riek (1931) und weitgehend der Rudersberg-Fazies (s. d.).

Unterer Buntsandstein – In Baden-Württemberg regional und historisch unterschiedlich gebrauchter Begriff. Im Schwarzwald lange

gleichgesetzt mit der Tigersandstein-Formation (heute Zechstein-Randfazies), später durch Eissele (1966) erweitert um Eck-Formation und Badischen Bausandstein, seit Lepper (1993) auf Eck-Formation und Teile des Badischen Bausandsteins (ohne geröllarme Äquivalente der tieferen Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation) beschränkt. Im Odenwald zunächst auf ‚Bröckelschiefer‘ (heute Langenthal-Formation der Zechstein-Randfazies) und Heigenbrücken-Sandstein (dort ‚Tigersandstein‘ genannt) bezogen, von Backhaus (1960) um die übrige Eck-Formation erweitert, bei Backhaus (1975) zusätzlich um die Miltenberg-Formation. Seit Lepper (1993) wird die Basis des Unteren Buntsandstein hier mit der Basis des Heigenbrücken-Sandsteins gleichgesetzt. Zur historischen Entwicklung in anderen Bundesländern s. Beiträge in DSK (2013).

Untere Pseudomorphosen-Tone – Bei Reis (1928) Bezeichnung für die (heutigen) Chirotherienschiefer an der Basis der Plattensandstein-Formation der Rhön, einschließlich des ‚Unteren Chirotherien-Quarzit‘ (heute Thüringischer Chirotheriensandstein). Anders als bei den ‚Pseudomorphosensandsteinen‘ (s.d.) des Buntsandsteins geht der Name hier auf Kristallmarken nach Steinsalzwürfeln zurück, die an Schichtflächen abgeformt sind.

Unterer Geröllhorizont – Zwischen 1890 und ca. 1950 verwendetes Synonym für ‚Eck’scher Geröllhorizont‘, entspricht Eck-Formation.

Unterer Geröllsandstein – Seit Leiber (1989) Name für die von Eissele (1966) als ‚Basisgeröllsandstein und Geröllfreie Zone‘ bezeichnete Abfolge in der tieferen Schliffkopf-Geröllsandstein-Subformation. Umfasst in den Profilen meist unterschiedlich umfangreiche Teile der Folge s3.

Unterer Hauptbuntsandstein – Zusammenfassende Bezeichnung für (heute) Eck- und Miltenberg-Formation des (heutigen) Unteren Buntsandsteins (vgl. Hauptbuntsandstein).

Unterer Rötton, Untere Röttonsteine – Zuerst von Schuster (1935) verwendete Bezeichnung für die Rötton-Fazies zwischen Plattensandstein und Rötquarzit (‚Untere Röt-Tone‘, später in Bayern ‚Untere Röttonsteine‘, z.B. bei Freudenberger 1990), und als solcher nur im Main-Tauber-Gebiet und östlichem Odenwald ausgebildet (Kap. 6.6.2: Karsdorf-Subformation). Davon abweichend wurde zwischen 1995 und 2011 im Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg (GLA 1995, LGRB 2003) als ‚Unterer Rötton‘ der untere Abschnitt der ‚Rötton-Formation‘ im südlichen Odenwald unter-

halb der ‚Myophorienbank‘ bezeichnet (entspricht annähernd dem Epfenbach-Horizont der Gleina-Subformation, Kap. 6.6.2), während die Röttone unter dem Rötquarzit als Teil der Plattensandstein-Formation in der Nomenklatur unberücksichtigt blieben. Seit 2011 folgt die Benennung der unterfränkischen Nomenklatur (LGRB 2011).

Untere Violette Zone – In Hessen ein Violetter Horizont (s.d.) unter der Solling-Formation (Diederich & Hickethier 1971), entspricht Violetter Horizont smVH1 nach Ortlam (1966 etc.). Siehe auch Violette Grenzzone.

Violette Grenzzone – Pedogen überprägter Sedimentkomplex an der Grenze zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein des Saarlandes bei Müller (1954, 2013). Entspricht dem Karneoldolomit-Horizont smVH2 nach Ortlam (1966 etc.). Als Kürzel ist VG gebräuchlich, seit Feststellung eines weiteren Violetten Horizonts im Oberen Buntsandstein des Saarlandes (VG2) auch VG1 (Müller 2013). In Südhessen unterschied Laemmle (1966) Untere und Obere Violette Grenzzone unter und in der Solling-Formation (bei Diederich & Hickethier 1971 als Untere und Obere Violette Zone, s.d.), was den Horizonten smVH1 und smVH2 entspricht.

Violette Horizonte VH1 bis VH5 – Sedimentkomplexe aus lagenweise pedogen überprägten Sand- und Tonsteinen, meist mit pedogenen Karbonatkrusten und lokal wechselnd mit Chalzedonausscheidungen, meist in Form von Karneol. Die älteste Beschreibung eines dieser Horizonte, des smVH2 nach Ortlam (1966), geht auf Sandberger (1861) zurück (s. ‚Karneol-Dolomit-Horizont‘). Die erste Erwähnung einer Mehrzahl solcher Horizonte dürften die sechs von Andreae (1893: Taf. XIV) verzeichneten „Bänke mit dolomitischen Knollen (violettgrau)“ sein. Örtlich sind Wurzelspuren erhalten, örtlich treten Ansammlungen von Knochenfragmenten auf, vor allem von Großamphibien. Der Name (Ortlam 1966 etc.) folgt den häufig darin auftretenden violetten Gesteinsfarben, insbesondere grau violetten oder dunkel violetten Farben; daneben erscheinen örtlich auch rotviolette, rotbraune bis braune, gelbe und graue bis weiße Gesteinsfarben, die jedoch auch in anderen Abschnitten des Buntsandsteins auftreten. Ortlam (1966, 1967) benannte fünf Violette Horizonte als Leithorizonte, wobei er überzählige Violette Horizonte in manchen Profilen als „Aufspaltung“ dieser Leithorizonte erklärte, besonders in der Plattensandstein-Formation (seine VH3 und 4), örtlich auch in der Heidenstein-Subformation. Von stratigraphischer Bedeutung ist der lokal fehlende (erodierte) Violette Horizont 1 (smVH1) im Liegen-



den der Heidenstein-Subformation, des Felssandsteins bzw. der Solling-Formation insgesamt (dann oft ‚VH2a‘ genannt, Ortlam 1970) und der Karneoldolomit-Horizont (smVH2) an der Obergrenze der Heidenstein-Subformation, des Felssandsteins und (als ‚VH2b‘) in der höheren Solling-Formation unter dem Thüringischen Chirotheriensandstein. Der Violette Horizont unmittelbar unter dem Rötquarzit im Odenwald und Main-Tauber-Gebiet wird als Oberer Dolomithorizont (so3D) angesprochen und entspricht dort Ortlams ‚VH5‘. Intraklastlagen aus aufgearbeiteten Violetten Horizonten heißen auch „Bröckelbänke“ (s. d.) oder „Dolomitbröckelbänke“. Die Violetten Horizonte stellen in der Regel keine einzelne Bodenbildung dar, sondern einen Kondensationshorizont aus geringmächtigen Sedimenteinheiten mit unterschiedlich starker pedogener Überprägung, z. T. mit mehreren Bodenhorizonten und umgelagerten Bodensedimenten. Später benannte Ortlam (1970) noch einen ‚VH6‘ innerhalb der Oberen Röttone im Südschwarzwald und bezeichnete karneolführende Krustenkarbonate der Zechstein-Randfazies (heute Kirnbach-Formation) als ‚VH0‘. Nach Bohrerergebnissen aus dem Alpenvorland sind dort ähnliche pedogene Krusten auch in der Grafenwöhr-Formation als alluviale Randfazies des Unteren Muschelkalks entwickelt.

Vogesensandstein – Der deutsche Name geht auf Alberti (1834) zurück, der für den überwiegend grobkörnigen Anteil des Buntsandsteins im Schwarzwald an die Bezeichnung ‚Grès de Vosges‘ bei Elie de Beaumont (1827/1828) anknüpfte. Der Name war allerdings vereinzelt auch schon zuvor für den Schwarzwald vorgeschlagen worden (durch „einige Naturforscher“: Merian 1831: 184). Im 19. Jahrhundert stellte er die geläufige Bezeichnung für die Sandsteinabfolge über dem Tigersandstein (damals ‚Unterer‘) und unter dem Plattensandstein (damals ‚Oberer oder eigentlicher Buntsandstein‘ entsprechend dem ‚Grès bigarré‘ Elie de Beaumonts) dar (z. B. Gümbel 1867, Leonhard 1874, Platz 1885).

Wellenplatten-Quarzitbank – s. Grenzquarzit.

Wilde Sandsteine – Steinbrechername für harte, stark eingekieselte Sandsteine der Plattensandstein-Formation im Südschwarzwald und Wutachgebiet (Schalch & Sauer 1903, Schalch 1912).

Wilhelmshausener Sandstein – Bei Backhaus (1960) Bezeichnung für den tieferen Teil der Solling-Formation (Felssandstein) im Odenwald. Entspricht wahrscheinlich den Wilhelmshausener Schichten bei Dersch-Hansmann et al. (2013) bei Ausfall von Teilen der Solling-Formation unter der S-Diskordanz. Wird im Odenwald von Karneoldolomit-Horizont smVH2 und Thüringischem Chirotheriensandstein überlagert.

Anhang 2: Verwendete Profile

Archivnummer: LGRB Freiburg (Fach BO), außer HE: Archivnummer HLNUG Wiesbaden. *

zusammengesetztes Profil aus mehreren Aufschlüssen.

Lage: BY: Bayern, HE: Hessen, F: Frankreich, CH: Schweiz, alle anderen Baden-Württemberg

Profilart: A: Aufschluss, K: Bohrkern, M: Meißelbohrungen, L: Gammalog für Buntsandstein vorhanden

Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
6122-1	Neuenbuch (BY)	FB Neuenbuch 1	3528962	5518618	528876	5516850	Freudenberger, Friedlein, Schulze	Freudenberger et al. 2016	K	L
6123-1	Trennfeld (BY)	Bohrung Trennfeld	3544620	5518470	544527	5516703	Cramer	Freudenberger 1990	K	-
HE6220-54	Bad König (HE)	Bohrung Bad König	3500470	5511830	500394	5510064	Log: Backhaus	Backhaus & Schwarz 2003	M	L
6222-93	Dörlesberg	PB5	3533658	5508950	533570	5507186	Magar		K	-
6222-108	Boxtal	GWM VB III	3528639	5513427	528553	5511662	Simon		K	-
6222-101	Wertheim	GWP 3	3535660	5512520	535571	5510754	Druckenbrod; Log: Nitsch		M	L
6222-111	Boxtal	GWM VB IV	3528654	5513293	528568	5511527	Nicht angegeben		M	L
6222-112	Dörlesberg	GWM PB IV	3533892	5508408	533804	5506644	Schürmann		M	-
6222-450	Freudenberg	Ziegel-Berg	3525910	5513980	525825	5512214	Laemmlen	Laemmlen 1966	A	-
6222-480	Ebenheid	Steinbrüche N Ebenheid	3526250	5509300	526165	5507536	Böckh	Böckh 1957	A	-
6223-6	Wertheim	KB 1	3537498	5513614	537408	5511848	Paul	Freudenberger 1990	K	-
6223-40	Dertingen	GWM T3	3542180	5515065	542088	5513298	Fritz	Freudenberger 1990	K	L
6223-164	Kreuzwertheim (BY)	Wittwisch-Bachtal	3539320	5516480	539229	5514713	Laemmlen	Laemmlen 1967, Freudenberger 1990	M	-
6223-192	Dertingen	TP 2/95	3543596	5513484	543504	5511718	Log: Nitsch		M	L
6223-677	Dietenhan	Steinbruch östl. Dietenhan	3544300	5512150	544207	5510384	Böckh	Böckh 1957	A	-
6223-679	Homburg a. M.	Straße Homburg- Bettingen	3544500	5517250	544407	5515482	Hildebrand	Hildebrand 1924, Schuster 1935	A	-
6223-683	Wertheim	Schlucht südl. Schlossberg	3537700	5512950	537613	5511182	Freudenberger	Freudenberger 1990	A	-
HE6319-214	Erbach	Hauptbohrung Naurod II	3498515	5502836	498440	5501074	Log: Backhaus	Backhaus & Schwarz	M	L
6322-16	Höpfingen	BR IV	3531440	5497250	531352	5495490	Carlé		M	-
6322-38	Guggenberg (BY)	B 6	3529200	5502180	529113	5500419	Leiber, Engesser; Log: Nitsch		M	L
6322-93	Hardheim	GWM 3	3530064	5498040	529977	5496281	nicht angegeben		K	L
6322-208	Hardheim	EWS 1	3534179	5497413	534090	5495653	Garz		M	-
6322-212	Glashofen	Brunnenbohrung	3526587	5498403	526501	5496642	Köhler		M	-
6323-29	Eiersheim	VB 2 Schulwiesen	3543295	5504020	543203	5502258	Schulze, Thomsen		M	L
6323-90	Uissigheim	TB IV	3539850	5506830	539757	5505067	nicht angegeben		M	-
6323-386	Werbach	BK3/1a	3547716	5503710	547522	5501948	März		M	-
6323-388	Werbach	BK3/2	3546598	5503695	546504	5501933	März		M	-
6323-525	Külsheim	EWS 1	3537051	5503739	536961	5501977	Nitsch		M	-
6420-2	Reisenbach	Gaimühle 4	3506800	5485850	506722	5484095	Nitsch		K	-
6421-2	Mudau	Tiefbrunnen III Mudau	3514960	5487680	514879	5485924	Log: Nitsch		M	L
6421-3	Mudau	Tiefbrunnen II Mudau	3514960	5487685	514879	5485929	Becksmann		M	-
6421-55	Buchen	BK 3	3523179	5485168	523095	5483413	Engesser		M	L
6421-208	Mudau	BR 1/95	3514070	5489760	513989	5488004	Wilhelm		M	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
6421-222	Hainstadt	EWS 1	3524061	5489720	523976	5487964	Garz		M	-
6422-20	Walldürn	Kuchenbrunnen	3527257	5493901	527171	5492143	Grimmig		M	L
6422-151	Walldürn	GWM 1 Deponie Lindig	3526493	5495659	526407	5493900	nicht angegeben; Log: Nitsch		M	L
6422-298	Buchen	EWS B 3	3524690	5488214	524601	5486521	Köhler		M	-
6422-388	Walldürn	BR 1	3525953	5492731	525868	5490973	Nitsch		K	-
6422-406	Walldürn	EWS 1	3527258	5493344	527172	5491586	Garz		M	-
6424-781	Marbach	Ziegeleigrube Lauda	3551700	5491550	551604	5489793	Carlé	Carlé 1962	A	-
6518-252	Schönau	VB Greiner Tal	3487710	5477610	487640	5475859	Engesser		M	L
6518-256	Heidelberg	GWM 4 WF Schlierbach	3483650	5475355	483581	5473604	Girmond; Log: Leiber		M	L
6518-665	Heidelberg	EWS 7	3478522	5474889	478455	5473139	Nitsch		M	-
6518-667	Heidelberg	EWS 9	3478538	5474915	478471	5473164	Schaber		M	L
6518-767	Heidelberg	EWS 1	3482144	5478650	482086	5476898	Nitsch		M	L
6518-770	Wilhelmsfeld	EWS 1	3482138	5482099	482070	5480346	Nitsch		M	-
6619-131	Unterschwarzach	Versuchsbohrung	3498400	5471110	498325	5469361	Log: Nitsch		M	L
6519-265	Moosbrunn	Bohrung Nr. 1	3494806	5476586	494733	5474835	Nitsch		M	-
6519-335	Schönbrunn	Steinbruch bei Hirschhorn	3492850	5478100	492778	5476348	Valeton	Valeton 1953	A	-
6519-336	Heddesbach	Weg nach Brombach	3488185	5483265	488114	5481511	Hasemann	Hasemann 1928	A	-
6520-7	Lohrbach	Brunnen im Gänsbachtal	3510095	5474390	510016	5472640	nicht angegeben		M	-
6520-8	Sattelbach	Brunnen Sattelbach	3511540	5475210	511460	5473459	Leiber		M	-
6520-35	Weisbach	VB 1 Waldbrunn	3508109	5479089	508030	5477336	Engesser		M	L
6520-36	Weisbach	VB 2 Waldbrunn	3507929	5479161	507856	5477409	Engesser		M	L
6520-50	Weisbach	Brunnen 3 Waldbrunn	3506825	5479374	506747	5477622	nicht angegeben		M	L
6520-142	Neckargerach	EWS 1	3504853	5474128	504776	5472378	Lichtenberger		M	-
6521-417	Rittersbach	Bohrung 1	3517207	5476197	517125	5474446	Lichtenberger		M	-
6521-424	Rittersbach	Steinbruch nördl. Rittersbach	3517250	5476800	517168	5475049	Böckh	Böckh 1957	A	-
6523-17	Boxberg	Boxberg-1	3546370	5481350	546276	5479597	Plein, Trusheim		M	-
6524-6	Bad Mergentheim	Paulsquelle	3557416	5484365	557318	5482611	Carlé	Carlé 1956	M	-
6617-1364	Brühl	GT 1 B3	3465862	5472347	465800	5470598	Log: Nitsch		M	L
6618-77	Neckargemünd	BR III Wiesenbachertal	3485625	5471390	485555	5469641	Findeisen; Log: Nitsch		M	L
6618-1245	Bammental	EWS 1	3484487	5468031	484418	5466283	Nitsch		M	-
6618-1369	Bammental	TP10	3484290	5468122	484221	5466374	Nitsch		K	L
6618-1370	Bammental	TP 11	3484325	5468052	484256	5466304	Nitsch		K	L
6618-1371	Bammental	TP 12	3484377	5468002	484308	5466254	Nitsch		K	L
6618-1372	Bammental	TP 13	3484207	5468017	484138	5466269	Nitsch		K	L
6618-1375	Bammental	P 1	3484240	5468107	484171	5466359	Nitsch		K	L
6618-1376	Bammental	P 2	3484277	5468012	484208	5466264	Kaut		K	-
6618-1386	Nußloch	Steinbruch 2 Nußloch	3478570	5465230	478503	5463483	Gehenn	Gehenn 1962: Nr. 1 (1–12)	A	-
6619-95	Unterschwarzach	GWM 1 Seeäcker	3498975	5469950	498900	5468201	Log: Engesser		K	L
6619-212	Unterschwarzach	GWM 2 Seeäcker	3499070	5469915	498995	5468167	Engesser		M	L



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
6619-582	Helmstadt	EWS 1	3498490	5466135	498415	5464388	Käsemann		M	-
6619-638	Eschelbronn	B 1A	3490860	5464113	490789	5462367	Busch		M	L
6619-645	Waibstadt	VB 3A	3492796	5462607	492724	5460862	Busch, Lange		M	L
6619-652 *	Helmstadt	Bahneinschnitt N Helmstadt	3498680	5466000	498605	5464253	Gehenn, erg. Ortlam	Gehenn 1962: Nr. 20, Ortlam 1968: Nr. 3	A	-
6620-35	Neunkirchen	Brunnen Neunkirchen	3500081	5472432	500010	5470680	Grimmig; Log: Nitsch		M	L
6620-296	Obrigheim	ZB1 KWO	3505560	5469690	505483	5467942	Leiber, Engesser		K	-
6620-304	Obrigheim	Tiefe Messstelle A	3505993	5470131	505915	5468382	Leiber, Engesser		K	L
6620-305	Obrigheim	Tiefe Messstelle B	3506290	5469983	506213	5468235	Leiber, Engesser		K	L
6620-516	Breitenbronn	VBr. Breitenbronn	3501297	5469961	501221	5468212	Engesser		M	L
6620-1167	Mosbach	EWS 1	3509982	5468401	509903	5466653	Nitsch		M	-
6620-1487	Neckargerach	Margaretenschlucht	3506550	5472550	506472	5470800	Backhaus	Backhaus 1968	A	-
6620-1500	Mosbach	EWS 3	3510354	5468404	510275	5466656	Nitsch		M	-
6620-1501	Mosbach	Wasserriss SW Neckarburken	3511580	5470500	511500	5468751	Ortlam	Ortlam 1968: Nr. 1 teilw., Böckh 1957: Nr. 117, Gehenn 1962: Nr. 25	A	-
6620-1502	Mosbach	Steinbruch NE Bahnhof Neckarburken	3512000	5471360	511920	5469611	Ortlam	Ortlam 1968: Nr. 1 teilw., Gehenn 1962: Nr. 27	A	-
6621-640	Neckarburken	Straße und Runse	3513000	5471230	512920	5469481	Schalch, Spitz	Spitz 1930	A	-
6623-2	Ballenberg	GWM 1	3539950	5473220	539859	5471470	Brunner, Simon	Fels et al. 2003	K	-
6623-72	Ingelfingen	Badbrunnen	3546940	5463030	546846	5461284	Fraas, O.	Fraas 1859, Frank 1952, Carlé & Frank 1955	M	-
6623-146	Ingelfingen	EWS 1	3546997	5462902	546903	5461156	Simon, Zedler		M	L
6623-217	Ingelfingen	Aufschluss am Friedhof	3546950	5463060	546856	5461314	Gehenn	Gehenn 1962: Nr. 29	A	-
6623-218	Ingelfingen	Aufschluss am Nährmittelwerk	3547360	5463000	547266	5461254	Gehenn	Gehenn 1962: Nr. 30, Eltgen 1965: Nr. 2	A	-
6624-6	Nitzenhausen	Brunnen Dauermilchwerk	3549475	5461470	549380	5459725	Frank		M	-
6719-178	Steinsfurt	FB Kraichgau 1001	3494010	5454880	493937	5453138	Leiber	Leiber et al. 2013	K	L
6719-892	Neckarbischofsheim	EWS 1	3496961	5461590	496887	5459844	Dietze		M	-
6724-49	Waldenburg	Mineralwasserbohrung Waldenburg	3548750	5452080	548655	5450338	Leiber, Simon	Leiber & Simon 2004	M	L
6817-355	Bruchsal	GTB Bruchsal 1a	3469508	5444256	469445	5442618	Grüner	Bertleff et al. 1988	M	-
6817-358	Bruchsal	GTB Bruchsal 2	3468524	5443246	468462	5441509	Log: Nitsch	Bertleff et al. 1988	M	L
6819-83	Gemmingen	FB Kraichgau 1002	3497465	5447183	497391	5445444	Junghans	Junghans 2003	K	L
6821-64	Erlenbach	TB Erlenbach	3519520	5447960	519437	5446220	Fraas, E.	Fraas 1914	M	-
6916-2753	Durlach	EWS 1	3463270	5430558	463209	5428825	Pfeiffer		M	-
6916-3001	Leopoldshafen	Leopoldshafen-20	3457391	5439742	457332	5438006	Log: Nitsch		M,K	L
6916-3648	Durlach	EWS 1	3462136	5429318	462076	5427586	Garz		M	-
6917-1608	Berghausen	EWS 1	3465793	5430080	465731	5428347	Pfeiffer		M	-
6917-2064	Berghausen	EWS 1	3465935	5429485	465873	5427752	Garz		M	-
6917-2108	Durlach	EWS 1	3464013	5429556	463952	5427824	Garz		M	-
6918-308	Neibsheim	Neibsheim-1	3476660	5436660	476594	5434925	Huf	Trusheim 1963, 1964	M,K	L
6928-3	Dinkelsbühl (BY)	FB Dinkelsbühl 1001	3600790	5434020	600674	5432286	Haunschild, Ott	Haunschild & Ott 1982	M,K	L
7013-2	Soultz-sous-forêts (F)	GPK2	3417030	5422120	416987	5420390	Aichholzer, Düringer	Aichholzer et al. 2016	M,K	L
7016-64	Reichenbach	TWB Waldbronn-2	3461560	5420340	461500	5418611	Leiber		M	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
7016-65	Reichenbach	TWB Waldbronn-1	3461420	5420430	541360	5418701	Leiber	Leiber et al. 2013	M	L
7016-104	Ettlingen	Steinbruch Kälberklamm	3459280	5422480	459220	5420751	Riek	Riek 1931	A	-
7016-114	Ettlingen	B8 Wattkopf-Tunnel	3458280	5423070	458221	5421340	Junker		K	-
7016-1068	Durlach	B11 Tief	3462892	5427214	462831	5425482	Nitsch		K	L
7016-1069	Durlach	B14	3462690	5427584	462630	5425852	Nitsch		K	-
7016-2444	Karlsruhe	EWS 1	3461522	5423932	461462	5422202	Sonnenfroh		M	-
7016-2545	Durlach	EWS 1	3461535	5427918	461475	5426186	Garz		M	-
7016-2590	Durlach	EWS 1	3462530	5428399	462470	5426667	Garz		M	-
7016-2610	Reichenbach	EWS 1	3461659	5421172	461599	5419444	Nitsch		M	-
7016-2690	Palmbach	EWS 1	3461720	5423407	461664	5421673	Garz		M	-
7016-2839	Durlach	EWS 1	3462660	5428628	462600	5426897	Garz		M	-
7016-2842	Durlach	EWS 2	3460848	5423922	460789	5422193	Garz		M	-
7016-3054	Karlsruhe	EWS 10	3462672	5422987	462611	5421257	Garz		M	-
7017-7	Wilferdingen	C 8	3469900	5422450	469837	5420721	Wendt		M	-
7017-1629	Durlach	EWS 1	3463698	5424089	463637	5422359	Sonnenfroh		M	-
7017-1638	Mutschelbach	EWS 1	3465752	5422767	465690	5421037	Nitsch		M	-
7017-1642	Langensteinbach	EWS 1	3464079	5419569	464018	5417841	Sonnenfroh		M	-
7017-1662	Durlach	EWS 1	3463874	5423766	463813	5422036	Garz		M	-
7017-1726	Mutschelbach	EWS 1	3465829	5421747	465765	5420010	Sonnenfroh		M	-
7017-1757	Langensteinbach	EWS 1	3463867	5420530	463806	5418802	Garz		M	-
7017-1762	Söllingen	EWS 1	3466720	5428449	466650	5426717	Garz		M	-
7017-1778	Söllingen	EWS 1	3466720	5428435	466658	5426703	Garz		M	-
7017-1798	Söllingen	EWS 1	3466729	5428442	466667	5426711	Garz		M	-
7017-1811	Kleinsteinbach	EWS 1	3467034	5425287	466972	5423557	Garz		M	-
7017-1830	Söllingen	EWS 1	3466762	5428649	466700	5426918	Garz		M	-
7017-1881	Kleinsteinbach	EWS 1	3466594	5425558	466532	5423828	Garz		M	-
7017-1887	Söllingen	EWS 1	3466596	5428435	466534	5426703	Garz		M	-
7018-339	Eutingen	P SWP 03-10 C (B10)	3481260	5418491	481192	5416763	Log: Nitsch		M	L
7018-883	Eutingen	GWM 03/24 (B24)	3481208	5418464	481141	5416737	Log: Nitsch		M	L
7018-3155 *	Niefern	Steinbr. am Schießstand und Schillbachklamm	3484060	5419310	483991	5417582	Ortlam	Ortlam (1968: Nr. 7), Gehenn (1962: Nr. 65, ohne Profil)	A	-
7019-1301	Mühlacker	TB Dürrmenz	3488254	5421511	488183	5419782	Fraas, O.	Fraas 1859	M	-
7019-2042	Ennsingen	E 15	3495425	5426470	495352	5424739	Simon, Zedler	Simon et al. 2013	K	L
7022-54	Allmersbach a. W.	TB Allmersbach a. W.	3528850	5427950	528763	5426218	Carlé	Carlé 1970	K	L
7116-93	Bad Herrenalb	Thermalquelle III	3460140	5407620	460080	5405896	Yahya		M	-
7116-362	Burbach	EWS 1	3458520	5415079	458461	5413353	„TZ“		M	-
7116-397	Pfaffenrot	EWS 1	3460371	5413973	460311	5412247	Sonnenfroh		M	-
7116-407	Freiolsheim	EWS 1	3454461	5412148	454404	5410423	Nitsch		M	-
7116-415	Freiolsheim	EWS 1	3454342	5412260	454285	5410535	Garz		M	-
7117-24	Höfen a.d.E.	KB 1	6768357	5407035	468294	5405312	Lempp		M	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
7117-41	Höfen a.d.E.	SB 1	3468000	5407350	467937	5405627	Lempp		M	L
7117-1565	Langenbrand	EWS 1	3473573	5407680	473508	5405956	Sonnenfroh		M	-
7117-1582	Langenbrand	EWS 1	3473537	5407758	473472	5406034	Sonnenfroh		M	-
7117-1584	Langenbrand	EWS 1	3473572	5407684	473507	5405960	Sonnenfroh		M	-
7117-1609	Neuenbürg	EWS 1	3469504	5412777	469441	5411051	Garz		M	-
7117-1610	Büchenbronn	EWS 1	3475001	5412846	474936	5411120	Garz		M	-
7118-77	Huchenfeld	Brunnen 3Hu (07/3)	3476642	5411329	476576	5409604	Leiber		M	-
7118-172	Schellbronn	P3 Grubenfeld Käfersteige	3481950	5412340	481882	5410615	Log: Nitsch		M	L
7118-242	Pforzheim	Bohrloch Dillweißenstein	3476900	5414820	476834	5413094	Endriss, Röhler	Röhler 1914	M	-
7118-348	Grunbach	B5/82	3476620	5410880	476554	5409155	nicht angegeben		K	-
7118-3518	Pforzheim	EWS 1	3477230	5416858	477164	5415131	Kasemann		M	-
7118-3868	Pforzheim	EWS 1	3476992	5416403	476926	5414676	Sonnenfroh		M	-
7118-4000	Huchenfeld	EWS 1	3477796	5412763	477730	5412037	Köhler		M	-
7118-4040	Pforzheim	Straßenanschnitt N Kupferhammer	3478000	5415940	4779933	5414213	Ortlam	Ortlam (1968: Nr. 50)	A	-
7118-4041	Büchenbronn	EWS 1	3475584	5414334	475518	5412608	Garz		M	-
7118-4058	Pforzheim	EWS 1	3476503	5416408	476437	5414681	Garz		M	-
7118-4070	Hohenwart	EWS 1	3480395	5410555	480328	5408830	Garz		M	-
7118-4193	Schellbronn	EWS 1	3481235	5408676	481168	5406952	Garz		M	-
7118-4195	Neuhausen	EWS 1	3483464	5409142	483395	5407418	Garz		M	-
7118-4308	Mühlhausen	EWS 1	3487148	5408070	487078	5406346	Nitsch		M	-
7119-1850	Heimsheim	EWS 1	3490464	5407737	490392	546013	Garz		M	-
7121-1107	Bad Cannstadt	Hofrat-Seyffer-Quelle	3516706	5408695	516634	5406971	Carlé	Carlé 1975	M	L
7126-48	Aalen	TB1 Thermalwasser Aalen	3579645	5409640	579538	5407915	Wurm	Brunner et al. 1981	K	-
7216-70	Loffenau	Bachriss Großes Loch	3457100	5403350	457042	5401628	Riek	Riek 1931	A	-
7216-408	Gernbach	B4 (S1)	3462068	5401824	462008	5400103	Nitsch		M	-
7217-372	Calmbach	KB 3	3467500	5406900	467438	5405177	Lempp		M	-
7217-841	Schömberg	EWS 1	3473679	5405370	473614	5403647	Sonnenfroh		M	L
7217-842	Würzbach	EWS 1	3472815	5398529	472751	5396809	Sonnenfroh		M	-
7217-843	Würzbach	EWS 1	3472860	5398314	472769	5396622	Sonnenfroh		M	-
7217-844	Würzbach	EWS 1	3473078	5398802	473013	5397082	Nitsch		M	-
7218-14	Simmozheim	Tiefbrunnen „HP“	3485230	5401015	485161	5399294	Wendt, Weinsziehr		M	-
7218-45	Simmozheim	TPW I Allmendle	3487172	5401246	487102	5399525	Eissele		M	-
7218-56	Simmozheim	TPW II Allmendle	3487420	5401200	487350	5399479	Wendt		M	-
7218-163	Liebenzell	B1	3480542	5403432	480474	5401710	Leiber, Wendt		M	-
7218-1068	Liebenzell	B7	3480595	5402470	480527	5400748	O'Dath		M	-
7218-1359	Lehningen	EWS 1	3486618	5406743	486548	5405020	Nitsch		M	-
7218-1495	Althengstett	EWS 1	3484219	5399108	484150	5397388	Moegle		M	-
7218-1516	Neuhengstett	EWS 1	3484370	5299971	484301	5398250	Pfeiffer		M	-
7218-1539	Altburg	EWS 1	3478572	5398827	478505	5397107	Pfeiffer		M	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
7218-1738	Althengstett	EWS 1	3483311	5398023	484242	5396303	Stephan		M	-
7218-1802	Altburg	EWS 1	3476050	5398900	475984	5397180	Sonnenfroh		M	-
7218-1870	Unterhaugstett	EWS 1	3482899	5403395	482631	5401673	Sonnenfroh		M	-
7218-1920	Calw	EWS 1	3482415	5397662	482347	5395942	Sonnenfroh		M	-
7218-1921	Möttlingen	EWS 1	3485223	5403139	485154	5401417	Moegle		M	-
7218-2020	Calw	EWS 1	3479631	5397622	479564	5395902	Sonnenfroh		M	-
7218-2085	Neuhausen	EWS 1	3483467	5405973	483398	5404250	Garz		M	-
7218-2087	Monakam	EWS 1	3481421	5405288	481353	5403565	Sonnenfroh		M	-
7218-2088	Calw	Kanalisation Heumahden	3482820	5397300	482751	5395581	Ortlam	Ortlam (1968: Nr. 17)	A	-
7218-2089	Calw	Steinbruch am Reisach	3481000	5396400	480932	5394681	Ortlam	Ortlam (1968: Nr. 18)	A	-
7218-2090	Calw	EWS 1	3481935	5397655	481867	5395936	Sonnenfroh		M	-
7219-1964	Merklingen	EWS 1	3488961	5402933	488890	5401211	Moegle		M	-
7219-2404	Merklingen	EWS 1	3488959	5402822	488888	5401100	Garz		M	-
7219-2455	Hausen	EWS 1	3488264	5405911	488193	5404188	Garz		M	-
7219-2724	Weil der Stadt	EWS 1	3490309	5401665	490237	5399944	Garz		M	-
7315-25	Forbach	NR 1 PSW Nägelskopf	3449720	5390364	449665	5388647	nicht angegeben		K	-
7317-23	Bad Teinach	B 6	3475350	5382775	475285	5391057	Carlé	Carlé & Wurm 1982	M	-
7317-33	Oberhaugstett	P 1	3474903	5389970	474838	5388254	Wielandt-Schuster, Bock		M	L
7317-34	Oberhaugstett	P 2	3474540	5390884	474486	5389168	Wielandt-Schuster, Bock		M	L
7317-72	Oberhaugstett	B 29	3474810	5391475	474745	5389758	Nitsch, Tetzl	Hornung 1994	K	-
7317-74	Liebelsberg	B 36	3474865	5392294	474800	5390577	Wielandt-Schuster, Bock		K	-
7317-77	Oberhaugstett	P 3	3474567	5390394	474502	5388677	Wielandt-Schuster, Bock		M	L
7317-93	Liebelsberg	B 38	3475010	5392480	474945	5390762	Wurm, Wielandt-Schuster	Hornung 1994	K	L
7317-129	Teinach	VB 11	3475340	5393040	475275	5391322	Carlé, Wurm	Carlé & Wurm 1982	K	-
7317-150	Oberkollwangen	EWS 1	3470420	5391650	470356	5389933	Log: Nitsch		M	L
7317-208	Neuweiler	EWS 1	3470329	5391757	470265	5390040	Log: Nitsch		M	L
7317-210	Liebelsberg	Bohrung 54	3475090	5392730	475025	5391012	„mst“		K	-
7317-211	Liebelsberg	Bohrung 55	3475120	5392750	475055	5391032	„mst“; Log: Nitsch		K	L
7317-212	Liebelsberg	Bohrung 56	3474921	5392090	474856	5390373	„fdi“; Log: Nitsch		K	L
7317-254	Bad Wildbad	EWS 1	3467204	5395220	467142	5393501	Nitsch		M	-
7317-290	Neuweiler	EWS 1	3470388	5391689	470324	5389972	Sonnenfroh		M	-
7317-292	Neuweiler	EWS 1	3470348	5391707	470284	5389990	Sonnenfroh		M	-
7317-295	Neuweiler	Test EWS II	3470940	5392028	470876	5390311	Nitsch		K	-
7317-296	Neuweiler	EWS 1	3470342	5391716	470278	5389999	Sonnenfroh		M	-
7317-303	Simmersfeld	EWS 1	3463917	5387830	463856	5386114	Sonnenfroh		M	-
7317-327	Neuweiler	EWS 1	3471204	5392265	471140	5390548	Nitsch		M	-
7317-334	Neuweiler	EWS 1	3470875	5391311	470811	5389594	Nitsch		M	-
7317-339	Neuweiler	EWS 1	3470408	5391205	470345	5389488	Nitsch		M	-
7317-342	Neuweiler	EWS 3	3470936	5392047	470872	5390330	Nitsch		m	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
7318-167	Stammheim	B 26	3480360	5392870	480293	5391152	Hornung	Hornung 1994	K	L
7318-172	Gültlingen	VB Lerchenberg	3484875	5391730	484806	5390013	nicht angegeben		M	L
7318-347	Wildberg	HB8	3481366	5388152	481298	5386436	Wendt		M	L
7318-348	Wildberg	HB9	3481373	5388180	481305	5386464	Wendt		M	L
7318-2440	Schönbronn	EWS B1	3478083	5388450	478016	5386734	Pfeiffer		M	-
7318-2497	Liebelsberg	EWS 1	3476893	5392213	476827	5390496	Pfeiffer		M	-
7318-2603	Holzbronn	ESD 1	3481444	5391568	481376	5389851	Nitsch		M	-
7318-2751	Holzbronn	EWS 1	3481077	5391144	481009	5389427	Nitsch		M	-
7318-2807	Wildberg	EWS 1	3481995	5388325	481926	5386600	Nitsch		M	-
7318-2809	Effringen	GWM P19	3479632	5390467	479560	5388752	Nitsch		K	L
7318-2813	Gültlingen	GWM P1	3483038	5389702	482870	5387985	Wendt		M	-
7318-2826	Gültlingen	GWM P13	3482527	5390214	482458	5388498	Wendt		M	-
7318-2831	Gültlingen	GWM P7	3482372	5388058	482304	5386342	Wendt		M	-
7318-2834	Gültlingen	GWM P15	3483046	5387705	482978	5385989	Wendt		M	-
7318-2836	Altbulach	EWS 1	3478677	5392297	478610	5390580	Sonnenfroh		M	-
7318-2838	Neubulach	EWS 1	3477411	5391931	477345	5390214	Sonnenfroh		M	-
7318-2879	Effringen	GWM P21	3479179	5390675	479112	5388958	Müller		K	L
7318-2884	Oberhaugstett	EWS 1	3475939	5390353	475873	5388636	Sonnenfroh		M	-
7318-2889	Gültlingen	B S33	3482816	5390732	482748	5389016	Nitsch		M	L
7318-2890	Gültlingen	B S34	3482816	5390732	482746	5389009	Nitsch		M	L
7318-2891	Gültlingen	B S35	3482829	5390727	482760	5389010	Nitsch		M	L
7318-2893	Neubulach	EWS 1	3477662	5391507	477586	5389790	Nitsch		M	-
7318-2896	Neubulach	EWS 1	3477099	5391186	477033	5389469	Nitsch		M	-
7318-2935	Effringen	B S37	3479678	5390834	479611	5389117	Nitsch		M	-
7318-2936	Gültlingen	GWM P24	3482707	5390941	482640	5389224	Nitsch		M	L
7318-2966	Liebelsberg	EWS 1	3476834	5392684	476767	5390966	Sonnenfroh		M	-
7319-2144	Deufringen	Tiefbohrung Deufringen	3491020	5392760	490948	5391042	A. Schmidt	Schmidt 1921	M	-
7320-81	Böblingen	TB III Böblingen	3502261	5395641	502185	5393922	nicht angegeben		M	L
7320-126	Böblingen	TB II Böblingen	3502254	5395635	502178	5393917	Brunner, Wurm, Simon, Leiber	Brunner 1986	M	L
7321-223	Bonlanden	Thermalwasserbohrung Bonlanden-1	3515720	5389330	515638	5387614	Carlé	Carlé 1975c	M	-
7323-2	Schlierbach	Albershausen-1	3538710	5393680	538619	5391962	Nitsch (Neuaufnahme)	Carlé 1971, Carlé & Wurm 1971	M	L
7324-31	Überkingen	B35 Ottotherme I	3558748	5385105	558649	5383390	Carlé	Carlé 1971	M	-
7415-7	Forbach	Kirchgraben des Langenbachs	3446200	5384425	446146	5382711	Regelmann	Regelmann 1907	A	-
7415-8	Baiersbronn	Roter Schliß der Rotmurg	3443460	5378260	443407	5376548	Regelmann	Regelmann 1907	A	-
7415-10	Lierbach	Roter Schliß im Ochsenwald	3441700	5378100	441648	5376388	Riek	Riek 1931	A	-
7415-15	Baiersbronn	Rotegießengar	3447340	5373965	447286	5372255	Riek	Riek 1931	A	-
7416-3	Untermusbach	B 6/96	3458558	5376214	458499	5374503	Hafner		M	L
7416-10	Untermusbach	GWM 7/96	3458162	5376233	458103	5374522	Hafner		M	L
7416-11	Untermusbach	B 1/92	3458329	5376389	458270	5374678	Weinsziehr		M	L



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
7416-16	Untermusbach	B 3/93	3458538	5376900	458479	5375189	Weinsziehr		M	L
7416-30	Klosterreichenbach	Hohlweg Heselbach	3456250	5378550	456192	5376838	Riek	Riek 1931	A	-
7416-43	Untermusbach	B 4/96	3458552	5376555	458493	5374844	Hafner		M	L
7416-76	Klosterreichenbach	Bohrung IV Heselbach	3457580	5377450	457522	5375738	Wendt	Wendt 1963	M	-
7416-113	Besenfeld	EWS 1	3457622	5384617	457564	5382903	Sonnenfroh		M	-
7417-49	Walddorf	Steinbruch Hirschgrund	3472340	5382720	472276	5381006	Riek	Riek 1931	A	-
7417-58	Altensteig	Seltergraben	3470800	5382630	470736	5380916	Riek	M. Schmidt 1905, Riek 1931	A	-
7417-524	Pfalzgrafenweiler	EWS B1	3467200	5376556	467138	5374845	nicht angegeben		M	-
7417-558	Pfalzgrafenweiler	EWS B1	3467267	5376590	467205	5374879	nicht angegeben		M	-
7417-560	Pfalzgrafenweiler	EWS B1	3468647	5376574	468584	5374863	Pfeiffer		M	-
7417-562	Pfalzgrafenweiler	EWS B1	3468726	5377271	468663	5375560	Pfeiffer		M	-
7417-579	Pfalzgrafenweiler	EWS 1	3467148	5376526	467086	5374815	Pfeiffer		M	-
7417-709	Altensteigdorf	EWS 1	3471287	5384099	471223	5382385	Sonnenfroh		M	-
7417-735	Altensteig	EWS 1	3470488	5384000	470424	5382286	Sonnenfroh		M	-
7417-760	Egenhausen	EWS 1	3472105	538199	472041	5379386	Sonnenfroh		M	-
7417-761	Altensteig	EWS 1	3469843	5382606	469780	5380892	Sonnenfroh		M	-
7417-764	Altensteigdorf	EWS 1	3471345	5384072	471281	5382358	Sonnenfroh		M	-
7417-766	Altensteigdorf	EWS 1	3471333	5384155	471265	5382442	Nitsch		M	-
7417-767	Herzogweiler	EWS 1	3466331	5374478	466269	5372768	Sonnenfroh		M	-
7417-786	Pfalzgrafenweiler	Kanalisation Schillerstraße [Koordinatenpunkt: Gottfried-Joos-Str.]	3467620	5377150	467558	5375439	Ortlam	Ortlam (1968: Nr. 25)	A	-
7417-787 *	Cresbach	Straßenanschnitt N Cresbach und Kanalisation	3467300	5374970	467238	5373259	Ortlam	Ortlam (1968: Nr. 26)	A	-
7417-803	Egenhausen	EWS 1	3471992	5381516	471928	5379803	Pfrommer		M	-
7417-824	Herzogweiler	EWS 1	3465623	5374602	465562	5372892	Nitsch		M	-
7417-842	Egenhausen	EWS 1	3471944	5380583	471880	5378870	Pfrommer		M	-
7417-850	Garrweiler	EWS 1	3466683	5383410	466621	5381696	Pfrommer		M	-
7418-1	Nagold	TB I Helferwasen	3477970	5380250	477903	5378537	Eissele	Leiber 1989	M	L
7418-2	Nagold	TB II Ölmühlehang	3478260	5379726	478193	5378014	Eissele	Leiber 1989	M	-
7418-45	Emmingen	Steinbruch Emmingen	3480350	5383740	480283	5382026	Riek	Riek 1931	A	-
7418-71	Nagold	TB III Hosenbändel	3477700	5380400	477634	5378687	Eissele	Leiber 1989	M	-
7418-1119	Nagold	EWS 1	3479516	5379158	479449	5377446	Moegle		M	-
7418-1148	Nagold	EWS 4	3479855	5378772	479788	5377060	Sonnenfroh		M	-
7418-1149	Nagold	EWS 1	3479891	5378895	479824	5377183	Moegle		M	-
7418-1166	Nagold	EWS 1	3479545	5379201	479478	5377489	Walker-Hertkorn		M	-
7418-1209	Ebhausen	EWS 1	3477111	5382787	477045	5381073	Sonnenfroh		M	-
7418-1215	Ebhausen	EWS 1	3475775	5381639	475775	5381639	Sonnenfroh		M	-
7418-1232	Nagold	EWS 1	3480029	5378801	479961	5377088	Garz		M	-
7418-1304	Nagold	EWS 1	3479224	5378787	479157	5377075	Nitsch		M	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
7421-54	Rommelsbach	Romina B9	3515181	5376744	515099	5375032	Etzold		M	-
7422-79	Bad Urach	GTB Urach-3	3527680	5374430	527593	5372720	Nitsch	Franz et al. 2014	M	L
7512-33	Ichenheim	Offenburg-1	3412380	5366740	412339	5365033	Wirth	Wirth 1962	M	-
7513-1282	Waltersweiler	Offenburg-6	3418080	5372710	418037	5371000	Wirth	Wirth 1962	M	-
7514-425	Ramsbach	Schliff am Edelmannskopf	3434870	5370130	434821	5368421	Leiber	Leiber 1970	A	-
7515-86	Ibach	Böllenbacher Schliff	3440530	5367910	440478	5366202	Riek	Riek 1931, Leiber 1970	A	-
7515-87	Griesbach	Sophienruhe	3445740	5368160	445686	5366452	Riek	Riek 1931	A	-
7515-88	Peterstal	Ibacher Schliff	3441175	5368510	441123	5366802	Leiber	Leiber 1970	A	-
7515-89	Griesbach	Teufelskanzle	3445230	5366820	445176	5365112	Riek	Riek 1931	A	-
7515-305	Kniebis	EWS B1	3447803	5370260	447748	5368551	Wielandt-Schuster		M	-
7515-323	Griesbach	Rappenschliff	3444645	5367405	444592	5365697	Leiber	Leiber 1970	A	-
7515-331	Peterstal	EB See-Ebene 1	3445017	5365283	444964	5363576	Nitsch		M	L
7515-332	Schapbach	EB See-Ebene 2	3445277	5365155	445224	5363448	Nitsch		M	L
7515-333	Rippoldsau	Bohrung Sumpfweg	3445788	5366224	445735	5364518	Nitsch		M	L
7516-20	Baiersbronn	Sankenbach	3450800	5372150	450744	5370441	Riek	Riek 1931	A	-
7516-291	Freudenstadt	FB Freudenstadt	3455520	5370200	455462	5368491	Eissele	Kirchheimer 1973	K	-
7516-341	Loßburg	EWS B1	3459621	5363544	459562	5361838	Pfeiffer		M	-
7516-405	Freudenstadt	RO7516/B1	3455150	5370970	455092	5369261	Werner, Bock		K	-
7516-442	Wittlensweiler	EWS 1	3458658	5369469	458599	5367761	Pfeiffer		M	-
7516-455	Wittlensweiler	EWS 1	3458935	5370488	458876	5368779	Lacher		M	-
7516-491	Aach	B1	3461029	5369106	460969	5367398	Sonnenfroh		M	-
7516-514	Freudenstadt	EWS 1	3457459	5369902	457401	5368193	Pfeiffer		M	-
7516-528	Freudenstadt	EWS 1	3457359	5369055	457301	5367347	Sonnenfroh		M	-
7516-530 *	Aach	Kanalisation und Baugruben	3461620	5370140	461560	5368431	Ortlam	Ortlam (1968: Nr. 27)	A	-
7517-70	Dettingen (Neckar)	Tiefbohrung Dettingen	3473000	5364960	472935	5363253	Schmidt	Schmidt 1912	M	-
7517-405	Lützenhardt	EWS 1	3468472	5371977	468409	5370268	Pfeiffer		M	-
7519-105	Wachendorf	VB 26/III	3489120	5356015	489059	5364303	Leiber	Leiber et al. 2013	M	L
7522-95	Gomadingen	Alemannia 2	3531520	5363340	531432	5361634	Franz, Etzold		M	L
7613-1816	Sulz	EWS 1	3415984	5352893	415942	5351191	Pikulski		M	-
7613-2394	Lahr	EWS 1	3418937	5356540	418894	5354837	Nitsch		M	-
7614-945	Oberharmersbach	Schliff am Taschenkopf	3435300	5362470	435250	5360764	Leiber	Leiber 1970	A	-
7616-10	Ehlenbogen	Krabbenloch	3457900	5361100	457841	5359395	Riek	Riek 1931	A	-
7616-213	Römlinsdorf	Tiefbrunnen Lambertsteg	3462398	5355064	462338	5353361	Eissele (hier mit TVD)		M	-
7616-228	Reutin	EWS 1	3457971	5355385	457912	5353683	Muthwill, Walker-Hertkorn		M	-
7616-233	Peterzell	EWS 1	3459127	5353007	459068	5351305	Seifried		M	-
7616-240	Sterneck	EWS 1	3460785	5362658	460725	5360652	Schwinghammer		M	-
7616-248	Rötenberg	EWS 1	3457272	5352145	457234	5350444	Mögle		M	-
7616-259	Rötenberg	EWS 1	3457180	5351856	457122	5350155	Pfeiffer		M	-
7616-293	Ehlenbogen	Schliff „Erdfall“ im Kinzigtal	3456040	5359530	455982	5357826	Leiber	Leiber 1970	A	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
7617-17	Hopfau	Bohrung 1 Tobeltal	3468610	5357840	468547	5356136	nicht angegeben		M	-
7617-304	Dornhan	Dornhan B2	3463810	5457088	463749	5355385	Leiber; Log: Etzold		M	L
7621-23	Trocheltfingen	Trocheltfingen-1	3520640	5355010	520556	5353307	Großimlinghaus		M	L
7713-38	Münchweiler	Versuchsbohrung 1	3415240	5347220	415198	5345520	Leiber, Weinszier		M	-
7713-98	Seelbach	TB Seelbach	3418180	5350650	418137	5348949	Leiber		M	-
7713-317	Wallburg	EWS 1	3415380	5348010	415228	5346210	Nitsch		M	-
7713-387	Ettenheimmünster	EWB 1	3416631	5345935	416589	5344236	Nitsch		M	-
7713-393	Ettenheim	EWS 1	3414996	5347887	414954	5346187	Nitsch		M	-
7713-399	Wallburg	EWS 1	3415391	5348030	415350	5346330	Nitsch		M	-
7715-361	Lauterbach	Sandgrube am Günterberg	3449150	5342875	449095	5341177	Leiber	Leiber 1970	A	-
7716-20	Schramberg	B1 (TB II Vierhäuser)	3459137	5344780	459078	5343081	nicht angegeben		M	L
7716-51	Rötenberg	TB 2 1963	3458260	5351365	458201	5349664	Schulz		M	-
7716-56	Schramberg	TB III Brambach	3458799	5346163	458740	5344464	Münzing		M	-
7716-57	Schramberg	TB Hefterwald	3459542	5345646	459482	5343947	Münzing		M	-
7716-60	Dunningen	TB Dunningen-1	3460540	5343362	460480	5341664	Münzing, Münzing		M	-
7716-61	Dunningen	TB Dunningen-3	3461580	5342300	461520	5340602	Münzing		M	-
7716-117	Schramberg	B2	3459083	5343978	459024	5342280	nicht angegeben		M	-
7716-259	Dunningen	Bohrloch bei der Stampfe	3460660	534256	460600	5340862	Eck	Eck 1887	M	-
7716-282	Aichhalden	EWS 1	3456029	5346923	455971	5345223	Franz, Martin		M	-
7716-402	Schramberg	EWS 1	3456682	5342623	456624	5340925	Franz		M	-
7716-587	Schramberg	EWS 1	3454812	5344431	454755	5342732	Nitsch		M	-
7717-1227	Dunningen	EWS 1	3464065	5341684	464004	5339987	Wiebe		M	-
7717-1246	Dunningen	EWS 1	3462861	5341938	462800	5340240	Franz, Mayer		M	-
7717-1321	Dunningen	B 1	3463610	5341277	463549	5339580	Nitsch		M	-
7722-36	Upflamör	Upflamör-1	3530530	5341335	530442	5339638	Wirth; Log: Nitsch	Wirth 1968	M	L
7813-149	Freiamt	Br. Kurhaus Freiamt	3418275	5338360	418232	5336664	Leiber, Wendt	Leiber et al. 2013	M	L
7813-332	Kollmarsreute	BR Horneck 2	3417725	5329711	417682	5328019	Wirsing		M	L
7813-532	Emmendingen	RO7813/B1 Tennenbach	3416950	5334545	416908	5332850	Wittenbrink	Werner et al. 2013	M	-
7813-592	Heimbach	EWS 1	3413267	5337010	413226	5335314	Nitsch		M	-
7813-664	Heimbach	Profil Gallenbach	3414360	5337740	414319	5336044	Stierlin	Stierlin 1912, Sack 1962	A	-
7813-717	Heimbach	Steinbruch Heimbach	3413901	5337970	413860	5336275	Sack	Sack 1962	A	-
7815-498	St. Georgen	Steinbruch beim Pavillon	3450100	5332325	450045	5330631	Schmidt, Riek	M. Schmidt 1905, Riek 1931	A	-
7815-511	Brigach	Sandgrube Sommerau	3447755	5333195	447700	5331500	Nitsch, Huth	Huth & Nitsch 2019	A	-
7816-2	Hardt	TB 1 1964	3458050	5337570	457991	5335874	Schulz	Leiber & Münzing 1979	M	-
7816-3	Hardt	TB 2 1964	3458200	5336570	458141	5334875	Schulz	Leiber & Münzing 1979	M	-
7816-4	Hardt	TB 3 1965	3457680	5338400	457621	5336703	Schulz	Leiber & Münzing 1979	M	-
7816-5	Hardt	TB 4 1965	3456040	5336925	455982	5335229	Münzing	Leiber & Münzing 1979	M	-
7816-9	Oberschach	Mößner Bühl 2	3457800	5331110	457741	5329416	Schreiner	Leiber & Münzing 1979	M	-
7816-13	Mönchweiler	Nördlich Bildstöckle	3456000	5331200	455942	5329506	Schreiner	Leiber & Münzing 1979	M	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
7816-24	Königsfeld	Versuchsbohrung 1	3457170	5333150	457112	5331456	Leiber & Münzing	Leiber & Münzing 1979	M	-
7816-25	Neuhausen	Versuchsbohrung 2	3457750	5333901	457061	5331476	Leiber & Münzing	Leiber & Münzing 1979	M	L
7816-26	Neuhausen	Versuchsbohrung 3	3457120	5333170	457692	5330207	Leiber & Münzing	Leiber & Münzing 1979	M	-
7816-28	Fischbach	Versuchsbohrung 2	3461100	5336450	461040	5334755	Leiber & Münzing	Leiber & Münzing 1979	M	-
7816-32	Weiler	Weiler-1	3459240	5336700	459181	5335005	Leiber & Münzing	Leiber & Münzing 1985	M	L
7816-33	Weiler	Weiler-3	3459230	5336830	459171	5335135	Leiber & Münzing	Leiber & Münzing 1985	M	L
7816-34	Weiler	Weiler-4	3459500	5336380	459441	5334685	Leiber & Münzing	Leiber & Münzing 1985	M	L
7816-35	Weiler	Weiler-5	3459540	5336710	459481	5335015	Leiber & Münzing	Leiber & Münzing 1985	M	L
7816-66	Königsfeld	Ottebrunnen	3457250	5333580	457192	5331886	Log: Nitsch		M	L
7816-278	Obereschach	Versuchsbohrung 1969	3461780	5329580	461720	5327887	Schreiner	Leiber & Münzing 1979	M	-
7816-310	Weiler	EWS 1	3460548	5337623	460489	5335928	Walker-Hertkorn		M	-
7816-312	Eschbronn	EWS 1	3461422	5329552	461362	5337856	Franz		M	-
7816-363	Obereschach	EWS 1	3460318	5330551	460258	5328858	Moegle		M	-
7816-368	Königsfeld	EWS 1	3458055	5335059	457996	5333364	Nitsch		M	-
7816-401	Eschbronn	EWS 1	3461615	5339328	461554	5337631	Schwinghammer		M	-
7816-422	Buchenberg	EWS 1	3454218	5335799	454161	5334104	Nitsch		M	-
7816-439 *	Fischbach	Steinbruch und Weg N Fischbach	3462400	5335260	462340	5333565	Ortlam	Ortlam (1969: Nr. 54)	A	-
7817-5	Stetten o. R.	B1	3465520	5338200	465458	5336504	Schulz, Leiber	Leiber & Münzing 1979	M	-
7817-6	Rottweil	TB Katzenwald	3474700	5337670	474635	5335974	Eissele		M	-
7817-657	Rottweil	Wasserbohrung Rottweil	3472070	5337830	472006	5336134	Wepfer	Wepfer 1928	M	-
7817-671	Lackendorf	EWS 1	3465211	5339164	465150	5337468	Franz		M	-
7817-728	Kappel	EWS 1	3463340	5330750	463279	5329057	Franz, Martin		M	-
7817-751	Niedereschach	EWS 1	3464355	5332613	464294	5330919	nicht angegeben		M	-
7817-756	Niedereschach	EWS 1	3464422	5332541	464361	5330847	Wiebe, Franz		M	-
7817-855	Niedereschach	EWS 1	3464462	5332645	464401	5330851	Nitsch		M	-
7817-978	Horgen	RO7817/B4	3467101	5332896	467039	5331202	Nitsch		K	-
7817-1208	Kappel	EWS 1	3463552	5330886	463491	5329193	Moegle		M	-
7913-100	Freiburg	Freiburg 1 Thermalwasser	3414175	5321790	414134	5320100	Log: Etzold, Nitsch		M	L
7913-773	Sexau	EWS 1	3417855	5329000	417812	5327308	Wiebe, Franz		M	-
7913-922	Kollmarsreute	BR Horneck 1 (WV Sexau)	3417701	5329576	417658	5327883	Leiber, Kilger		M	L
7916-1	Pfaffenweiler	Schachtbrunnen Dobel	3455200	5321300	455142	5319610	Schreiner		A	-
7916-10	Herzogenweiler	Steinbruch Herzogenweiler	3453970	5321700	453913	5320011	Riek	Riek 1931	A	-
7916-15	Pfaffenweiler	Tiefbrunnen Kapf	3457715	5321396	458656	5319707	Log: Nitsch		M	L
7916-39	Rietheim	Tiefbrunnen Birkenwiese	3458607	5320928	458548	5319239	Schreiner		M	L
7916-104	Kirchdorf	Tiefbrunnen Klengen IV	3459971	5318618	459912	5316930	Sauer		M	-
7916-213	Überauchen	Tiefbrunnen Großes Tal	3458543	5319452	458484	5317764	Schreiner		M	-
7916-294	Villingen	Biswurm GW 3 (GWM 10)	3458548	5327849	458489	5326158	Leiber, Grimm		M	L
7916-378	Villingen	Biswurm GWM 7	3458593	5327863	458535	5326168	Franz, Bock	Franz & Bock 2005	K	-
7916-387	Villingen	GWM B16	3458675	5325425	458616	5323734	Franz, Grimm, Martin		M	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
7916-393	Villingen	EWS 1	3460967	5324450	460907	5322760	Franz, Wiebe, Zedler		M	-
7916-430	Villingen	EWS 1	3460271	5326113	460200	5324451	Fetscher		M	-
7916-527	Villingen	EWS 1	3459896	5324028	459827	5322228	Nitsch		M	-
7917-10	Schwenningen	TB II Bärenbrauerei	3465043	5325064	464981	5323373	Wepfer	Wepfer 1928	M	-
7917-92	Bad Dürrheim	Mineralwasserbrunnen IV	3465890	5321417	465828	5319738	Pickel, Münzing, Leiber	Schmidt & Münzing 1980, Franz & Münzing 2004	M	-
7920-12	Unterschmeien	Unterschmeien 1	3511563	5326948	511285	5325257	Wirth, Straub		M,K	-
8012-1364	Merzhausen	B 1	3412509	5314720	412468	5313033	Franz, Zedler		M	-
8012-1523	Merzhausen	B 1	3412578	5314903	412537	5313216	Wiebe, Franz		M	-
8016-9	Bräunlingen	Bräunlingen B2	3457160	5310600	457102	5308915	Schreiner		M	-
8016-29	Donaueschingen	KB16	3455100	5316365	455042	5314678	Link		K	-
8016-30	Donaueschingen	KB18	3455675	5315490	455617	5313803	Link		K	-
8016-178	Wolterdingen	GWMP 2/91	3455920	5316640	455862	5314953	Schmidt-Witte		M	-
8016-267	Bräunlingen	Tiefbrunnen an der Breg	3458760	5310930	458701	5309245	Münzing		M	L
8016-372	Dittishausen	EWS B1	3452759	5307332	452702	5305648	Nitsch		M	-
8016-376	Bräunlingen	EWS 1	3458260	5310928	458201	5309243	Walker-Hertkorn		M	-
8016-381	Grünigen	EWS 1	3460858	5316545	460798	5314858	Wiebe, Franz		M	-
8016-398	Klengen	Tiefbrunnen Beckhofen V	3460095	5317902	460036	5316214	nicht angegeben		M	-
8016-452	Mistelbrunn	EWS 1	3452500	5313468	452444	5311782	Pfeiffer		M	-
8016-501	Wolterdingen	EWS 1	3456724	5315232	456665	5313545	Pfeiffer		M	-
8115-77	Lenzkirch	B1 Grünwald	3443180	5301430	443127	5299749	Schnarrenberger		M	-
8115-143	Göschweiler	FB Wutachschlucht	3449695	5301020	449640	5299339	Simon, Bock, Lepper, Martin	Simon et al. 2009	K	L
8115-261	Gündelwangen	EWS 1	3447218	5300511	447164	5298830	Pfeiffer		M	-
8116-112	Löffingen	Tiefbrunnen Löffingen	3453450	5306610	453393	5304927	Prier		M	-
8116-436	Bonndorf	EWS B1	3451382	5297335	451326	5295656	Moegle		M	-
8116-454	Bonndorf	EWS 1	3451105	5298145	451049	5296465	Pfeiffer		M	-
8120-90	Liggersdorf	Liggersdorf 1	3508930	5305990	508851	5304307	Ortlam (unveröff., 1970)		K	-
8212-26	Badenweiler	Thermalbrunnen II Badenweiler	3400347	5296481	400311	5294802	Basting	Basting 1974, 1977	K	-
8215-18	Berau	Mettmastollen 2 B7	3444120	5285600	444067	5283925	Rest	Sawatzki 2005	M	-
8215-19	Berau	Mettmastollen 2 B8	3444230	5285390	444177	5283715	Rest	Sawatzki 2005	M	-
8215-20	Berau	Mettmastollen 2 B9	3444280	5285140	444227	5283465	Schnarrenberger	Sawatzki 2005	M	-
8215-21	Berau	Mettmastollen 2 B10	3444230	5285060	444177	5283385	Schnarrenberger		M	-
8215-22	Berau	Mettmastollen 2 B11	3444220	5285000	444167	5283325	Schnarrenberger	Sawatzki 2005	M	-
8215-24	Ühlingen	FB Ühlingen-1	3449290	5287100	449235	5285424	Sawatzki, Etzold	Sawatzki 2005	K	L
8216-215	Bettmaringen	EWS 1	3451986	5290701	451930	5289024	Nitsch		M	-
8312-669	Maulburg	EWS 1	3408570	5278762	408531	5277090	Nitsch		M	-
8312-684	Steinen B1	RO8312/B1	3403720	5280265	403683	5278592	Nitsch, Kimmig, Saussele	Nitsch et al. 2017	K	L
8312-685	Steinen B2	RO8312/B2	3408730	5280535	408691	5278862	Nitsch, Kimmig, Saussele	Nitsch et al. 2017	K	L
8314-12	Weilheim	Brg. Waldhaus Nord	3436770	5283160	436720	5281485	Groschopf, Leiber		M	L
8314-173	Unteralpfen	EWS 1	3434888	5278731	434839	5277059	Leno, Zedler		M	-



Archivnummer	Lage (Gemarkung)	Bezeichnung	R (GK3)	H (GK3)	E (UTM) 32...	N (UTM)	verwendete Profilaufnahme bzw. Loginterpretation	Veröffentlicht	Profilart	
8314-288	Dogern	Roter Felsen	3437235	2075545	437184	5273874	Falkenstein, Krämer	Falkenstein & Krämer 1990	A	L
8314-291	Bannholz	EWS 1	3437144	5281980	437104	5280296	Nitsch		M	-
8315-333	Eschbach	Bohrung am Wasserschloss	3439008	5276973	438957	5275301	Sauer		M	-
8315-684	Tiengen	Geothermiebohrung Tiengen	3444489	5276924	444436	5275252	Vicedom; Log: Nitsch		M	L
8315-865	Bannholz	EWS 1	3437857	5282323	437806	5280649	Nitsch		M	-
8315-949	Untermettingen	Porphyristeinbruch Detzeln	3449150	5282650	449095	5280976	Falkenstein	Falkenstein 2010	A	-
8316-364	Untermettingen	Ro8316/B6 Hopfenberg	3450480	5283325	450424	5281651	Etzold		K	L
8411-416	Otterbach (CH)	Otterbach-2	3395030	5271970	394996	5270300	Häring, Dresmann	Häring 2000	M	L
8412-182	Degerfelden	B9/74	3405020	5271030	404982	5269361	Körner		M	-
8412-183	Degerfelden	B10/74	3405290	5270770	405252	5269101	Körner	Leiber et al. 2013	M	-
8412-791	Rheinfelden (CH)	Thermalwasserbohrung Engerfeld	3410193	5268676	410153	5267008	Burger	Ryf 1984	M	-
8412-1377	Inzlingen	EWS 1	3401345	5273476	401308	5271805	Nitsch		M	-
8414-393	Dogern	BL 26/74	3437012	5273253	436962	5271582	Rest		M	-
8414-394	Dogern	BL 27/74	3436930	5273256	436880	5271586	Rest		M	-
8415-140	Dogern	BL18/64	3437522	5273613	437471	5271942	Ortlam	Ortlam1970	M	-
8417-6	Bülach (CH)	BUL-1-1	3463974	5267216	463913	5265548	Jordan et al.	Nagra 2021a	K	L

LGRB – Informationen des Regierungspräsidium Freiburg · Abteilung 9

Bis Heft 15 Informationen des LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

	Heft 10	(2001)	Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser 64 S., 42 Abb., 15 Tab., 1 CD-ROM	10,–	€
	Heft 12	(1999)	Freiburg im Breisgau – Geologie und Stadtgeschichte 60 S., 28 Abb., 2 Tab., 1 Taf., 2 Beilagen (Karten)	5,–	€
	Heft 17	(2005)	Ergebnisse neuer Forschungsbohrungen in Baden-Württemberg 150 S., 17 Abb., 7 Tab., 3 Taf.	10,–	€
	Heft 19	(2007)	Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben (Baden-Württemberg) 130 S., 118 Abb., 12 Tab.	10,–	€
	Heft 20	(2008)	Hydrogeologische Einheiten in Baden-Württemberg 106 S., 79 Abb., 21 Tab., 1 Kt.	15,–	€
	Heft 21	(2008)	Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse 82 S., 36 Abb., 3 Tab. im Anh., 10 Beilagen	15,–	€
	Heft 22	(2009)	Beiträge zur Lithostratigraphie in Baden-Württemberg 146 S., 53 Abb., 5 Tab.	15,–	€
	Heft 23	(2009)	Natürliche Geogene Grundwasserbeschaffenheit in den hydrogeochemischen Einheiten von Baden-Württemberg 192 S., 43 Abb., 55 Tab., 48 Kt.	15,–	€
	Heft 24	(2009)	Geogene Grundgehalte (Hintergrundwerte) in den petrogeochemischen Einheiten von Baden-Württemberg 98 S., 62 Abb., 22 Tab., 40 Kt.	15,–	€
	Heft 25	(2010)	Beiträge zur Geologie und Bodenkunde in Baden-Württemberg 142 S., 78 Abb., 17 Tab., 1 Beilage	15,–	€
	Heft 26	(2012)	Die Forschungsbohrung Heidelberg und Beiträge zum Quartär in Baden-Württemberg 216 S., 107 Abb., 35 Tab., 1 Beilage	20,–	€
	Heft 27	(2013)	Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2012/2013 Bedarf, Gewinnung und Sicherung von mineralischen Rohstoffen – Dritter Landesrohstoffbericht – 204 S., 228 Abb., 7 Tab.	10,–	€
	Heft 28	(2013)	Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben – Fachlich-Technischer Abschlussbericht des INTERREG-Projektes GeORG – 104 S., 49 Abb., 7 Tab.	10,–	€
	Heft 29	(2014)	Geologische Ergebnisse der Geothermiebohrungen Urach 1, Urach 3 und Urach 4 – 152 S., 38 Abb., 3 Tab., 2 Anh.	15,–	€
	Heft 30	(2015)	GeoMol – Geopotenziale für die nachhaltige Nutzung des tieferen Untergrundes in den alpinen Vorlandbecken – 142 S., 78 Abb., 22 Tab.	10,–	€
	Heft 31	(2020)	Rohstoffbericht Baden-Württemberg – Gewinnung und Sicherung von mineralischen Rohstoffen – Vierter Landesrohstoffbericht – 192 S., 191 Abb., 11 Tab.	10,–	€
	Heft 32	(2021)	Neue Beiträge zur Stratigraphie in Baden-Württemberg 168 S., 61 Abb., 4 Tab., 4 Taf., 11 Anh.	15,–	€
	Heft 33	(2023)	Neue Beiträge zur Mikropaläontologie im Braunjura in Baden-Württemberg 44 S., 10 Abb., 5 Taf.	15,–	€

Preise zuzüglich Versandkosten. Nicht aufgeführte Heft-Nummern sind vergriffen.

Bestellungen der gedruckten Broschüren über den Online-Shop (www.lgrb-bw.de)

Alle Broschüren kostenlos downloadbar <https://produkte.lgrb-bw.de/schriftensuche/lgrb-informationen/>

Weitere Informationen erhalten Sie unter: 0761 208-3000 bzw. -3022 oder per E-Mail: vertrieb-lgrb@rpf.bwl.de